E-BOOK

VI ENCONTRO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE EDUCAÇÃO, TERRITÓRIO E NATUREZA: LIMITES E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

TECNOLOGIAS NO CONTEXTO DAS VULNERABILIDADES AMBIENTAIS

VANICE SANTIAGO FRAGOSO SELVA
ÁUREA NASCIMENTO DE SIQUEIRA MESQUITA
JADSON FREIRE DA SILVA
LEANDRO MUNIZ BARBOSA DA SILVA
TIAGO FERNANDO DE HOLANDA
WAGNER JOSÉ DE AGUIAR
(ORGANIZADORES)

UFPE PRODEMA - UFPE PRODEMA RECIFE PREFEITURA DA CIDADE PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL CJMAR

Realização Apoio

VI EDMA 2015 Educação, Território e Natureza: limites e perspectivas para o desenvolvimento sustentável

editora itacaiúnas

© 2019 by Vários autores
Todos os direitos reservados.

Capa e editoração eletrônica
Editora Itacaiúnas

Conselho editorial Editora Itacaiúnas
Colaboradores:
Márcia Aparecida da Silva Pimentel
Jenaldo Alves de Araújo
Viviane Corrêa Santos
Josimar dos Santos Medeiros
Luis Fernando Cardoso e Cardoso

Editor de publicações
Walter Luiz Jardim Rodrigues

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S469

Selva, Vanice Santiago Fragoso et al.
Tecnologias no contexto das vulnerabilidades ambientais [livro eletrônico]/ Vanice Santiago Fragoso Selva et al. (Organizadores) – Ananindeua: Itacaiúnas, 2019.
717p.; PDF

Inclui Bibliografia
ISBN 978-85-9535-098-4

1. Ciências Aplicadas (Tecnologia) 2. Vulnerabilidades. 3. Meio Ambiente. 4. VI EDMA 2018 I. Título.

CDD- 600

O conteúdo desta obra, inclusive sua revisão ortográfica e gramatical, bem como as imagens, são de responsabilidade de seus respectivos autores e organizadores, detentores dos Direitos Autorais.

Esta obra foi publicada pela Editora Itacaiúnas em janeiro de 2019.

E-BOOK

VI ENCONTRO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE EDUCAÇÃO, TERRITÓRIO E NATUREZA: LIMITES E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

TECNOLOGIAS NO CONTEXTO DAS VULNERABILIDADES AMBIENTAIS

VANICE SANTIAGO FRAGOSO SELVA
ÁUREA NASCIMENTO DE SIQUEIRA MESQUITA
JADSON FREIRE DA SILVA
LEANDRO MUNIZ BARBOSA DA SILVA
TIAGO FERNANDO DE HOLANDA
WAGNER JOSÉ DE AGUIAR
(ORGANIZADORES)

editora itacaiúnas

VI ENCONTRO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

EDUCAÇÃO, TERRITÓRIO E NATUREZA: LIMITES E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

TECNOLOGIAS NO CONTEXTO DAS VULNERABILIDADES AMBIENTAIS

ORGANIZADORES:
Vanice Santiago Fragoso Selva
Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita
Jadson Freire da Silva
Leandro Muniz Barbosa da Silva
Tiago Fernando de Holanda
Wagner José de Aguiar

UFPE
LAPIGA Laboratório de Pesquisa Integrada de Gestão Ambiental
PRODEMA - UFPE
PRODEMA
Realização
RECIFE PREFEITURA DA CIDADE
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL
CJMAR
Apoio

ORGANIZADORA DO EVENTO VI EDMA

Vanice Santiago Fragoso Selva

Comissões Científica

Áurea Nascimento de Siqueira
Jadson Freire da Silva
Mariana Caroline da Silva
Michelle Carvalho de Araújo
Pedro Paulo Lima Silva
Rennisy Rodrigues Cruz
Tiago Fernando de Holanda

Comissão de Estrutura

Bruno Fonseca da Silva
Erica Paula Elias Vidal de Negreiros
Ivo Raposo Gonçalves Cidreira Neto
Josiane Maria de Santana Melo
Keyla Gislane Oliveira Alpes

Comissão de Comunicação

Hévila Mendes
Brunna de Andrade Lima Pontes Cavalcanti
Daniel Melo

Comissão Financeira

Leandro Muniz Barbosa da Silva

Comissão Secretaria

Sandra Maria Ferraz de Sá
Wagner José de Aguiar

Comissão Editorial

Itamar Jose Dias e Cordeiro
Soraya Giovanetti El-Deir
Samuel Victor Medeiros de Macedo
Talitha Lucena de Vasconcelos
Helena Paula de Barros Silva
Solange Fernandes Soares Coutinho
Valéria Sandra de Oliveira
Leonio José Alves da Silva

Monitores do Evento

Bárbara Salla Marx
Daywison Borges da Silva
Gisele Mirella da Silva Braga
Glauce Dias dos Santos

Lays Cristhine Santos Barbosa
Luana Cândido dos Santos
Lucas Antônio Ribeiro Cardoso
Lucas A. de Oliveira Cavalcante
Lucas Vinicius de Oliveira Nascimento
Lucas Vinicius Gomes da Silva
Renata Alves Sousa
Thamires Noemia da Silva Rosário
Tayran Oliveira dos Santos
Thomas Henrique de Holanda

SUMÁRIO

SEÇÃO 1: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Modelagem

CAPÍTULO 1- ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE DORMENTES - PE 21

CAPÍTULO 2 - ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE FRAGMENTOS DE BOSQUES TEMPERADOS POR SENRORIAMENTO REMOTO 34

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE ARARIPINA-PE 42

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE HISTÓRICO-CARTOGRÁFICA DAS DINÂMICAS TERRITORIAIS E POPULACIONAIS DOS ÚLTIMOS 30 ANOS NO PERÍMETRO IRRIGADO EM ICÓ-MANDANTES - PETROLÂNDIA-PE 50

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE QUALITATIVA DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ÁREAS VERDES NA CIDADE DE RECIFE POR SENSORIMANTO REMOTO 62

CAPÍTULO 6 - AS NOVAS PERSPECTIVAS DO SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS PLÉIADES 69

CAPÍTULO 7 - AVALIAÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO TATU-BOLA UTILIZANDO O SENSORIAMENTO REMOTO 77

CAPÍTULO 8 - CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO SERTÃO PERNAMBUCANO 93

CAPÍTULO 9 - DIAGNÓSTICO DA VARIABILIDADE DA COBERTURA E USO DO SOLO NO AGRESTE PERNAMBUCANO ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO 105

CAPÍTULO 10 - DIAGNÓSTICO ESPACIAL TERRESTRE DOS MUNICÍPIOS DE FREI MIGUELINHO E RIACHO DAS ALMAS - PE 118

CAPÍTULO 11 - DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIMENTA, SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL 129

CAPÍTULO 12 - MAPEAMENTO E ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE BOM CONSELHO-PE, UTILIZANDO NDVI 136

CAPÍTULO 13 - MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE COMO FERRAMENTA PARA ESTUDO INTEGRADO DA PAISAGEM: O CASO DA SERRA DA CANABRAVA, CURAÇÁ – BA. 148

CAPÍTULO 14 - O SENSORIAMENTO REMOTO E AS NOVAS AQUISIÇÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS RAPIDEYE 163

CAPÍTULO 15 - SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL E AS NOVAS ALTERNATIVAS PARA OBTENÇÃO DE IMAGENS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A PLATAFORMA EEFLUX - EARTH ENGINE EVAPOTRANSPIRATION FLUX 172

CAPÍTULO 16 - SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE NA AVALIAÇÃO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: OBSERVAÇÃO DO RIO DOCE NA TRAGÉDIA DE MARIANA (MG) ... 184

CAPÍTULO 17 - SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL E AS NOVAS PERSPECTIVAS: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS SPOT 6-7 196

CAPÍTULO 18 - UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS AO ESTUDO DE CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DO MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DE BAXA VERDE, PE. 206

CAPÍTULO 19 - UTILIZAÇÃO DA FUSÃO DE IMAGENS NA GERAÇÃO DE MAPEAMENTO DE CONTORNOS DE ALVOS COM MAIOR DETALHAMENTO: ESTUDO DE CASO SOBRADINHO-BA 221

CAPÍTULO 20 - USO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NO MONITORAMENTO DA RETIRADA DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A DESERTIFICAÇÃO NOS MUNICÍPIO DE DORMENTES – PE 230

CAPÍTULO 21 - VARIABILIDADE ESPACIAL DOS MUNICÍPIOS DE IGARASSU, PAULISTA E OLINDA PELO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA 238

CAPÍTULO 22 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA PRODUÇÃO PRIMÁRIA BRUTA EM DIFERENTES USOS E COBETURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE 249

SEÇÃO 2: Mudanças Climáticas, recursos hídricos e vulnerabilidade

CAPÍTULO 23 - A MEIOFAUNA HIPORREICA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO EM MARGEM 258

CAPÍTULO 24 - A PERCEPÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO 274

CAPÍTULO 25 - ANÁLISE DA COMPARAÇÃO DE ÍNDICES FÍSICOS 293

CAPÍTULO 26 - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A PRODUÇÃO DE UMA CULTURA DE SUBSISTÊNCIA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO 308

CAPÍTULO 27 - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA MICROCLIMÁTICA NAS PRAIAS DE CANDEIAS E BARRA DE JANGADA-PE: UM ESTUDO SOBRE A VULNERABILIDADE AMBIENTAL FRENTE ÀS MODIFICAÇÕES ANTRÓPICAS 316

CAPÍTULO 28 - ANÁLISE DO DESEMPENHO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE 325

CAPÍTULO 29 - AS VULNERABILIDADES COSTEIRAS FRENTE A EROSÃO NA PRAIA DO JANGA - MUNICÍPIO DE PAULISTA/PE 334

CAPÍTULO 30 - A RELAÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS RIBEIRINHAS COM OS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA – AMAZONAS 341

CAPÍTULO 31 - BALANÇO HÍDRICO ENTRE 2000-2016 E SEU COMPARATIVO COM O ANO DE 2016 E SUA INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA – PE 357

CAPÍTULO 32 - CONFORTO TÉRMICO URBANO: UM ESTUDO DE CASO NOS BAIRROS DO RECIFE-PE 366

CAPÍTULO 33- DESAFIOS PARA REVITALIZAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA EM RECIFE 382

CAPÍTULO 34 - DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS EM ÁREAS URBANAS: CONTRIBUIÇÕES DA GEOGRAFIA NA CRIAÇÃO DE UMA CULTURA DE PREVENÇÃO DE RISCO 394

CAPÍTULO 35 - EROSÃO COSTEIRA NA ILHA DE ITAMARACÁ E NA PRAIA DE SUAPE-PE .. 407

CAPÍTULO 36 - FLUTUAÇÕES DA TEMPERATURA MÁXIMA DO PERÍODO 2008-201 E SEU COMPARATIVO COM A MEDIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE CARUARU – PE, BRASIL 416

CAPÍTULO 37 - GESTÃO AMBIENTAL NOS MEIOS DE HOSPEDAGEM: POSSIBILIDADES PARA CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE TAMANDARÉ-PE 428

CAPÍTULO 38 - IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO CAPIBARIBE: O CASO DO MUNICÍPIO DE PAUDALHO - PE. 441

CAPÍTULO 39 - ÍNDICE DE ARIDEZ NA ZONA DA MATA NO ESTADO DE PERNAMBUCO – BRASIL 461

CAPÍTULO 40 - INDICADORES DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E RESILIENCIA EM SITIOS URBANOS PATRIMONIAIS 474

CAPÍTULO 41 - INFLUÊNCIA DO PLANALTO DA BORBOREMA NO REGIME PLUVIOMÉTRICO NO AGRESTE PERNAMBUCANO 481

CAPÍTULO 42 - OSCILAÇÃO DA TEMPERATURA MÍNIMA DO AR E SEU COMPARATIVO COM A CLIMATOLOGIA NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA – PE, BRASIL 493

CAPÍTULO 43 - PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INTENSIDADE-DURAÇÃO E FREQUÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PALMARES-PE 503

CAPÍTULO 44 - POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE DO COQUE SOBRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CANAL IBIPORÃ, RECIFE, PE. 516

CAPÍTULO 45 - SENSAÇÃO TÉRMICA PELO MÉTODO DE THOM NO MUNICÍPIO DE CARUARU – PE, BRASIL 526

CAPÍTULO 46 - VARIABILIDADE DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR NO ESTADO DE PERNAMBUCO 536

CAPÍTULO 47 - VARIAÇÃO TEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE – PERNAMBUCO 553

SEÇÃO 3: Tecnologias e saneamento ambiental

CAPÍTULO 47 - APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: UMA DISCUSSÃO SOBRE TÉCNICAS E VIABILIDADE 568

CAPÍTULO 48 - ATENUAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÁRMACOS ATRAVÉS DA FILTRAÇÃO EM MARGEM 580

CAPÍTULO 49- CARACTERIZAÇÃO DE UM RESIDUO LÍQUIDO LABORATORIAL PRÉ E PÓS TRATAMENTO PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM OS PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL 590

CAPÍTULO 50 - CORTINA TÉRMICA SUSTENTÁVEL..... 599

CAPÍTULO 51 - DESCARTE INADEQUADO, CONSEQUÊNCIAS E TRATAMENTOS DE FÁRMACOS NAS MATRIZES AQUÁTICAS: UMA REVISÃO..... 611

CAPÍTULO 52- DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES NO SOLO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL: REVISÃO DE LITERATURA 628

CAPÍTULO 53 - EFEITOS DO ÓLEO ESSENCIAL DE TOMILHO NAS PROPRIEDADES DO POLI (BUTILENO ADIPATO CO-TEREFTALATO) (PBAT) COM FINALIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS CONVENCIONAIS NA INDUSTRIA ALIMENTÍCIA..... 646

CAPÍTULO 54 - FILTRAÇÃO EM MARGEM COMO ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA: REVISÃO DA LITERATURA 653

CAPÍTULO 55 - O USO DAS PLANTAS NA DEPURAÇÃO NATURAL DOS AMBIENTES HÍDRICOS 667

CAPÍTULO 56 - PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE BATATA-DOCE PUTRIFICADA 673

CAPÍTULO 57 - TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE 683

CAPÍTULO 58 - TANQUES DE PEDRA: UMA TECNOLOGIA SIMPLES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO..... 696

CAPÍTULO 59 - UMA ANÁLISE SOBRE A TECNOLOGIA RENOVÁVEL: O USO DO BIODIGESTOR NA COMUNIDADE DO AGRESTE NORDESTINO 707

SOBRE OS ORGANIZADORES

Vanice Santiago Fragoso Selva

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (1980), mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (1988), doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002) e Pós-Doutorado na Universidade Nova de Lisboa na faculdade de Ciência e Tecnologia (2012-2013). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal de Pernambuco, membro do colegiado de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-Prodema e do Programa de Pós-Graduação em Turismo-UFPE, do Doutoramento em Gestão e Politicas Ambientais da Universidade de Cabo Verde no âmbito da Rede de Estudos Ambientais de Países de Língua Portuguesa-REAPLP e, dos cursos de graduação em Geografia e em Turismo da UFPE.

Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita

Mestranda no Programa da Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Licenciada em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Jadson Freire da Silva

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal de Pernambuco - PRODEMA/UFPE. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco - PRODEMA/UFPE (2018). Graduado em Licenciatura em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2015).

Leandro Muniz Barbosa da Silva

Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco e Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco.

Tiago Fernando de Holanda

Mestrando em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação da UFPE e Graduado em Geografia pela UFPE.

Wagner José de Aguiar

Licenciado em Ciências Biológicas e Especialista em Educação do Campo e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre e Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco/Bolsista Capes.

APRESENTAÇÃO

Tecnologias no contexto das vulnerabilidades ambientais

Os artigos e resumos reunidos nesta publicação resultam de trabalhos submetidos, aprovados e apresentados no VI Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente-EDMA realizado na Cidade de Recife, Pernambuco, no período de 5 a 7 de junho de 2018, pelo Laboratório de Pesquisas Integradas de Gestão Ambiental-Lapiga do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-Prodema da Universidade Federal de Pernambuco, com o apoio do Programa de Educação Ambiental da Prefeitura da Cidade de Recife e do Coletivo Jovem de Meio Ambiente de Recife.

O Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente – EDMA é uma realização anual do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-Prodema. O Prodema, com dois níveis de curso, mestrado e doutorado, faz parte de uma Rede de Instituições de Ensino Superior (do Nordeste do Brasil formada por sete Universidades - Fundação Universidade Federal do Piauí (FUFPI), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Fundação Universidade Federal de Sergipe e Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), que busca produzir conhecimentos e qualificar de técnicos e docentes, para o aprofundamento dos conhecimentos e dos problemas na área ambiental e para aprimoramento da prática da interdisciplinaridade visando um desenvolvimento assentado nas bases para a sustentabilidade ambiental.

Nesta sexta edição, o EDMA reuniu professores, gestores, representantes do terceiro setor, pesquisadores, doutorandos, mestrandos, graduandos e alunos de ensino médio buscando integrar diferentes segmentos públicos e privados assim como diferentes níveis de ensino e teve como objetivo oferecer à comunidade acadêmica e outros segmentos da sociedade a oportunidade de aprofundar o entendimento acerca das temáticas que envolve o Meio Ambiente, através de discussões relativas ao desenvolvimento sustentável, no que concerne às práticas econômicas e a necessidade de regulação do uso dos recursos ambientais, a conservação dos ecossistemas e saúde e saneamento ambiental e as preocupações com a vulnerabilidade socioambiental e as mudanças climáticas. As discussões envolveram os

voltar ao
SUMÁRIO

seguintes eixos temáticos: 1) Ecologia, Biodiversidade e Paisagem; 2) Agroecologia e agricultura familiar; 3) Comunidades Tradicionais e Etnociência; 4) Educação e Epistemologia ambiental; 5) Gestão, indicadores e políticas ambientais; 6) Turismo, sustentabilidade e áreas protegidas; 7) Movimentos Sociais e relação Sociedade/Natureza 8) Cultura e Meio Ambiente 9) Tecnologias e saneamento ambiental; 10) Mudanças Climáticas, recursos hídricos e vulnerabilidade; 11) Saúde e Meio Ambiente; 12) Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Modelagem.

O livro Tecnologias no contexto das vulnerabilidades ambientais se apresenta em três seções reunindo os seguintes temas: SEÇÃO 1: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Modelagem; SEÇÃO 2: Mudanças Climáticas, recursos hídricos e vulnerabilidade e SEÇÃO 3: Tecnologias e saneamento ambiental.

Vanice Selva

voltar ao
SUMÁRIO

PRODEMA

O Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) foi concebido a partir de um processo de trabalho multidisciplinar com vistas a potencializar os recursos, produções técnico-científicas e acadêmicas existentes na UFPE para uma formação interdisciplinar no nível de pós-graduação, comprometida socialmente com a realidade ambiental que juntamente com os Prodemas das Universidades Federais do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe e a Universidade Estadual de Santa Cruz na Bahia, compõe a Rede de Programas de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente no Nordeste- Rede Prodema.

Como objetivos específicos o curso busca:

- Formar recursos humanos (docentes e técnicos) com domínio em gerenciamento e execução de políticas ambientais, visando promover o desenvolvimento sustentável;
- Desenvolver pesquisas na área ambiental, priorizando o conhecimento da realidade regional e a elaboração de instrumentos e propostas de políticas ambientais;
- Ampliar e consolidar a rede de estudos e pesquisas ambientais a nível local, nacional e internacional, possibilitando o intercâmbio de docentes e técnicos de diferentes formações científicas, para o aprofundamento dos conhecimentos na área ambiental e para aprimoramento da prática da interdisciplinaridade.

Dentro dos princípios norteadores da concepção deste Curso há a troca e intercâmbio com outros programas do mesmo gênero e grupos de pesquisa e instituições que tenham a mesma preocupação. Este princípio caracteriza nossa atuação na escala regional, nacional e internacional. Por isso, o PRODEMA apresenta historicamente algumas marcas destas preocupações a exemplo da sua gênese vinculada à Rede Luso Brasileira de Estudos Ambientais. Com o título de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais resultado de um Protocolo firmado entre o Ministério do Meio Ambiente, a CAPES e o CNPq, pelo Brasil; o Ministério do Meio Ambiente e o JNICT, por Portugal. Envolve, ainda, quatro (04) instituições de ensino superior do Brasil (Universidade Federal do Amazonas; Universidade Nacional de Brasília; Universidade Federal de Pernambuco; Universidade Federal de Santa

voltar ao
SUMÁRIO

Catarina) e quatro (04) de Portugal (Universidade dos Açores; Universidade de Aveiro; Universidade de Évora; Universidade Nova de Lisboa) e uma na África (Universidade Eduardo Mondlae). Encontra-se em fase de negociação duas Universidades: uma em Cabo Verde e uma em Angola.

Desde o início, o PRODEMA respondeu à demanda crescente por qualificação com características de técnicos e docentes que atuem tanto na esfera pública como na iniciativa privada, além de recém-graduados com formação em diferentes áreas do conhecimento. Para atender essa demanda, o Curso empenha-se no exercício da interdisciplinaridade, na dimensão da reflexão teórica sobre as práticas vigentes, bem como a legislação ambiental, as técnicas e tecnologias, os impactos sociais num sentido analítico e propositivo.

O curso é realizado com a participação de docentes de vários departamentos da UFPE, tendo como âncora o Departamento de Ciências Geográficas, devido à amplitude do tema Desenvolvimento e Meio Ambiente e sua área de concentração Gestão e Políticas Ambientais, que perpassa por diferentes áreas de conhecimento científico, tanto que seu Corpo Docente atual é composto de 19 (dezenove) professores, sendo 1ª (quatorze) permanentes, 05 (colaboradores) e envolve e 6 (seis) Centros Acadêmicos da UFPE: Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH), Centro de Ciências Biológicas (CCB); Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) ,Centro de Ciências Jurídicas (CCJ) e centro Acadêmico do Agreste(CAA).

A partir de 2010, o Curso de Doutorado (DDMA) foi criado, inovando a Pós-Graduação brasileira, com a inserção da Associação Ampla em Rede de Instituições de Ensino Superior (IES) do Nordeste formadas por 07 (sete) Universidades - Fundação Universidade Federal do Piauí (FUFPI), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Fundação Universidade Federal de Sergipee Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). A Associação em Rede consiste em alternativa sustentável para produzir ciência criativa, sobretudo ética e coletiva, com vistas ao ensino, pesquisa e extensão, alicerçados na interdisciplinaridade. Busca-se harmonia entre

voltar ao
SUMÁRIO

objetivos sociais, ecológicos e econômicos do desenvolvimento, nos espaços em que se localizam as IES.

COORDENAÇÃO DO PRODEMA

Coordenação do Mestrado

Coordenadora: Professora doutora Simone Machado Santos

Vice-coordenador: Professor doutor Itamar José Dias e Cordeiro

Coordenação do Doutorado

Coordenadora: Professora Doutora Josicleda Domiciano Galvíncio.

Vice-Coordenadora: Professora Doutora Werônica Meira de Souza.

- **Início de Funcionamento:**
Novembro de 1997 (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) e início das aulas em março de 1998.

- Inserção na Rede Prodema – novembro de 2006

- **Área de concentração:**

Gestão e Políticas Ambientais

- **Aprovação/Credenciamento:**

Reconhecimento homologado pelo Ministério da Educação (Portaria Nº 2.609, de 25/08/2004) e Parecer do CNE/CES para expedição de diploma de alunos que concluíram o curso antes do reconhecimento (Parecer CNE/CES Nº 243, de 12/09/2005).

- **Área de Avaliação CAPES:**

Ciências Ambientais

- **Vinculação Institucional :**

Departamento de Ciências Geográficas do Centro de Filosofia e Ciências Humanas (CFCH) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

- Envolve professores de 5 Centros da UFPE (CFCH, CTG, CCB, CCJ, CAA) e da UFRPE e Embrapa

voltar ao
SUMÁRIO

VI Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente – EDMA

O Encontro de Desenvolvimento e Meio – EDMA é realizado pelo Programa da Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, sendo coordenado e organizado pelos discentes do mestrado e doutorado junto ao do corpo docente do referido programa.

A sexta edição do EDMA, que será realizada no mês de Junho de 2018, tem como tema principal: "**EDUCAÇÃO, TERRITÓRIO E NATUREZA: LIMITES E PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**". O público direcionado são os estudantes de ensino regular, graduação, pós-graduação, profissionais do setor privado e público, onde estes poderão se inscrever tanto como participantes/ouvintes, como para apresentação de trabalhos.

O objetivo do EDMA é oferecer à comunidade acadêmica e outros segmentos da sociedade a oportunidade de aprofundar o entendimento acerca das temáticas que envolve o Meio Ambiente, através das discussões relativas ao desenvolvimento sustentável, de acordo com os eixos temáticos: **1) Ecologia, Biodiversidade e Paisagem; 2) Agroecologia e agricultura familiar; 3) Comunidades Tradicionais e Etnociência; 4) Educação e Epistemologia ambiental; 5) Gestão, indicadores e políticas ambientais; 6) Turismo, sustentabilidade e áreas protegidas; 7) Movimentos Sociais e relação Sociedade/Natureza 8) Cultura e Meio Ambiente 9) Tecnologias e saneamento ambiental; 10) Mudanças Climáticas, recursos hídricos e vulnerabilidade; 11) Saúde e Meio Ambiente; 12) Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Modelagem.**

voltar ao
SUMÁRIO

RESPONSABILIDADE DOS AUTORES DO E-BOOK

“TODOS OS TEXTOS DESCRITOS NESTE E-BOOK SÃO DE TOTAIS RESPONSABILIDADES DOS AUTORES”

voltar ao
SUMÁRIO

SEÇÃO 1

Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Modelagem

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 1
ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DOS PARÂMETROS BIOFÍSICOS DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE DORMENTES – PE

SPACE AND TEMPORAL ANALYSIS OF THE BIOPHYSICAL PARAMETERS OF THE VEGETATION COVER OF THE MUNICIPALITY OF DORMENTES – PE

Pedro Vinícius da Silva Brito*, Josiclêda Domiciano Galvíncio ** Ygor Cristiano Brito Morais***, Jadson Freire da Silva***, Valéria Sandra de Oliveira Costa****

** Graduando em Licenciatura em Matemática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. * **Profa. Dra. do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. ***Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.*
*****Pós-Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.*

RESUMO
O bioma Caatinga é caracterizado pela irregularidade espacial e temporal das chuvas, fazendo com que as espécies vegetais sejam adaptadas a essa variabilidade. Contudo, nas últimas décadas, as transformações no uso da terra e a ocorrência de diversos processos de degradação tem colocado esse bioma em risco. Dessa forma, o monitoramento de parâmetros biofísicos da vegetação por meio de técnicas de sensoriamento remoto constitui uma importante ferramenta a identificação mudanças ambientais. Com isso, o presente estudo tem como objetivo analisar a variação espacial e temporal dos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal do município de Dormentes, no estado de Pernambuco. A modelagem dos parâmetros biofísicos foi realizada a partir da utilização de duas imagens de satélite, sendo uma do dia 23/05/1987 e outra do dia 22/03/2017, referentes ao satélite Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI, respectivamente. Foram efetivados cálculos de radiância, refletância, índice de vegetação da diferença normalizada, índice de área foliar, emissividades e temperatura da superfície. Os resultados mostraram que o NDVI e o IAF foram mais elevados no ano de 1987, com predominância de valores entre 0,4 e 0,7 (NDVI) e 1 e 2 m²/m² (IAF). Em 2017, os valores foram mais baixos, em decorrência, principalmente, das mudanças no uso e cobertura da terra. Essa variação refletiu na temperatura da superfície, que mesmo sendo influenciada também por outros fatores, mostrou que a diferença entre a temperatura das áreas de caatinga e de práticas de sequeiro foi maior no dia 22/03/2017. Nesse sentido, a utilização dos parâmetros biofísicos se mostrou de grande importância para demonstrar os impactos que as mudanças ambientais, como no uso da terra, provocam na vegetação nativa.
Palavras-Chaves: caatinga, índices de vegetação, temperatura da superfície.

ABSTRACT
The Caatinga biome is characterized by the spatial and temporal irregularity of the rains, making the plant species adapted to this variability. However, in the last decades, the transformations in land use and the absence of degradation processes have reached this biome at risk. Thus, the monitoring of biophysical parameters of the series of remote sensing techniques is an environmental control tool. Thus, the present study aimed to evaluate the spatial and temporal relationship of the biological results of the vegetation cover of the municipality of Dormentes, in the state of Pernambuco. The modeling of the biophysical parameters was performed using two satellite images, one of the 23/05/1987 and the other of the 22/03/2017, related to the satellite Landsat 5 / TM and Landsat 8 / OLI, respectively. Calculations of radiance, reflectance, normalized difference vegetation index, leaf area index, emissivity and surface temperature. The results show that NDVI and LAI were higher in 1987, with values predominating between 0.4 and 0.7 (NDVI) and 1 and 2 m² / m² (LAI). In 2017, the values were lower, mainly due to changes in land use and land cover. This variation reflected in the surface temperature, which, even though it was also influenced by other factors, showed that the difference between the temperature of the caatinga and dryland areas was higher on 03/22/2017. In this sense, the use of biophysical parameters has become of great importance for the impact on the environmental changes, such as non-use of land, provocation in native vegetation.
Keywords: caatinga, vegetation index, surface temperature.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga ocupa a quarta posição como maior ecossistema brasileiro, ocupando aproximadamente 11% do território nacional, ou seja, o equivalente a 844.453 km² (SILVA et al., 2017, GARIGLIO et al., 2010). Este bioma é caracterizado por um regime irregular de precipitação, consideravelmente baixo, de 400 a 800 mm ao ano, ocorrendo em geral em uma estação chuvosa, curta e irregular (ROCH; RUIZ-ESPARZ; FERRARI, 2017). Apesar disso, dispõe de um elevado poder de recuperação após a ocorrência de precipitação, que mesmo em baixas intensidades, provocam uma ligeira resposta na vegetação nativa, passando de seca para verde e revigorante (SILVA; LIMA; ALMEIDA, 2011).

A ocorrência de períodos de secas, a presença de solos pouco profundos em algumas áreas, o acúmulo de água reduzido e as altas taxas de evapotranspiração das regiões de Caatinga, faz limitar sua capacidade produtiva. Esses elementos reunidos caracterizam um ecossistema bastante vulnerável, sobretudo diante de processos recorrentes de degradação da vegetação e uso incorreto do solo, por meio de queimadas, desmatamento e exploração predatória (SILVA et al., 2009). Desta maneira, Drumond et al. (2000) afirma ser indispensável a preocupação com a conservação dos recursos naturais prever o uso regular do solo por seus proprietários, assim como encontrar e desenvolver técnicas de uso que não destruam os recursos florestais aplicáveis à região.

Diversos campos de pesquisas têm utilizado o sensoriamento remoto, pela facilidade de acesso aos seus dados, a disponibilidade de equipamentos adequados ao processamento de dados e a gradativa necessidade de conhecimento do funcionamento de inúmeros sistemas que compõem a terra (EPIPHANIO et al., 1996). A utilização de técnicas de sensoriamento remoto no decorrer das últimas décadas, tornaram possíveis o monitoramento de extensas e diferentes áreas nos diversos biomas de todo o mundo, com a finalidade de determinar os parâmetros biofísicos, como o albedo da superfície, temperatura da superfície e *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) em diferentes escalas temporais e espaciais (BEZERRA et al., 2014, LINS et al., 2017).

Nesse sentido, monitorar os índices biofísicos de vegetação por meio de produtos obtidos pelo sensoriamento remoto, pode resultar como importante instrumento para observar mudanças ambientais (WANDERLEY et al., 2017). Andrade et al. (2009), afirma que

voltar ao
SUMÁRIO

variados algoritmos e modelos para obtenção de parâmetros biofísicos da superfície da terra são alimentados por dados de sensoriamento remoto, como por exemplo, o *Surface Energy Balance Algorith for Land* (SEBAL). Neste trabalho, a aplicação do NDVI possibilitou comparar a vegetação anterior com a atual em uma análise de desenvolvimento temporal (MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011).

O NDVI é um índice que possibilita reconhecer a presença de vegetação verde ao solo e determinar a sua distribuição espacial, assim como, identificar seu desenvolvimento temporal (SOUSA; VALLADARES; ESPÍNDOLA, 2016). Temos também como notável importância, Temperatura da Superfície (Ts), que segundo Oliveira et al. (2012), está ligada ao balanço de energia, processos de desertificação e evapotranspiração da vegetação. Sendo assim, é um indicador importante de mudanças climáticas e degradação terrestre, associada a temperatura do ar e por consequência, ao clima da região.

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo analisar o comportamento espacial e tempo dos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal no município de Dormentes, semiárido do estado de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O município de Dormentes está localizado no semiárido do estado de Pernambuco, na mesorregião do São Francisco e na microrregião de Petrolina. O município foi criado em 1991 e possui uma população de 16.917 (IBGE, 2010).

voltar ao
SUMÁRIO

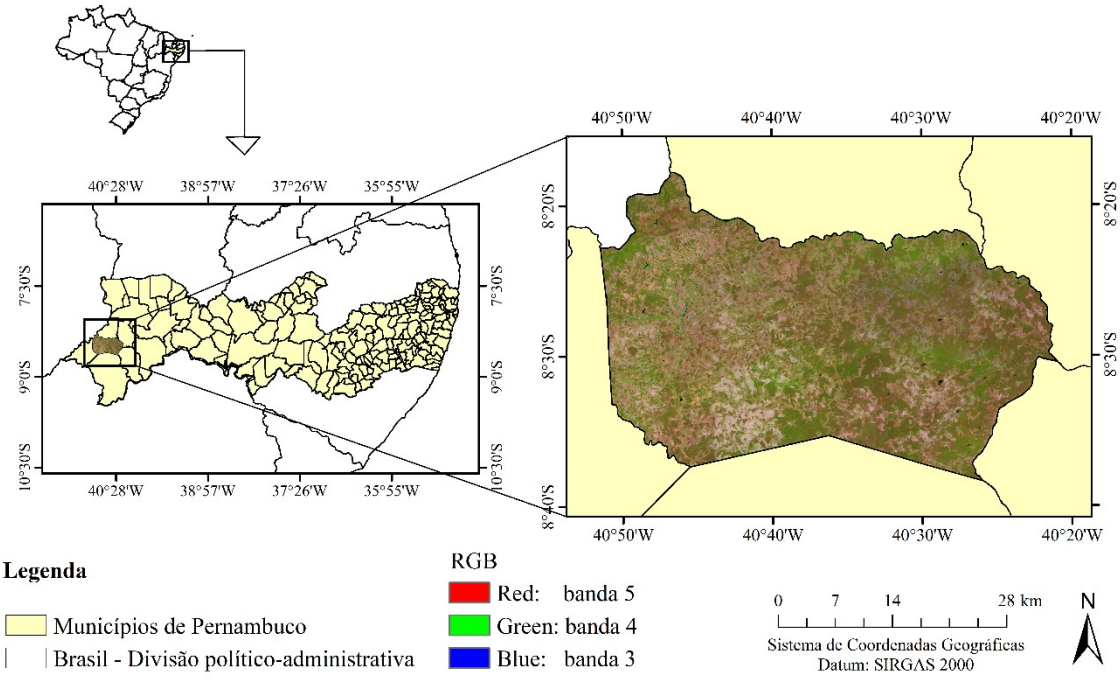


Figura 1. Localização geográfica do município de Dormentes-PE.

2.2 Procedimentos metodológicos

Foram utilizadas duas imagens de satélite, uma correspondente ao satélite Landsat 5/TM do dia 23/05/1987 e outra do satélite Landsat 8/OLI do dia 22/03/2017. Tais imagens são disponibilizadas gratuitamente na página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, em inglês). Após a aquisição das imagens, foram realizadas as etapas de reprojeção para o sistema de projeção UTM e Datum WGS 1984 e a delimitação do recorte para processamento dos índices de vegetação e temperatura da superfície. Essas etapas foram realizadas por meio do software Erdas Imagine 9.1.

2.3 Obtenção dos parâmetros biofísicos da vegetação

As imagens obtidas foram submetidas ao processamento por meio princípios de sensoriamento remoto. Para determinação dos índices de vegetação e da temperatura de superfície, primeiramente foram realizadas a correção radiométrica e a refletância. A etapa da radiância, estimada a partir da Equação 1 (CHANDER et al., 2009), consiste na transformação

voltar ao
SUMÁRIO

dos números digitais da imagem em valores de radiância, ou seja, do fluxo de radiância que deixa a superfície por unidade de ângulo sólido.

$$L_{\lambda i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{254}\right)(ND - 1)$$

(1)

onde *a* e *b* são as radiâncias espectrais mínima e máxima, *ND* são os números digitais para cada pixel da imagem e *i* corresponde as bandas espectrais do sensor TM. O cálculo da radiância para a imagem do Landsat 8/OLI foi realizado conforme a Equação 2:

$$L_\lambda = Mult_{rad,b} ND_b + Add_{rad,b}$$

(2)

onde L_λ é a radiância espectral no topo da atmosfera (W m^2); $Mult_{rad,b}$ é o fator multiplicativo de redimensionamento específico para cada banda; $Add_{rad,b}$ corresponde ao fator de redimensionamento aditivo específico para cada banda e ND aos valores dos Números Digitais de cada pixel.

A etapa seguinte consiste no cômputo da refletância de cada banda, ou seja, da razão entre o fluxo de radiação refletido e o fluxo de radiação incidente sobre determinado alvo, de acordo com Equação 3:

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} . \cos Z . d_r}$$

(3)

onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol.

Após essas etapas, procedeu-se os cálculos dos índices de vegetação, sendo eles o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, em inglês) e o Índice de Área Foliar (IAF). O NDVI é obtido como razão entre a diferença da refletância das bandas do

voltar ao
SUMÁRIO

infravermelho próximo e do vermelho, pela soma das mesmas (TUCKER, 1979), conforme a Equação 4:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (4)$$

onde ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do Landsat 5/TM e as bandas 5 e 4 do Landsat 8/OLI.

A estimativa do IAF foi realizada em função do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (SAVI), que obtido de acordo com Huete (1998). Sendo assim, o IAF pode ser estimado por meio da Equação 5:

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (5)$$

E, por fim, a temperatura da superfície foi estimada com base da radiância espectral da banda do termal $L_{\lambda,6}$ e a emissividade ε_{NB} (ALLEN et al., 2002).

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB} K_1}{L_{\lambda,6}} + 1\right)} \quad (6)$$

onde K_1 = 607,76 Wm-2 sr -1 μm-1 e K_2 = 1.260,56 K (CHANDER e MARKHAN, 2003), são constantes de calibração da banda termal do Landsat 5/TM. Os valores de K1 e K2 da banda do termal do Landsat 8/OLI estão presentes nos metadados da imagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dinâmica da cobertura vegetal e o comportamento dos parâmetros biofísicos da vegetação do município de Dormentes-PE foi avaliado, primeiramente, a partir dos índices de

voltar ao
SUMÁRIO

vegetação (NDVI e IAF). Sendo assim, observou-se que a área estudada apresentou aspectos diferenciados para os dois anos examinados. Em 23/05/1987 houve o predomínio de valores de NDVI dentro do intervalo de 0,4 a 0,7, representando 81,1% da área de estudo (Figura 2). Nesse mesmo ano, praticamente não foram observados valores que comumente são associados a solo exposto (apenas 0,09% da área registrou valores entre 0 e 0,2), sendo estes identificados em alguns lotes agrícolas pontuais. Em contrapartida, em 22/03/2017 houve um aumento nas áreas que apresentaram NDVI entre 0 e 0,2 (5,9% do total) e a classe mais representativa foi a com NDVI entre 0,3-0,4 (29,8%), estando relacionada a um baixo vigor vegetativo.

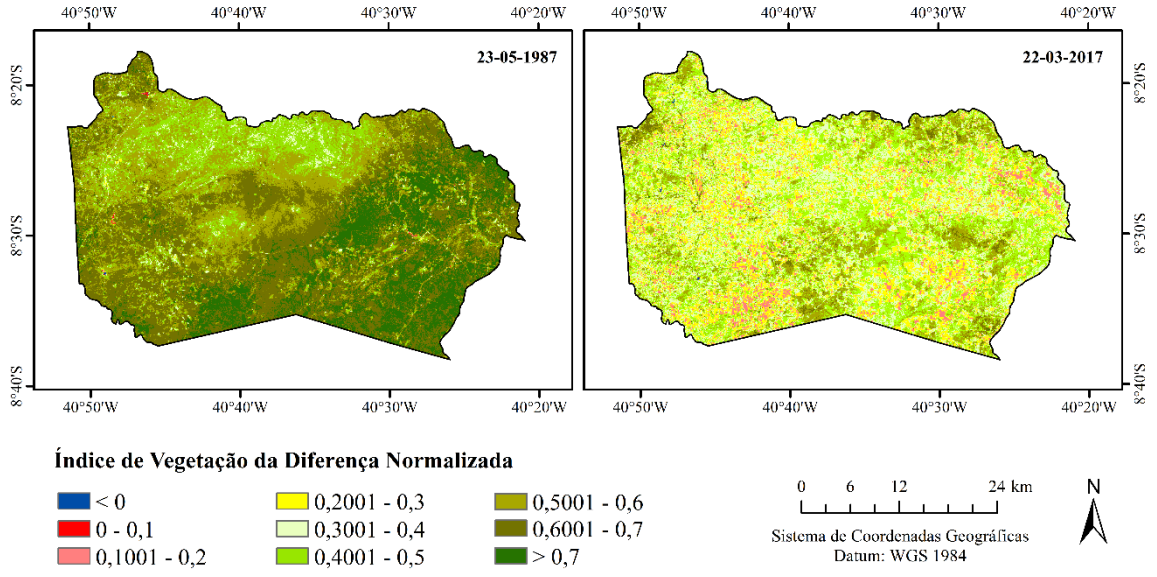


Figura 2. Variação espacial e temporal do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, em inglês) no município de Dormentes, no estado de Pernambuco, para os dias 23/05/1987 e 22/03/2017.

O Índice Área Foliar (IAF) para o município de Dormentes-PE também se comportou de maneira semelhante ao NDVI. Quando comparado os dois anos analisados, notou-se que em 1987 o IAF foi mais elevado ao longo no município, com predominância de valores entre 1 e 2 m²/m² (58,07% da área total). Nesse mesmo ano, algumas ao norte e noroeste do município apresentaram valores mais baixos, variando de 0,2 a 1 m²/m². No ano de 2017 os valores de IAF foram mais baixos, com predominância de IAF entre 0,2 e 0,6 m²/m² (51,2% da área de estudo). Algumas áreas com fragmentos de caatinga registraram IAF mais elevado

voltar ao
SUMÁRIO

do que as demais, variando de 1 a 1,4 m²/m² (Figura 3).

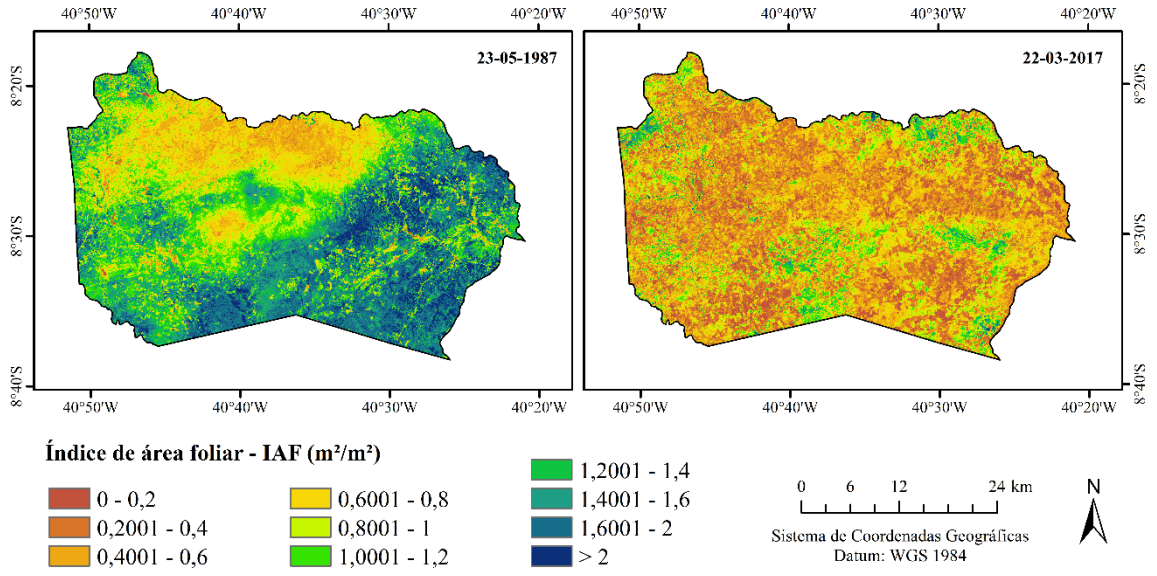


Figura 3. Variação espacial e temporal do Índice de Área Foliar (IAF) no município de Dormentes, no estado de Pernambuco, para os dias 23/05/1987 e 22/03/2017.

O comportamento dos índices de vegetação NDVI e IAF foi influenciado, principalmente, pelas alterações que ocorreram no uso e cobertura do solo, que é visível também quando se analisa a imagem da refletância da área de estudo (Figura 4). Portanto, verifica-se que as áreas localizadas a oeste do município apresentaram NDVI e IAF mais baixos no ano de 1987, pois já se verificava neste ano a presença de lotes destinados a agricultura de sequeiro e/ou pecuária. No ano de 2017, a redução nos índices reflete o aumento das áreas de agropecuária no município, provocando valores de NDVI e IAF inferiores a 0,4 e a 0,8 m²/m², respectivamente.

Vale salientar que a ocorrência de chuvas nos meses anteriores ao imageamento foram semelhantes em ambos os anos. De dezembro até abril de 1987 foram registrados 222 milímetros na estação pluviométrica de Dormentes (APAC, 2018). Em 2017, entre os meses de dezembro e fevereiro, a precipitação foi de 165 mm. Contudo, a irregularidade espacial das chuvas no semiárido faz com que em um mesmo município tenham valores de precipitação pluviométrica diferentes. Sendo assim, algumas áreas de caatinga que apresentaram valores mais baixos de NDVI em 1987 (ao norte do município) podem não ter recuperado totalmente suas folhas durante o período chuvoso devido a essa distribuição espacial irregular das

voltar ao
SUMÁRIO

chuvas. De qualquer forma, os valores semelhantes de precipitação pluviométrica nos meses anteriores a data das imagens analisadas, reforçam a influência maior das alterações antrópicas na variação dos índices de vegetação no município de Dormentes.

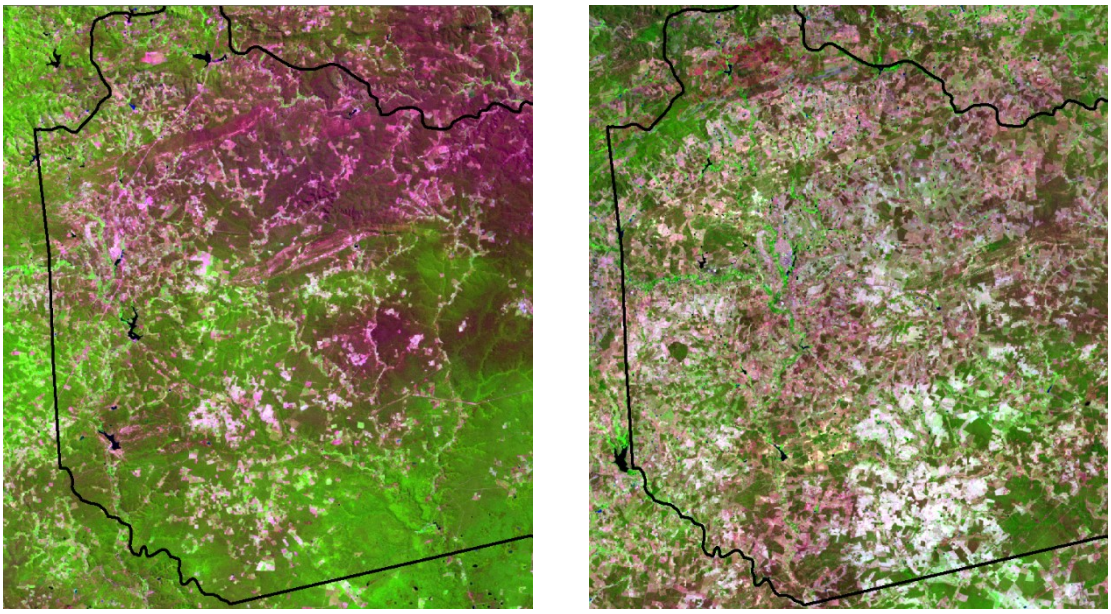


Figura 4. Representação das mudanças do uso e cobertura da terra da porção oeste do município de Dormentes-PE, utilizando as imagens de refletância do Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI, para os dias 23/05/1987 (esquerda) e 22/03/2017 (direita), respectivamente.

As alterações no uso e cobertura do solo citadas anteriormente têm potencial para influenciar no comportamento de outros parâmetros biofísicos da vegetação, como é o caso da temperatura da superfície e do albedo (não analisado neste estudo). As áreas de agricultura de sequeiro passam parte do ano com solo praticamente exposto, provocando um aquecimento maior da superfície e do ar logo acima do solo.

Quanto a temperatura da superfície, observa-se na Figura 5 que na imagem de 23/05/1987 as temperaturas foram, em geral, mais baixas do que aquelas registradas em 22/03/2017. Em 1987, por exemplo, os valores de temperatura das áreas de caatinga ficaram entre 24 e 26 °C. Algumas áreas de caatinga apresentaram valores mais elevados (26 a 28 °C), podendo estar relacionado ao vigor e a estrutura da vegetação. Por outro lado, no ano de 2017 as temperaturas foram mais elevadas, principalmente nas áreas associadas a atividade agropecuária, com algumas áreas apresentando valores maiores que 34 °C. As áreas de caatinga, registraram valores entre 26 e 29 °C.

voltar ao
SUMÁRIO

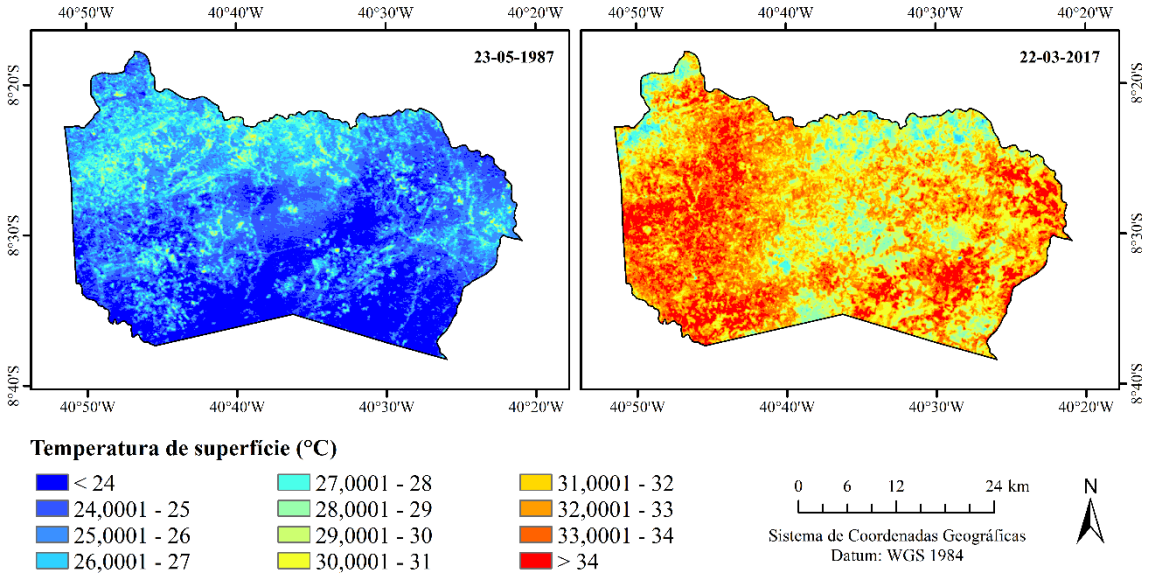


Figura 5. Variação espacial e temporal da temperatura da superfície no município de Dormentes, no estado de Pernambuco, para os dias 23/05/1987 e 22/03/2017.

A diferença entre os valores de temperatura da superfície entre os anos de 1987 e 2017 também estão relacionadas com as condições atmosféricas do dia de cada imagem e com as características climáticas do mês de cada imagem (por exemplo, radiação global incidente, temperatura do ar e umidade relativa). Por isso, os valores muito mais elevados de temperatura não significam, necessariamente, que foram provocados por mudanças no uso da terra. Contudo, percebe-se que a diferença de temperatura da superfície entre as áreas de caatinga e de agropecuária se torna maior e mais evidente no dia 22/03/2017. No dia 23/05/1987, a amplitude entre as áreas de caatinga e de agropecuária foi de no máximo 6 °C, enquanto no dia 22/03/2017 essa diferença foi maior que 9 °C.

Lopes et al. (2010), avaliaram as mudanças na cobertura e uso do solo por meio de parâmetros físicos em uma bacia hidrográfica do semiárido de Pernambuco, e verificaram um aumento da temperatura da superfície em decorrência da expansão das atividades de mineração, à intensificação de agricultura de sequeiro e ao desmatamento com a prática de queimadas. Os autores ainda encontram uma mínima redução nos valores de NDVI, atribuídos possivelmente a fragmentação da caatinga.

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos fica evidente que a expansão das práticas de sequeiro influenciou na variação espacial e temporal dos parâmetros biofísicos do município de Dormentes, sobretudo no NDVI e IAF. Sendo assim, os valores mais elevados desses índices foram registrados no dia 23/05/1987 e nas áreas de caatinga, enquanto no dia 22/03/2017 houve uma redução do NDVI e IAF em todo o município, com destaque para as áreas de agropecuária. Nesse sentido, ao longo dos anos verificou-se um aumento da antropização e fragmentação da caatinga, que influencia na estrutura e fisionomia desse tipo de vegetação e, consequentemente, no vigor e na densidade da vegetação.

No que se refere à temperatura da superfície, este parâmetro se relacionou com os índices de vegetação. Áreas com menor NDVI e IAF apresentaram maiores valores de temperatura da superfície, pois a cobertura vegetal influencia na regulação da temperatura. Nesse sentido, a utilização dos parâmetros biofísicos se mostrou de grande importância para demonstrar os impactos que as mudanças ambientais, como no uso da terra, provocam na vegetação nativa. Parâmetros como temperatura da superfície e o vigor da vegetação são essenciais para os processos fisiológicos dos ecossistemas, podendo qualquer alteração nesses parâmetros comprometer tais processos.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor e pela bolsa de doutorado concedida ao terceiro autor.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php Acesso em: 2 de abril de 2018.

ALLEN, R. G., TREZZA, R. & TASUMI M. Surface energy balance algorithms for land. **Advance training and users manual**, version 1.0, 98p. , 2002.

voltar ao
SUMÁRIO

ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; BATISTELLA, M.; VICTORIA, D. C.; PAZ, A. R.; LIMA, E. P.; NOGUEIRA, S. F. Mapeamento de parâmetros biofísicos e da evapotranspiração no Pantanal usando técnicas de sensoriamento remoto. **Anais...** In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL 2, 695-704, 2009.

BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. DE A.; SILVA, B. B. DA; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. DE F. E. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18, 123-130, 2014.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment** 113, 5, 893-903, 2009.

DRUMOND, M.A.; KIILL, L.H.P.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, M.C.; OLIVEIRA, V.R.; ALBUQUERQUE, S.G.; NASCIMENTO, C.E.S.; CAVALCANTE, J. **Estratégias para o uso sustentável da biodiverdidade da caatinga. Petrolina:** Embrapa Semiárido, 2000. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/134000/estrategias-para-o-uso-sustentavel-da-biodiversidade-da-caatinga

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDOFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 31, 6, 445-454, 1996.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

HUETE, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment** 17, 37–53, 1988.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/dormentes Acesso em: 5 de abril de 2018.

LINS, F.A.C.; SANTOS ARAÚJO; D.C.; SILVA, J.L.B.; LOPES, P.M.O.; OLIVEIRA, J.D.A. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **IRRIGA** 1, 64-75, 2017.

LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J.; SOBRAL, M. C. C.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14, 11, 1210-1219, 2010.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia

hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. **RA'E GA** 23, 520-533, 2011.

OLIVEIRA, L. M. M. DE; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B. DA; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47, 1209- 1217, 2012.

ROCHA, P. A.; RUIZ-ESPARZA, J.; FERRARIC, S. F. Differences in the structure of the bat community between a cloud forest refuge and a surrounding semi-arid Caatinga scrubland in the northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments** 151, 41-48, 2018.

SILVA, P. F.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOUZA, R.; SOUZA, E. S.; SILVA, J. R. I.; ALVES, E. M. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments** 147, 71-82, 2017

SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. O. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga** 22, 4, 195-205, 2009.

SOUSA, R. S.; VALLADARES, G. S.; ESPÍNDOLA, G. M. Análise do Índice de Vegetação (NDVI) e Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira do Estado do Piauí. **Revista da Casa da Geografia de Sobral** 18, 2, 82-99, 2016.

TUCKER, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v.8, 127-150, 1979.

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, E. B.; LUCENA, J. A. (2017). Variação dos Índices de Vegetação da Caatinga no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Taperoá. 4988-5000. 10.20396/sbgfa.v1i2017.2207.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 2
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE FRAGMENTOS DE BOSQUES TEMPERADOS POR SENRORIAMENTO REMOTO

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF TEMPERATE FOREST FRAGMENTS BY REMOTE SENSING

Sidney Henrique Campelo de Santana*, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva, Jadson Freire da Silva, Pedro Paulo Lima Silva, Luis Fernando Sanchéz Sastre.

** Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. E-mail: sidneysantana.geo@gmail.com* (Autor Correspondente).

RESUMO

As ferramentas de Sensoriamento Remoto têm se mostrado promissoras em análises florestais, pela capacidade de abranger grande escala geográfica, mostrando resultados eficientes, a baixo custo operacional. Por isso, este trabalho, que faz parte de um estudo maior, tem como objetivo analisar o comportamento espaço-temporal de fragmentos de bosques temperados de coníferas localizados no Espaço Natural da Montanha de Alinyà, Catalunha - Espanha. Deste modo, tomaram-se como referência as delimitações realizadas pelo Inventário Florestal elaborado pela Fundación Catalunya – La Pedrera, desenvolvido no período de junho a setembro de 2013, para selecionar os dois fragmentos analisados neste estudo. A partir de então, foi aplicado o NDVI sobre as cenas obtidas por meio do sensor TM do Landsat 5 nos anos de 1984, 2003, 2006, 2008, 2009, 2010 e 2011. De uma maneira geral, os resultados mostram uma considerável redução na média do índice de 1983 a 2006 nos dois fragmentos. De 2006 a 2010 houve aumento gradativo nos valores médios do índice, voltando a reduzir de 2010 a 2011. O NDVI comportou-se de modo similar nos dois fragmentos de bosque onde foi aplicado, indicando que a oscilação na densidade florestal pode ter ocorrido como consequência de variações climáticas da região, que tem influência do clima mediterrâneo e do clima temperado oceânico.

Palavras-Chaves: fragmentos florestais, índices de vegetação, *Pinus sylvestris, Pinus uncinata*.

ABSTRACT

Remote Sensing tools have proven to be promising in forest analysis, because of the ability to cover large geographic scales, showing efficient results at low operational cost. Therefore, this work, which is part of a larger study, aims to analyze the spatial-temporal behavior of fragments of temperate coniferous forests located in the Natural Space of Alinyà Mountain, Catalonia - Spain. In this way, the delimitations made by the Forest Inventory prepared by the Catalunya Foundation - La Pedrera, developed from June to September 2013, were used to select the two fragments analyzed in this study. NDVI was then applied to the scenes obtained using the Landsat 5 TM sensor in 1984, 2003, 2006, 2008, 2009, 2010 and 2011. In general, the results show a considerable reduction in the average of the index from 1983 to 2006 in the two fragments. From 2006 to 2010 there was a gradual increase in the average values of the index, again reducing from 2010 to 2011. NDVI behaved similarly in the two forest fragments where it was applied, indicating that the oscillation in forest density may have occurred as a consequence of climatic variations in the region, influenced by the Mediterranean climate and the temperate oceanic climate.

Keywords: forest fragments, vegetation indexes, *Pinus sylvestris, Pinus uncinata*.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Inventários florestais nacionais na Europa são amplamente utilizados, fornecendo bases para a definição de políticas florestais, e para a elaboração de planos para o desenvolvimento e uso das florestas (MONTERO et al., 2005). No caso da Espanha o primeiro inventário florestal nacional foi realizado no período 1965-1974, o segundo inventário nacional, no período 1985 a 1994, e seria repetido de dez em dez anos.

Em função da demanda por dados que possibilitassem formular políticas florestais pela administração do setor e ainda fomento da indústria florestal, as informações encontradas serviram ao manejo e monitoramento dos recursos florestais a nível nacional, provincial e por comarca, incluindo tabelas e mapas da área florestal, estoque de crescimento, incremento, exploração e estimativa da produção potencial dos recursos florestais (ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, 2014). Hoje inventariação florestal da Espanha completa 50 anos e já passa do seu terceiro inventário (MAGRAMA, 2015).

Na Catalunha, uma das mais importantes comunidades autônomas Espanholas, se encontra outro exemplo de inventariado florestal, o Inventario Ecológico e Florestal de Catalunha (IEFC), foi elaborado em concomitância com o Terceiro Inventario Nacional Espanhol. (HYDE et al., 2007; KIM, et al., 2009; ZHAO et al., 2009; POPESCU et al., 2011; MOSSELER, 2014).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é estimar o comportamento espaço-temporal da vegetação de dois fragmentos florestais delimitados pelo Inventário Florestal elaborado pela Fundação Catalunya - La Pedrera no período de Junho a setembro de 2013, no Espaço Natural da *Montanha de Alinyà* na Catalunha- Espanha, como subsídio para o monitoramento ambiental de áreas florestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, foram utilizados como referência delimitações provenientes do Inventário Florestal elaborado pela Fundação Catalunya - La Pedrera no período de Junho a setembro de 2013, no Espaço Natural da Montanha de Alynià, com 5352,13 ha. Os fragmentos de bosques de *Pinus* utilizados neste estudo são apresentados nas figuras 1 e 2.

voltar ao
SUMÁRIO

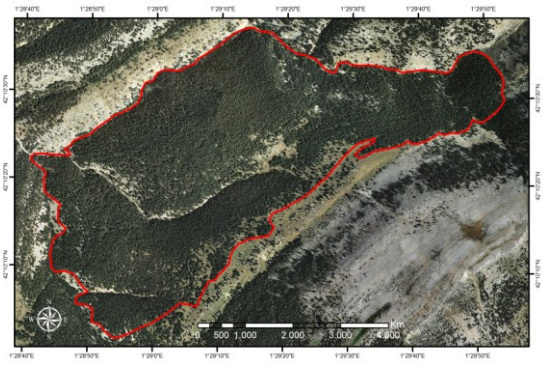


Figura 1: Delimitação do fragmento de bosque temperado de *Pinus uncinata* pertencente à zona 1a de acordo com o Inventário Florestal, situada na porção leste do espaço natural. Fonte: Editado pelo autor / PNOA (2013).

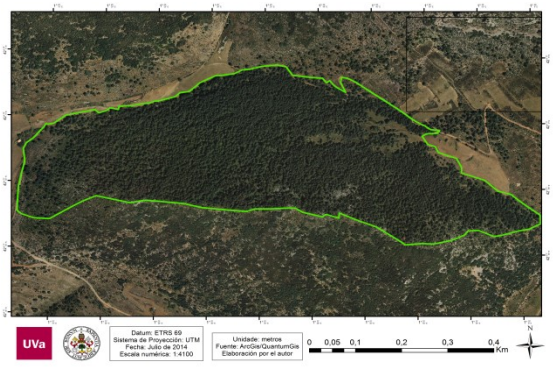


Figura 2: Delimitação do fragmento de bosque temperado de *Pinus sylvestris* pertencente à zona 6d de acordo com o Inventário Florestal, situada na porção noroeste do espaço natural. Fonte: Editado pelo autor / PNOA (2013).

Pode-se constatar, ao observar a Figura 1, que o Espaço Natural da Montanha de Alinyà foi dividido em zonas de acordo com as características físicas e fitogeográficas do meio. Os dados fornecidos por este inventário constituem, por uma parte, as coordenadas centrais, o raio e a superfície total das 123 parcelas circulares, assim como o número de pés por classe de diâmetro e, por outra, os dados referentes à área basal e biomassa para cada uma das zonas inventariadas de acordo com a metodologia do CREAF (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales) (Generalitat de Catalunya).

2.1 Aquisição e processamento dos dados matriciais

Para a realização deste trabalho forma adquiridas 7 imagens *Thematic Mapper* (TM) do programa Landsat 5 de uma parte do território da Catalunha, incluindo o Espaço Natural da Montanha de Alinyà; foram registradas nas datas de 28 de julho de 1984, 01 de julho de 2003, 06 de Junho de 2006, 28 de Junho de 2008, 01 de Julho de 2009, 04 de Julho de 2010 e 21 de Junho de 2011. Em seguida foi realizada a correção geométrica das imagens.

2.2 Cálculo de radiância

Posteriormente foi calculada a calibração radiométrica (Equação 1), conforme proposto por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i \times}{255} ND \qquad (1)$$

voltar ao
SUMÁRIO

em que a e b são os valores das radiâncias espectrais mínima e máxima, ND é o valor do pixel em número digital, e i corresponde às diferentes bandas do satélite.

2.3 Cálculo de reflectância

Posteriormente foi calculada a reflectância, conforme Bastiaanssen (1995):

$$r\rho i = \frac{L\lambda x\pi}{K\lambda.\cos Z.dr} \qquad (2)$$

em que λi L é a radiância espectral de cada banda, K_λ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol (r), em dado dia do ano.

2.4 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI

O *Normalized Diference Vegetation Index* ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), proposto por Rouse *et al.* (1974) (Equação 3), é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa do infravermelho próximo (NIR), correspondente a banda 4 do Landsat 5, e faixa do vermelho no visível (VIS), correspondente a banda 3 deste satélite, dividida pela soma das faixas NIR e VIS:

$$\text{NDVI} = \frac{\left(r_{p4} - r_{p3}\right)}{\left(r_{p4} + r_{p3}\right)} \qquad (3)$$

em que r_p é o valor de reflectância referente a cada banda, sendo o algarismo que acompanha a variável, o número que representa a banda.

Posteriormente o NDVI foi exportado para o formado de arquivo ASCII, os quais foram importados para tabela de Excel, a partir daí, calculados os estatísticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 e 4 correspondem à aplicação do NDVI sobre nos produtos orbitais referentes aos fragmentos florestais estudados nos sete anos considerados.

voltar ao
SUMÁRIO

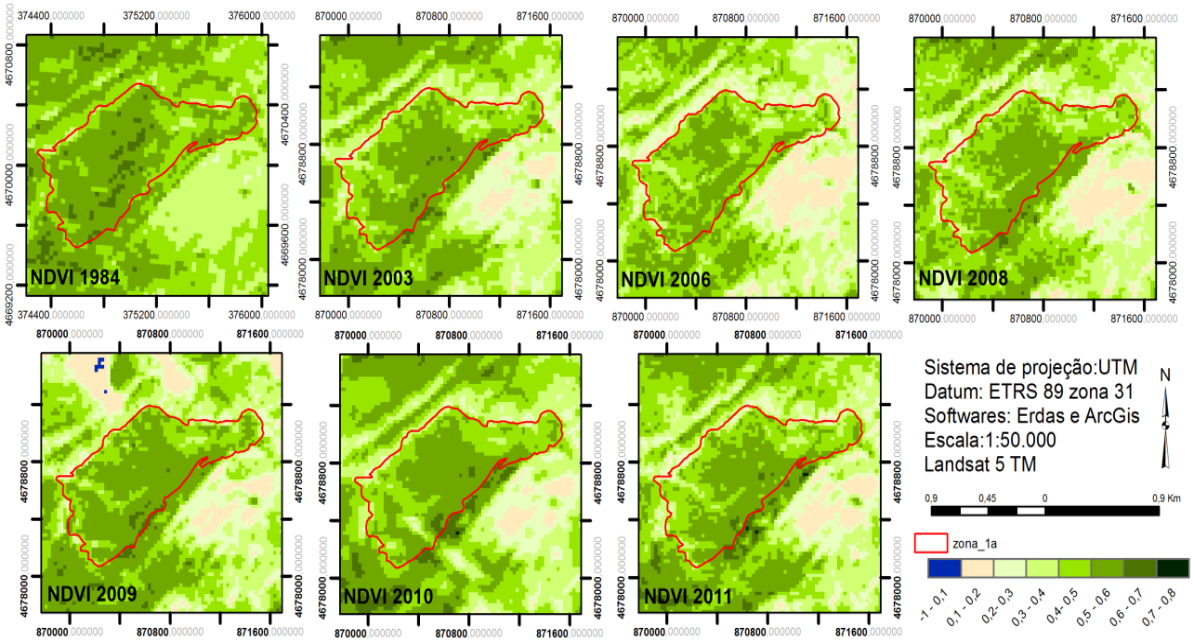


Figura 3 - Representação cartográfica do cálculo do NDVI na zona 1a. **Fonte:** elaborado pelos autores.

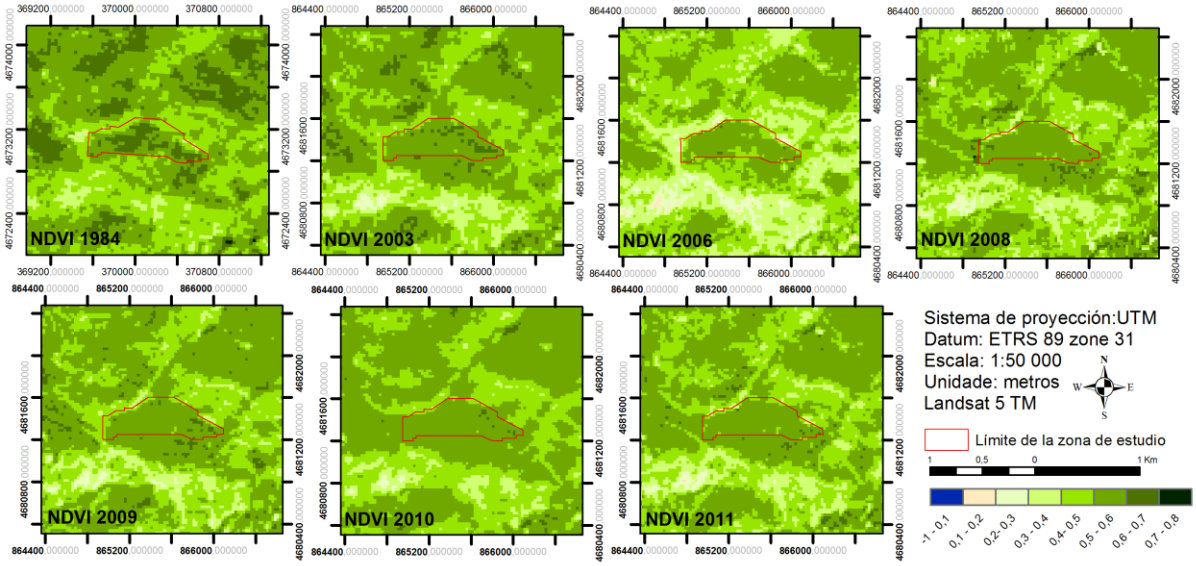


Figura 4 - Representação cartográfica do cálculo do NDVI na zona 6d. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Como se mostra nas figuras 3 e 4 os valores menores que zero correspondem a corpos hídricos, de 0 a 0,15 compreendem áreas sem vegetação; a partir de então, quanto maiores os valores, maior a densidade da vegetação e mais verde foi representado. Pela classificação realizada sobre o NDVI nas sete imagens quando mais escuro for o verde maior é a densidade

voltar ao
SUMÁRIO

da vegetação na área. Os tons amarelados representam áreas com ausência significativa ou total de vegetação.

Com efeito, por meio da interpretação visual das figuras, é possível perceber que de 1984 a 2006 a massa florestal das áreas de estudo perde densidade, principalmente em suas porções centrais em ambas, visto que o NDVI consegue estimar o conteúdo de clorofila presente na vegetação. Essa diminuição da presença da vegetação também ocorre nos arredores das delimitações estabelecidas. No período de 2006 a 2009, é possível observar um ganho no conteúdo florestal de ambos os bosques. Até 2011 percebe-se uma variação no comportamento da massa florestal. Porém, por meio da interpretação visual é difícil constatar se houve perda ou ganho de massa florestal nesses últimos anos. Dessa forma, os valores predominantes na imagem do ano de 1984 giram em torno de 0,3 a 0,7. Nos anos de 2003 observa-se um aumento das quantidades de pixels que correspondem aos valores de 0,2 a 0,4.

A média do NDVI foi obtida pelos valores do índice em todos os pixels pertencentes aos recortes das áreas de estudo. Neste sentido, analisar os dados gerados pelo cálculo do NDVI ajuda a compreender o estado da massa florestal ao longo dos anos. Dessa forma, as Figuras 5 e 6 correspondem ao comportamento da média do NDVI ao longo dos anos.

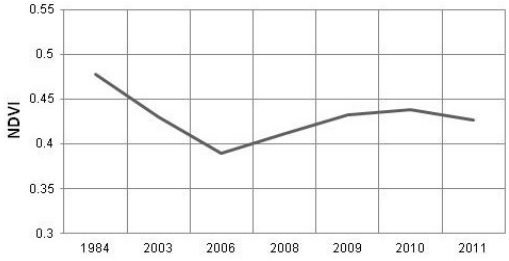


Figura 5: Evolução da média do NDVI do fragmento pertencente à zona 1a ao longo dos anos.

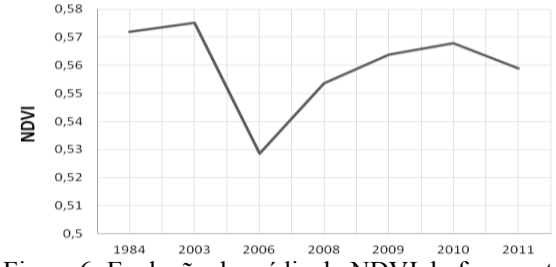


Figura 6: Evolução da média do NDVI do fragmento pertencente à zona 6d ao longo dos anos.

Observa-se nas Figuras 5 e 6 que a média dos valores do NDVI nas áreas de estudo decresce desde o ano de 1984 a 2006. Em seguida, a média se eleva do ano 2006 a 2010. Por último, a média apresenta uma leve descida do ano de 2010 a 2011, indicando que esses bosques de *Pinus* perdem massa florestal neste último ano. Observa-se também que a média dos os valores de NDVI da zona 6d é mais elevada que a média da zona 1a, apresentando uma amplitude entre 0,53 a 0,57, enquanto que para esta última a amplitude varia de 0,39 a 0,47.

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

Devido ao comportamento temporal similar entre os dois recortes analisados, estima-se que a variação da densidade florestal ocorrida ao longo desses anos pode ter sido resultado de alternâncias na dinâmica do clima nesta região, uma vez que recebe influência tanto do clima mediterrâneo quanto do clima temperado oceânico. Desta forma, a vegetação pode ter respondido a uma variação entre períodos de mais e menos umidade. Entretanto, para se fortalecer esta hipótese se faz necessário maior quantidade de cenas com frequências regulares, além de aporte de dados climáticos.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de apoio. Ao Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) pela disponibilização do espaço de trabalho e softwares.

6. REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, G. *et al.* **National Forest Inventory and forest observational studies in Spain: Applications to forest modeling.** Forest Ecology and Management, v. 316. 54-64. 2014.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Wageningem Agricultural University, Wageningen, Netherlands, p. 273.1995.

HYDE, P. **Exploring LiDAR–RaDAR synergy—predicting aboveground biomass in a southwestern ponderosa pine forest using LiDAR**, **SAR and InSAR**, Remote Sensing of Environment, Volume 106. Pages 28-38. 2007 Instituto de Meteorologia (I. M.). 2009. Disponível em: http://www.meteo.pt/pt/enciclopedia/agrometeorologia. Acesso em: Maio de 2015.

KIM, Y; et al. **Distinguishing between live and dead standing tree biomass on the north rim of Grand Canyon National Park, USA using small-footprint lidar data Remote Sens**. Environ., 113. p. 2499–2510. 2009.

MAGRAMA - **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente**. Disponível em: http://www.magrama.gob.es/es/ - Acesso em: Julho de 2015.

MARKHAM, B. L. & BARKER, J. L. **Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at satellite temperatures**. EOSAT Landsat Tech. Note: 3-8. 1987.

MONTERO G., RUIZ-PEINADO, R., MUÑOZ, M. **Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles**. Monografías INIA, Serie Forestal; 13. Madrid. 2005.

voltar ao
SUMÁRIO

MOSSELER, A. *et al* . **Allometric relationships in coppice biomass production for two North American willows (Salix spp.) across three different sites**. Forest Ecology and Management. Volume 320. 2014.

POPESCU, S.C.; *et al*. Satellite LiDAR vs. small footprint airborne lidar: Comparing the accuracy of aboveground biomass estimates and forest structure metrics at footprint level. **Remote Sensing of Environment**. 115 (11), 2786. 2011.

ROUSE, J. W.; *et al*. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. Proceedings. Washington**, D. C.: **NASA**. Goddart Space Flight Center, v. 1.1973.

ZHAO, K.; POPESCU, S.C.; NELSON, R.F. Lidar remote sensing of forest biomass: A scale-invariant estimation approach using airborne lasers. **Remote Sensing of Environment**. 113, p. 182–196. 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 3
ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE ARARIPINA-PE

STATISTICAL ANALYSIS OF THE PRECIPITATION DATA OF THE ARARIPINA-PE PLUVIOMETRIC STATION

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva *; Jadson Freire da Silva, Carlos Eduardo Santos de Lima, Mariana Caroline Gomes de Lima, Sidney Henrique Campelo de Santana

*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. E-mail: elisabeth.silva@gmail.com** (Autor Correspondente)

RESUMO

A precipitação pluviométrica é o principal componente do ciclo hidrológico, no entanto, a característica irregular da precipitação dificulta a sua análise, sendo a utilização de ferramentas estatísticas um diferencial no estudo das características meteorológicas de uma região. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise estatística dos dados de precipitação da estação pluviométrica de Araripina-PE através da estimativa da média, mediana e desvio padrão dos dados de densidade pluviométrica nos meses mais secos e mais chuvosos. Foram utilizados para a análise, dados diários de precipitação do período de 1970 a 2012 da estação pluviométrica de Araripina-PE adquiridos através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e processados no software Climap 1.1. Os resultados demonstraram que as precipitações ocorridas no período seco entre 1970 a 2012 revelaram que a densidade de precipitações tenderam a apresentar menores diferenças entre os valores extremos de chuva. Os dados intra-anuais analisados demonstraram que o desvio padrão nos meses mais secos foi bem inferior aos meses com maior pluviosidade, indicando que há menor diferença entre os volumes precipitados no período mais seco.

Palavras-Chaves: estatística, desvio-padrão, densidade pluviométrica.

ABSTRACT

Rainfall precipitation is the main component of the hydrological cycle, however, the irregular precipitation characteristic makes it difficult to analyze, and the use of statistical tools is a differential in the study of the meteorological characteristics of a region. Therefore, the objective of this work is to perform a statistical analysis of the precipitation data of the Araripina-PE rainfall station by estimating the mean, median and standard deviation of the rainfall density data in the driest and driest months. Daily precipitation data from the Araripina-PE rainfall station from the Pernambucan Water and Climate Agency (APAC) and processed in the Climap 1.1 software were used for the analysis from 1970 to 2012. The results showed that rainfall during the dry period between 1970 and 2012 revealed that rainfall density tended to show smaller differences between rainfall extremes. The intra-annual data analyzed showed that the standard deviation in the driest months was well below the months with the highest rainfall, indicating that there is less difference between the volumes precipitated in the drier period.

Keywords: statistics, standard deviation, rainfall density.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre a variação nos padrões de precipitação têm se tornado cada vez mais relevantes para análise dos constituintes da paisagem por ser o mais importante componente do ciclo hidrológico. Segundo Silva et al. (2018) a distribuição interanual e intra-anual de chuvas pode ter efeitos intensos sob as interações ambientais. Ometto (1981) ressalta a característica de irregularidade da precipitação em todo o planeta ao longo do ano, sendo justamente essa irregularidade a responsável por definir diferentes especificidades para cada unidade de paisagem.

Segundo Scofield (2014), variações na precipitação anual e sazonal podem ocorrer em razão da mudança da frequência ou intensidade dos eventos de precipitação. Por essa razão a análise de tendência é importante no tocante aos estudos climáticos por sinalizar modificações nas variáveis meteorológicas (SILVA et al., 2018). A tendência climática pode ser entendida como uma alteração suave do clima, com acréscimo ou decréscimo nos valores médios das variáveis analisadas durante o período de registro (BACK, 2001; RIBEIRO et al., 2014).

Nesse sentido, destaca-se a importância do conhecimento das variações da precipitação pluviométrica no Nordeste brasileiro, que é uma região marcada pela grande variabilidade e irregularidade espaço-temporal das chuvas (estas concentradas em curto período de tempo), com elevados valores de temperaturas e de evapotranspiração (ASSIS et al., 2015; SANTOS; AQUINO, 2017).

Por essa razão, algumas técnicas ou estatísticas podem ser usadas comumente para diagnosticar tendências e/ou variações meteorológicas, especialmente de temperatura e precipitação. Dessa forma, o interesse pelas técnicas estatísticas têm aumentado e representam um grande diferencial na análise dos dados de precipitação, por essa razão, vários estudos importantes têm sido realizados atualmente no Brasil por diversos autores e em diferentes regiões, tais como Pinheiro et al. (2013) na região Sul do Brasil, Andrade et al. (2018) no agreste pernambucano e Silva et al. (2018) no semiárido de Pernambuco, com dados de precipitação adquiridos em estações pluviométricas.

Autores como Vianna et al. (2017) afirmam que os bancos de dados meteorológicos são planejados para receber, armazenar, processar e disponibilizar dados e informações das

voltar ao
SUMÁRIO

diversas variáveis meteorológicas. No entanto, Mello e Sampaio (2017) afirmam que atividades como a mudança de local da estação, desenvolvimento urbano no entorno e erros de medição, podem interferir na homogeneidade dos dados, e como consequência na qualidade e validade dos mesmos e a análise estatística desses dados pode revelar erros e tendências nas séries históricas estudadas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise estatística dos dados de precipitação da estação pluviométrica de Araripina-PE através da estimativa da média, mediana e desvio padrão dos dados de densidade pluviométrica nos meses mais secos e mais chuvosos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Araripina localiza-se no Estado de Pernambuco, na Mesorregião Sertão e Microrregião Araripina, nas coordenadas geográficas de 07°34’34’’ de latitude sul e 40°29’54’’ de longitude oeste, limitando-se a norte com Estado do Ceará, a sul com Ouricuri, a leste com Ipubi e Trindade, e a oeste com Estado do Piauí, compreendendo uma área de 1.906,3 km² e uma altitude de 622 metros (BRASIL, 2005).

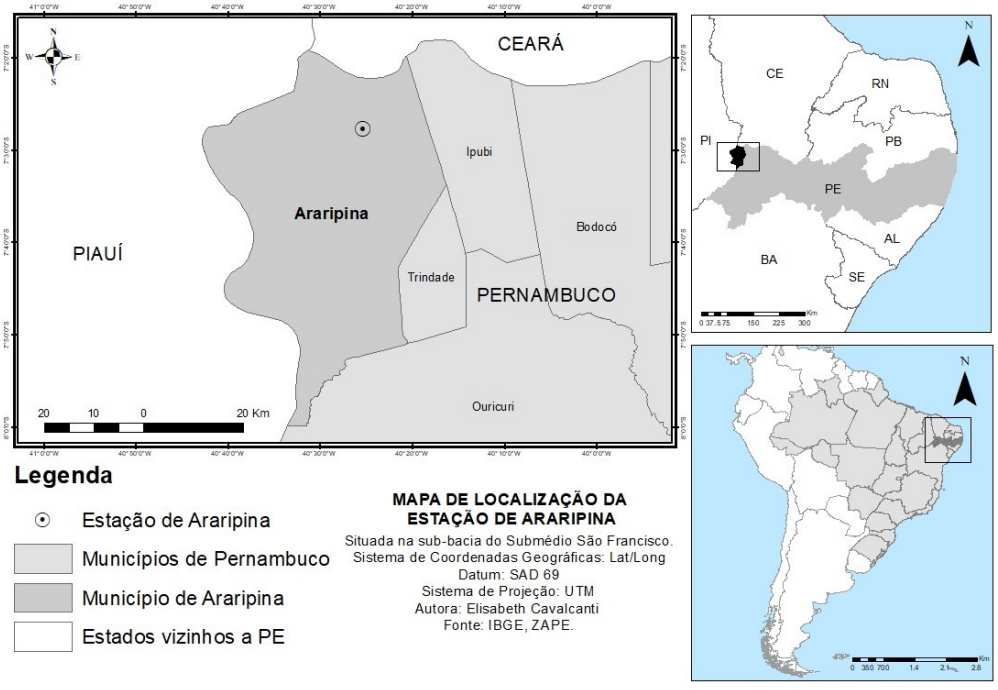


Figura 1 – Localização da estação pluviométrica de Araripina-PE. **Fonte:** elaborado pelos autores.

voltar ao
SUMÁRIO

Angelotti et al. (2009) afirmam que a região Semiárida é caracterizada por forte insolação, altas temperaturas e um regime de chuva marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num período médio de três meses. O clima do município de Araripina é do tipo Tropical Semiárido, segundo a classificação de Köppen do tipo BSh, caracterizado por climas semiáridos, com altas temperaturas e chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril e a precipitação média anual é de 431,8mm (BRASIL, 2005).

O município faz parte do polo gesseiro do Araripe, localizado no oeste do Estado de Pernambuco, abrangendo os municípios de Araripina, Trindade, Ouricuri, Bodocó e Ipubi, sendo responsável por 95% da produção de gipsita do país e considerada como a maior região produtora (BALTAR et al., 2005).

Essas chuvas são caracterizadas por aguaceiros torrenciais que podem desencadear processos intensos de erosão na área. Historicamente nos meses entre maio e outubro há uma escassez de chuvas, representando um período seco de estiagem, típico do clima semiárido predominante na região. A temperatura ao longo do ano varia com máximas de 30 a 34°C e mínimas de 19 a 23°C e as taxas de evapotranspiração excedem a soma dos valores mensais de precipitação (ARRUDA, 2013).

2.1 Procedimentos metodológicos

Foram utilizados para a análise, dados diários de precipitação do período de 1970 a 2012 da estação pluviométrica de Araripina-PE adquiridos através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e processados no software Climap 1.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da estação climatológica de Araripina-PE foram analisados para estimativa da densidade da pluviosidade da região. Os gráficos foram elaborados dividindo-se os dados entre o semestre mais chuvoso e mais seco, bem como trimestralmente, para verificação da variação intra-anual dos dados, analisando os padrões de precipitação através da média, mediana e desvio padrão de todos os meses (Figuras 2 e 3):

voltar ao
SUMÁRIO

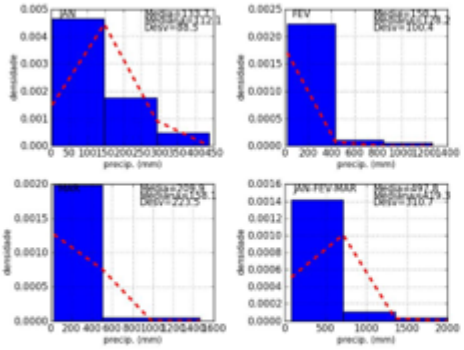


Figura 2 – densidade pluviométrica dos meses de janeiro, fevereiro e março. **Fonte:** elaborado pelos autores.

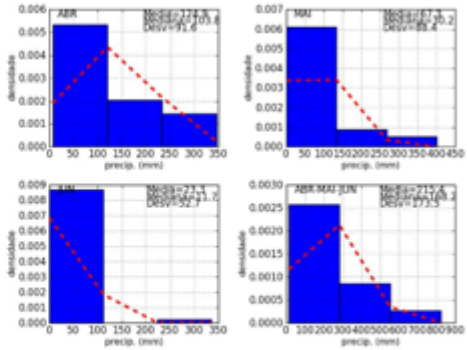


Figura 3 – densidade pluviométrica dos meses de abril, maio e junho. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Nas figuras 2 e 3 pode-se observar que o volume de chuvas acima de 150mm cai consideravelmente nos meses de janeiro a junho, apresentando um desvio padrão considerado alto, o que indica que os dados estão espalhados por uma gama de valores, indicando a dispersão dos dados dentro da amostra e demonstrando o quanto os resultados diferem da média. A média trimestral de precipitação dos meses de janeiro, fevereiro e março foi de 497,8 m, ao mesmo tempo o desvio padrão foi de 310,7. Já no trimestre de abril, maio e junho teve média de 215,4, e o desvio padrão foi de 173,5.

A seguir apresentam-se as figuras 4 e 5 que quantificam a densidade da precipitação nos meses mais secos da região:

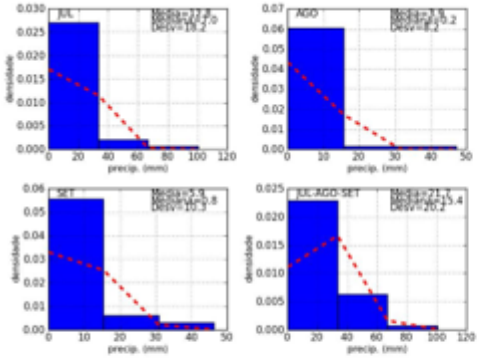


Figura 4 – densidade pluviométrica dos meses de julho, agosto e setembro. **Fonte:** elaborado pelos autores.

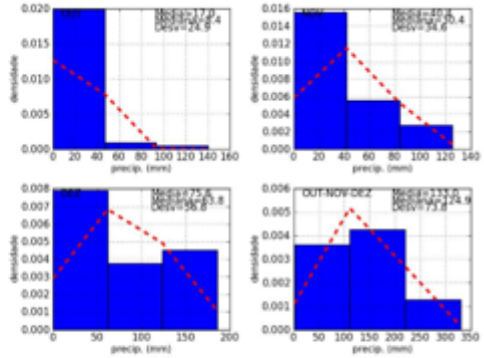


Figura 5 – densidade pluviométrica dos meses de outubro, novembro e dezembro. **Fonte:** elaborado pelos autores |

Analisando-se as figuras 4 e 5 pode-se perceber que o desvio padrão diminuiu em relação aos meses mais chuvosos, o que indica, na verdade, que os dados tendem a estar

voltar ao
SUMÁRIO

próximos da média. Então as precipitações ocorridas no período seco entre 1970 a 2012 revelaram que a densidade de precipitações tenderam a apresentar menores diferenças entre os valores extremos de chuva.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2018) também utilizando os dados da estação pluviométrica de Araripina-PE os autores encontraram tendência de aumento de precipitação em alguns meses mais secos e de tendência de diminuição nos meses mais chuvosos, bem como diminuição de eventos extremos de precipitação, corroborando os resultados deste trabalho que demonstram que existe diferenças marcantes entre os meses mais secos e chuvosos nessa estação.

4. CONCLUSÃO

Os dados intra-anuais analisados demonstraram que o desvio padrão nos meses mais secos foi bem inferior aos meses com maior pluviosidade, indicando que há menor diferença entre os volumes precipitados no período mais seco. O trabalho foi útil por demonstrar que uma análise estatística de dados pluviométricos pode revelar resultados que indiquem a existência de tendência intra-anual e interanual da precipitação em estações pluviométricas.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) pela disponibilização do espaço de trabalho e softwares. Ao Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Maranhão (GEPAM) pelo apoio à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. S.; GODOY NETO, A. H.; CRUZ, A. F. da S.; ANDRADE, E. K. P.; SANTOS, V. F. dos; SILVA, T. N. P. Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e padrões nas séries temporais da precipitação no Agreste pernambucano. **Journal of Environmental Analysis and Progress.** V. 03 N. 01 126-145 (2018)

ARRUDA, K. E. C. **Geodiversidade do município de Araripina – PE, Nordeste do Brasil.** 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M.; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 2, 188- 202. 2015.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 5, 717-726, 2001.

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. **Gipsita.** CETEM. Centro de Tecnologia Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro. Novembro/2005. CT2005-122-00. Comunicação Técnica elaborada pela Edição do Livro Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações. 449-470. Disponível em: < http://www.cetem.gov.br/>. Acesso em: 23/07/2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado de Pernambuco.** Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do município de Araripina. Recife, 2005.

MELLO, Y. R. de; SAMPAIO, MOREIRA, T. V. **Análise estatística preliminar de dados pluviométricos mensais, sazonais e anuais para o Estado do Paraná.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento: XVII SBGFA e I CNGF. v. 1, 2017.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.

PINHEIRO, D.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia,** v. 28, n. 3, 281-290. 2013.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L. F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, 798-807, 2014.

SANTOS, F. A; AQUINO, C. M. S. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **Geousp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 2, p. 619-633. Agosto, 2017.

SCOFIELD, G. B.; ANGELIS, C. F.; JR, W. C. S. Estudo das Tendências do Total de Precipitação e do Número de Dias Chuvosos no Litoral Norte de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Volume 19, N.3 19-3.– Jul/Set 2014.

SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNCIO, J. D.; NASCIMENTO, K. R. P.; SANTANA, S. H. C. de; SOUZA, W. M. de; COSTA, V. S. de O. Análise da tendência temporal da precipitação pluviométrica interanual e intra-anual no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Climatologia.** Vol. 22, 76-98. Jan/Jun, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

VIANNA, L. F. de N.; PERIN, E. B.; RICCE, W. da S.; MASSIGNAN, A. M.; PANDOLFO, C. Bancos de Dados Meteorológicos: Análise dos Metadados das Estações Meteorológicas no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Rev. bras. meteorol.** vol.32 n.1, 53-64. São Paulo, Jan./Mar. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 4
ANÁLISE HISTÓRICO-CARTOGRÁFICA DAS DINÂMICAS TERRITORIAIS E POPULACIONAIS DOS ÚLTIMOS 30 ANOS NO PERÍMETRO IRRIGADO EM ICÓ-MANDANTES - PETROLÂNDIA-PE

HISTORICAL-CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF THE TERRITORIAL AND POPULATION DYNAMICS OF THE LAST 30 YEARS IN THE PERIMETER IRRIGATED IN ICÓ-MANDANTES - PETROLÂNDIA-PE

Marina Loureiro Medeiros*, Daniel Victor Neves Raposo, Luana Cândido dos Santos, Ana Paula BaiFrancisco, Edvânia Gomes Aguiar Torres **.

**Departamento de ciências geográficas, UFPE, Brasil.*
***Departamento de ciências geográficas, UFPE, Brasil.*

RESUMO
O perímetro irrigado de Icó-mandantes, situado no Município de Petrolândia-PE vem sofrendo com as dinâmicas territoriais e novas técnicas que por sua vez desencadearam interesses e grandes investimentos econômicos na região. Em virtude da construção do reservatório de Itaparica e a falta de infra-estrutura no perímetro citado. O trecho periférico da Nova Petrolândia também sofreu com mudanças, foi constatado uma dependência há quase meio século das relações e gestões vinculadas à Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf). A especulação imobiliária e o crescimento demográfico corroboraram negativamente através da diminuição de áreas verdes, esgotamento do solo e conflitos sociais. Além disso, a transposição do Rio São Francisco influenciou e promoveu indiretamente a permanência dos antigos e novos moradores no Município. Visto que a água e sua distribuição é um dos elementos de suma importância para prosperidade das agrovilas, atrelado também ao desenvolvimento de novas tecnologias nesse campo que o tornaram mais rentável. No entanto, as mudanças e os impactos causados pela ascensão demográfica, merecem ser monitoradas permitindo e prezando por gerações que venham por habitar o perímetro.

Palavras-Chaves: Território, Especulação imobiliária, crescimento demográfico.

ABSTRACT
The irrigated perimeter of Ico-constituents, located in the Municipality of Petrolândia-PE has been suffering with territorial dynamics and new techniques that in turn have triggered interests and large economic investments in the region. Due to the construction of the Itaparica reservoir and the lack of infrastructure in the mentioned perimeter. The peripheral part of Nova Petrolândia also suffered from changes. It has been a dependence for almost half a century of relations and management linked to the São Francisco Hydroelectric Company (Chesf). Real estate speculation and population growth have been negatively correlated with declining green areas, soil depletion, and social conflicts. In addition, the transposition of the São Francisco River influenced and indirectly promoted the permanence of the old and new residents in the Municipality. Since water and its distribution is one of the most important elements for the prosperity of agrovilas, also linked to the development of new technologies in this field that have made it more profitable. However, the changes and impacts caused by the demographic rise, deserve to be monitored allowing and cherishing for generations that come by inhabiting the perimeter.

Keywords: Territory, Real estate speculation , demographic growth.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A construção de reservatórios d'água de múltiplos usos geralmente desencadeia o processo de transformações territoriais em inúmeras comunidades urbanas e rurais, fomentando o aparecimento de impactos sociais, econômicos, culturais e ecológicos indesejados. No Brasil, a progressiva dinâmica de inserção de novos objetos técnicos e de ampliação dos sistemas de engenharias vigentes atende a demandas de crescimento econômico, especialmente em Pernambuco, de maneira que a análise criteriosa das condições sociais, técnicas do uso da terra e das condições de vida das pessoas figuram como indispensáveis no processo de compreensão da influência dos imperativos capitalistas.

No perímetro irrigado de Icó-Mandantes, situado no município de Petrolândia, no Estado de Pernambuco, são identificados sistemas complexos de vulnerabilidades de sua população, em virtude dos processos históricos e atuais, nas condições sociais e na reinserção produtiva de sua comunidade afetada pela construção do reservatório de Itaparica – ainda e fortemente dependente, há quase meio século, de relações e gestões vinculadas à Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf).

O trabalho aqui apresentado tem como objetivo analisar o perímetro irrigado de Icó-Mandantes, em busca de entender as transformações territoriais ocorridas frente aos impactos desencadeados a partir do crescimento demográfico, desde a implantação do projeto pela Companhia Elétrica do São Francisco (CHESF) até hoje, realizando uma análise espaço-temporal de 30 anos, que se conecta, no decorrer dos acontecimentos históricos, com o processo de desterritorialização, vivenciado em sua totalidade pelo município de Petrolândia-PE.

Para isso, foram utilizadas como base de investigação a combinação da análise do território e suas dinâmicas como um todo, tendo como base o Método Historiográfico crítico de José Capistrano de Abreu usado pelos geógrafos Abreu (2010) e Vasconcelos (2002) em suas obras. Este método foi trabalhado à luz de outros autores da geografia, em especial relacionando aportes e categorias da Geografia. Dentre esses autores, destacam-se Milton Santos, Manoel Correia de Andrade e David Harvey, Saquet, Hasbeart.

voltar ao
SUMÁRIO

Nesse sentido, foram abordados conceitos complementares ao de Território como "Desterritorialização e Reterritorialização", que propiciaram uma análise espaço–temporal mais coesa e orientando os conceitos complementares abarcados no entendimento das Dinâmicas Populacionais primaz a esse trabalho, trazidos por Daminai (2011) e Singer (1970). Depois, as metodologias cartográficas de análise de imagem de satélite acopladas ao mapeamento de GIS 10.2.2. Este percurso foi fundamental para a realização deste trabalho de investigação nas escalas sociais e espaciais do perímetro, frente ao município, e deste para com a região sob impacto da barragem Itaparica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O método Historiográfico tem suas origens na Grécia através dos *logógrafos*, primeiros contadores de história nas Ágoras, tendo como tema os mitos da criação grega em forma de prosa para exaltar a formação do povo grego, sendo o primeiro a realizar essa ação Hecateu de Mileto, segundo Burke (2003). Dando continuidade ao desenvolvimento da Historiografia, Heródoto adicionou à prosa histórica a investigação dos fatos orais, mas só Tecípedes, pós V a.c é que foi realizar a primeira obra historiográfica denominada "A história da Guerra do Peloponeso", adicionando aí a investigação crítica, em que já se podia confrontar os fatos orais com as documentações escritas já à época. (BURKE, 200)

O método historiográfico já passou por várias fases, mas o que será usado neste trabalho é o do brasileiro José Capistrano de Abreu, historiador cearense do começo do século XIX, que revolucionou a historiografia brasileira, se utilizando de uma visão mais sociológica, por tratar dos fatos do cotidiano, interdisciplinar, associando a história ao meio geográfico local (base do realismo histórico alemão) e memorialista, sendo esse último aspecto correlato, mesmo que não fazendo parte da época, a escola historiográfica de Anales, em especial a terceira geração, a da "Nova história", que propunha contar os fatos através dos acontecimentos coletivos, também dando vazão para aproveitamento da história oral contada pelos povos indígenas e para as minorias analfabetas do Brasil. Sobre Capristano, Pelleti afirma:

> Podemos dizer que Varnhagen (1981) faz aquilo que Burke (1992) chama de "história vista de cima", ou seja, uma história tradicional concentrada nos grandes feitos dos grandes homens, estadistas, generais, ou ocasionalmente eclesiásticos. Já Capistrano (1988) escreve uma história que ele chamaria de "história vista de

voltar ao
SUMÁRIO

> baixo", isto é, voltada para o povo"(...) a história vista de baixo abre a possibilidade de uma síntese mais rica da compreensão histórica, de uma fusão da história da experiência do cotidiano das pessoas com a temática dos tipos mais tradicionais de história (PALLETI, 2017)

Além de Capristano, a visão de Holanda (1995) e de Burke (1993), enquanto historiadores de base crítica, também serão usadas neste trabalho. Adicionado a eles, as visões geografia-histórica de Maurício de Almeida Abreu (2010) e Pedro Vasconcelos (2002), que foram aplicadas nas cidades do Rio de Janeiro e Salvador, no que, nesse caso, será aplicada a história de Petrolândia, através de iconográfica, documentação livros, projetos, relatos de memórias e vídeos, documentários, entre outras fontes (Figura 1).

Figura 1 – Fonte Iconográfica: Cartaz descrevendo o histórico de mobilização dos reassentados da barragem de Itaparica até 1982.**Fonte:** FETAPE, 2011.

Somam-se os relatos históricos ao uso das metodologias de *Constellation Analyses* (análise de Constelação) , os dados do IBGE , e as imagens de satélites do Google Earth aplicadas aos softwares de ArGis 10.2.2, que mostraram as novas dinâmicas territoriais, tanto da Nova Petrolândia quanto dos Perímetro Irrigados, com relação às dinâmicas populacionais, com essa passagem temporal, entendida de maneira linear e historicamente holística, ou seja, pontuando o espaço temporal de maneira sequencial e acompanhando os momentos

voltar ao
SUMÁRIO

importantes na história do Brasil e do mundo, de maneira integrada aos acontecimentos de Petrolândia.

A fim de se espacializar os dados obtidos junto às instituições e bases de dados geográficos consultados ao longo da pesquisa (Censo 80-2016), foram elaboradas cartas temáticas das condições espaciais do município de Petrolândia (80-2016), compreendendo, desta maneira, o mapeamento das feições superficiais do terreno e dos planejamentos territoriais implementados em seus limites.

Para tanto, foram processadas imagens de satélite obtidas gratuitamente nos catálogos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, Brasil) e do *United States Geological Survey* (USGS, EUA), objetivando-se a plotagem dos dados vetoriais correspondentes ao planejamento territorial de Petrolândia, estando as imagens de satélite inseridas como camada de plano de fundo das cartas, permitindo, assim, a associação espacial dos dados geográficos em uso com as feições observadas na superfície. Os procedimentos de processamento e preparação para uso das imagens de satélite utilizadas no estudo foi realizado no *software* ERDAS IMAGINE 2014, enquanto que o tratamento dos dados vetoriais obtidos e a montagem final dos *layouts* das cartas foi realizada no *software* ArcGIS 10.2.2.

O uso dessa imagem representadas através de mapas se fez crucial para a análise das mudanças territoriais, associadas às dinâmicas populacionais analisadas com os dados do IBGE, principalmente para mostrar as mudanças ocorridas no assentamento de Icó-Mandantes e os trechos periféricos de Petrolândia, áreas onde as mudanças se mostraram mais visíveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

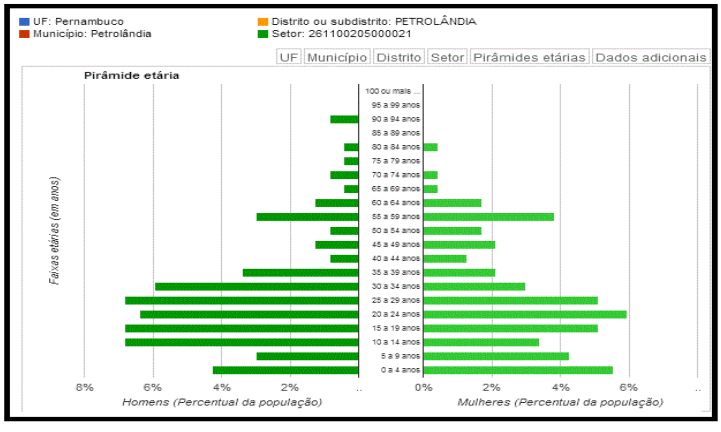
A Agrovila 10, que faz parte do conjunto de Agrovilas do Bloco 3 de Icó-Mandantes (Limão Bravo), é considerada uma das agrovilas mais prósperas desse assentamento, devido ao baixo número de homicídios. Constata-se apenas 1 homicídio nessa passagem de quase 20 anos e, devido ao desenvolvimento do próprio espaço, contendo hoje: 2 armazéns de construção; uma escola Fundamental I e II; capela e posto de saúde móvel. **(**Figura 2**)**

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 2: Igreja da Agrovila 10.**Fonte**: Marina Loureiro, 2014.

Demograficamente, a Agrovila 10, com 235 residentes, possui uma estrutura populacional, de acordo com Sinopse por Setor –IBGE (2010), formada principalmente por adultos de 25-29 anos e jovens de 15-19 anos, constituindo, assim, um número de 7 % de PEA da agrovila. Contudo, o gênero masculino ainda se faz predominante nesse pequeno espaço, sendo composto por 53,6 %, contra 46,3% de mulheres viventes, estas sendo a maioria da faixa etária jovem (20-24), representado pela porcentagem de 5%. **(**figura 3**).**

A população total do micro espaço analisado, apesar de representar uma fração de 0,7% da composição total da população de Petrolândia, espacialmente em termos de área, representa um volume significativo para o espaço delimitado, se adensando em 1600 hab. /km2, em comparativo que população de Petrolândia mais espalhada se adensa apenas em 30,75 hab./km 2, refletindo, assim, no aumento que houve de famílias, antes 50, hoje quase 70 no espaço delimitado. **(**figura3**).**



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 3-Adaptado do Sinopse do Setor 021 **Fonte**: IBGE , 2010.

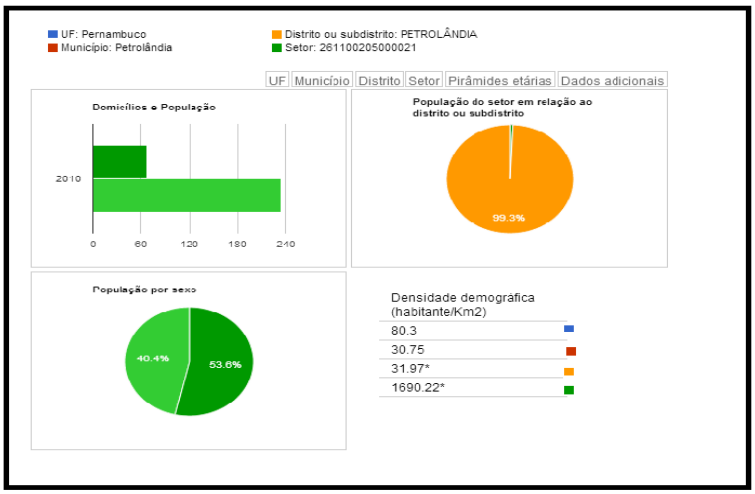


Figura 3-Adaptado do Sinopse do Setor 021. **Fonte:**IBGE, 2010.

Há também um padrão de crescimento, seguido pelas outras Agrovilas, principalmente as do Bloco 4, que, como já afirmou Melo (2015), possuem infraestrutura melhor. Um exemplo claro de transformação do território junto com o aumento populacional é retratado no Mapa 2, que mostra um processo de "conurbação" da Agrovilas 1 e 2 que no espaço de tempo de menos de 18 anos (Bloco assentado em 1998), expandiram bastante, no sentido de ocupar as áreas sentido o lago de Itaparica e o território das outras agrovilas também. Em termos populacionais, as Agrovilas do Bloco 4 concentraram mais pessoas, já que se fundiram, possuindo 470 habitantes. Entretanto, a densidade para 1555hab/km² (Sinopse por Setores IBGE,2010) é tão densa quanto Agrovila 10, que também está aumentando a população, expandindo no sentido de outras agrovilas.

Com relação ao processo de transformação territorial, relacionado ao crescimento da população em Petrolândia, os mapas (Mapa 03 e Mapa 04) complementam o entendimento de expansão da cidade, já afirmada tanto pelos moradores locais como corretor entrevistado em 2014, em geral, nos últimos 10 anos, no sentido Noroeste e Sudoeste: pelos bairros periféricos das quadras 17, 16, 14 se destacam, chegando a se encontrarem com o bairro Nova Esperança, antigo bairro dos "sem teto", devido à vinda da geração jovem dos antigos reassentados e os trabalhadores das cidades próximas que vêm já pela oportunidade das obras do Eixo Leste da Transposição do rio São Francisco.

voltar ao
SUMÁRIO

No sentido Sul e Nordeste: pelos bairros CS, 3, 2 Miniquadra, bairros da orla, relacionado com a proximidade ao uso de lazer do elemento da água, esse território já antigo de frequentadores e moradores de classe média e média alta, passa por um aumento de restaurantes e casas, chegando a terem um aumento de preços de casa de 100 para 200 mil reis, uma especulação clara em local que promete ainda grandes transformações.

Desse modo, uma comparação conclusiva das transformações territoriais apresentadas nos últimos 30 anos desde a mudança da Petrolândia para o novo território, é da expansão para as áreas de rio, para resgatar o contato com a água que tinham antes do deslocamento abrupto de muitos kms feitos de um local para outros, e do intenso adensamento populacional, verificados pela vinda de novos moradores forasteiros e pelo crescimento das famílias nas áreas, podendo em quadro futuro próximo afetar a relação interna desse local, que passará a modificar o espaço negativamente através de aumento de lixo e da já diminuição de áreas verdes, esgotamento do solo e até mesmo conflitos sociais, esses hoje diminuindo investimento em infraestrutura feito nesses espaços geográficos para atender esses outros perfis de trabalhadores e moradores em diferentes contextos e agravados pelo quadro de crise proporcionado pela questão econômica (ANTUNES, 1999), questão essa que ainda é marcada por problemas estruturais advindos com a construção da barragem.

Já em termos de dinâmicas populacional *per si*, em Icó-Mandantes, quando se comparar em termos de pirâmide de Petrolândia, se nota ainda uma pirâmide de país subdesenvolvido com predominância de jovens, mas caminhando lentamente. Há um padrão contínuo de mudança populacional, de acordo com o padrão mundial, tendo futuramente mais idosos e adultos e menos crianças e jovens nesse subespaço.

voltar ao
SUMÁRIO

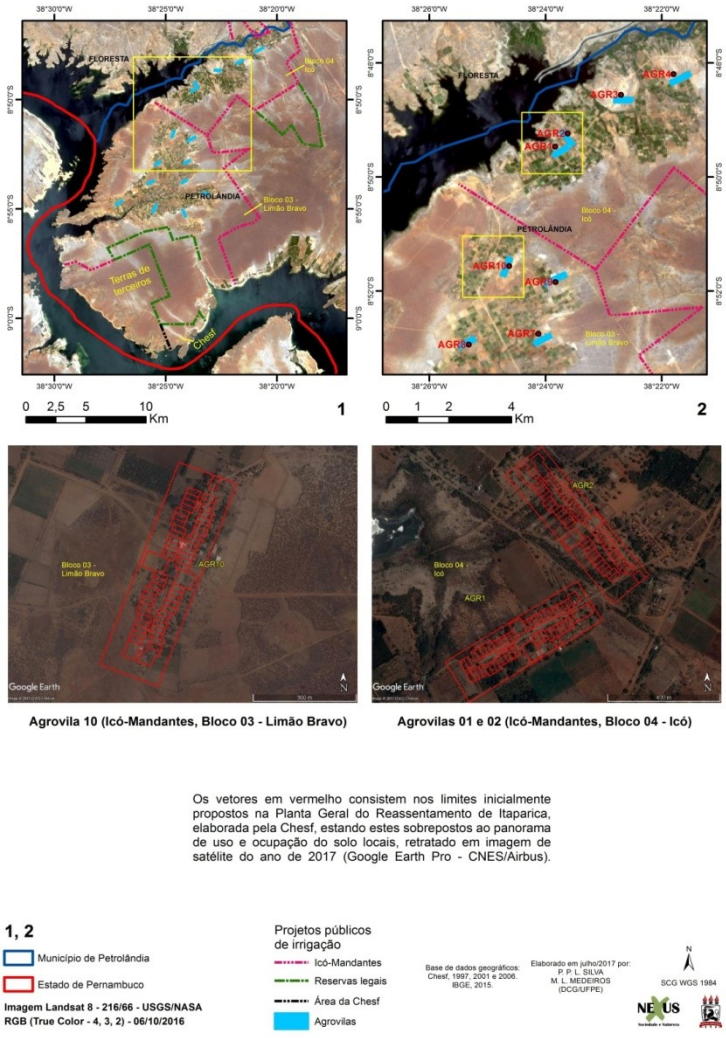


Figura 5-Mapa de Transformação do Território. Icó-Mandantes (Agrovila 1,2,1). **Fonte:** Imagens Landsat8. Elaborado em julho de 2017 por: P.P.L Silva e a autora.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dinâmicas demográficas do subespaço, principalmente, das Agrovilas 10, 1 e 2 do Assentamento Icó-Mandantes, durante os últimos 30 anos, mostram o aumento da população e, simultaneamente aos relatos dos moradores, uma maior permanência no local, mostrando o adensamento populacional nessas áreas em direção a outros assentamentos e ao rio, local onde foram 300 km deslocados (SCOOT,2013). Isso se deve, essencialmente, às melhorias nos 10 anos de aumento no número de programas assistencialistas, como Bolsa Família e o PSF móvel que circula com bastante regularidade nessa localidade.

voltar ao
SUMÁRIO

Agregado a isso, o aumento de objetos fornecedores de trabalhos, como o armazém de construção e forte relação com a comunidade e a escola local que, além de garantir trabalho para as pessoas da Agrovila, instrui a população futura que não se sente mais impelida a sair daquele local, atrelado também ao desenvolvimento de novas tecnologias nesse campo que o tornaram mais rentável. Contudo, a existência de problemas básicos, como lixo, não legalização das terras no local, nos faz lembrar sempre das problemáticas estruturais ainda não resolvidas em 30 anos, no caso de Itaparica.

Em termos das mudanças ocorridas na área urbana do município em si, o que se nota são mudanças comuns a outras cidades interioranas, onde o adensamento periférico, bem como sua expansão, é criado pela evasão do campo desestruturado e pelos pequenos empregos advindos de obras federais, aumentando os problemas de infraestrutura, como excesso de lixo e falta de equipamentos mínimos, problemas esses já existentes na situação passada nesses locais, como nos locais de onde vieram esses moradores. Em contrapartida, os bairros próximos ao rio passampor um outro tipo de expansão, uma expansão onde os atores sociais mais abastados têm movimentado a especulação local de ocupação de lazer, o que faz refletir em outras transformações na cidade que podem ser negativas para os antigos moradores de áreas centrais, que podem se sentir impelidos, no futuro, de frequentar o local.

As mudanças foram diversas. O município mudou de nome, de território, transformou-se em termos de crescimento urbano e populacional, e não foi "Reterrirorializado" como define Deluze e Guatarri (1997), já que não se sentem parte em termos de construção e gestão de poder desse novo território. As Conclusões absorvidas ao longo da escrita, foram apresentadas, durante esse trabalho, através do uso dos métodos primários e secundários de entrevistas e de análise de dados estatísticos históricos do IBGE, entrevistas em campo, ao resgate historiográfico pertinente, aplicando -as metodologias apresentadas o que gerou mapas e o quadro de Análise de Constelação.

Pode ser visto desse modo, saldos positivos, como novos postos de saúde, universidade e maior produtividade agrícola em alguns assentamentos. Entretanto, com os outros aspectos de infraestrutura geral, já explicitado, se transforma em um alerta para as autoridades locais, apresentando-se assim como saldos negativos. Em suma, há a necessidade de revisitação das formas e estratégias de gestão dos assentamentos e suas agrovilas, em vista do seu crescimento populacional, que é desproporcional, e com gestão também integrada,

voltar ao
SUMÁRIO

ligada ao futuro dos jovens e comunidades locais, e produção de econômica de comércio justos, em ambos territórios, sob pena de potencialização e surgimento de novas adversidades socioambientais e econômicas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, fomentador das várias pesquisas de PIBIC base desse trabalho e ao IBGE que muito contribuiu com as técnicas de coleta dedados populacionais. Por fim, aos auxílios pessoais de Pedro Paulo Silva Lima com o mapa produto fim desse trabalho e a Profa. Dra. Edvânia Tôrres Aguiar Gomes, coordenadora das pesquisas no NEXUS: Sociedade e Natureza bem como a todo seu grupo.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, Mauricio de Almeida. **Geografia Histórica do Rio de Janeiro (1502-1700).** vols. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio & Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, 2010.

AB'SABER, Aziz. **Sertões e Sertanejos:uma geografia humana sofrida**. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, maio-agos. 1999.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISA DE PERNAMBUCO– Condepe-Fidem.http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/conteudo_site2.aspx. Acessado em 4 de julho de 2013.

ANDRADE, Manuel Correia de. **Latifúndio e reforma agrária no Brasil.** São Paulo: Duas Cidades, 1980.
ANTUNES, R**. Os sentidos do trabalho**. São Paulo: Boitempo, 1999.

ARAÚJO, G. J. F .**Desafios e Perspectivas da água de Coco em Projetos de irrigação na região do Semiárido-reflexões a partir de Petrolândia , Pernambuco**. Tese de Doutorado. Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Recife: 2017.

Arquivos IBGE 1959. http://blogdogiesbrecht.blogspot.com.br/2013/10/petrolandia-onde-cidade-e-ferrovia.html.Acessado em Julho 15 de 2017

ARAÚJO, Maria Lia Corrêa de; CALDAS NETO, Magda; LIMA, Ana Eliza Vasconcelos (Org.). **Sonhos submersosoudesenvolvimento?: impactos sociais da barragem de Itaparica.**Recife: Massangana, 2000.

BRITO, F. B. de. **Conflitos pelo acesso e uso da água**: integração do rio São Francisco com a Paraíba (Eixo Leste). Porto Alegre: O autor, 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

BURKE, Peter (org.). **A Escrita da história: novas perspectivas.** São Paulo: Editora daUniversidade Estadual Paulista, 1992.

BULHÕES,T. R.F. **Estudo das Dinâmicas de Emprego e Renda da Nova Petrolandia-PE. Monografia.** Departamento de Ciências Geográficas .Recife : 2014

CARVALHO, R. M. C. M. de O. **Avaliação dos perímetros de irrigação na perspectiva da sustentabilidade da agricultura familiar no semi-árido Pernambucano.** Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em engenharia civil. Recife: 2009.

Censo demográfico 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtmftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2000/Dados_do_Universo/Agregado_por_Setores_Censitarios> Acesso em Julho de 2014.

CHESF (1985):**Reservatório de Itaparica - Plano de Desocupação**. Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, Recife, setembro.

CODEVASF. **Pré-diagnóstico Socioeconômico Ambiental do Perímetro Icó-Mandantes.** Petrolândia. 2007

COSTA. Perreira.**Anais Pernambucanos**. Ed: 10,1998

CUNHA, P. P. **Responsabilidade social corporativa: a memória do programa de reassentamento dos atingidos pela barragem da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga (ex-itaparica).** Dissertação de mestrado. Escola Brasileira de Administração Pública – EBAPE da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Rio de Janeiro: 2012.

DAMIANI, Amélia Luisa. **População e Geografia.** 9ª ed. São Paulo: Contexto, 2011.

DELUZE ,G e GUATARI,F. **Mil Platôs: capitalismo e esquizofrenia.** Vol. 5. Rio de Janeiro: Ed. 34.1997

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 5
ANÁLISE QUALITATIVA DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ÁREAS VERDES NA CIDADE DE RECIFE POR SENSORIMANTO REMOTO

QUALITATIVE ANALYSIS OF THE SPACE-TEMPORAL VARIATION OF GREEN AREAS IN THE CITY OF RECIFE BY REMOTE SENSING

Sidney Henrique Campelo de Santana*, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva, Jadson Freire da Silva, Josimar Vieira dos Reis, Maria Lucielle Silva Laurentino.

*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. E-mail: sidneysantana.geo@gmail.com** (Autor Correspondente)

RESUMO
As construções urbanas provocam impactos no microclima das cidades, que podem ser atenuados pela presença da vegetação, contribuindo na amenização climática devido à interceptação dos raios solares, criando áreas de sombra, reduzindo a temperatura do ambiente. Nesse sentido, o estudo da vegetação envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto tem como princípio fundamental a compreensão dos aspectos visíveis que uma determinada cobertura vegetal apresenta num produto obtido a partir de técnicas de sensoriamento remoto, tendo em vista que a aparência da vegetação decorre de complexos processos que envolvem vários parâmetros e fatores ambientais. A utilização de técnicas de sensoriamento tem sido bastante utilizada no estudo da vegetação notadamente devido a sua interação com a radiação eletromagnética no processo fotossintético. Por essa razão este trabalho tem como objetivo aplicar o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) com um fator de correção atmosférica, obtendo com isso um produto final denominado SARVI, da cidade do Recife-PE. Os resultados do índice variaram entre 0 e 0,49. De acordo com a interpretação visual do SARVI, de 1991 a 2005 a distribuição da vegetação no município sofreu redução, com indícios de que foi suplantada pelo processo de urbanização, em grande parte cidade. No entanto, em áreas de fragmentos florestais, o índice mostra que as áreas de vegetação tornou-se mais densa ao longo dos anos considerados.
Palavras-Chaves: sensoriamento remoto, índices de vegetação, urbanização.

ABSTRACT
The urban constructions cause impacts in the microclimate of cities, which can be attenuated by the presence of vegetation, contributing to the climatic mitigation due to the interception of the solar rays, creating areas of shade, reducing the temperature of the environment. In this sense, the study of the vegetation involving the application of remote sensing techniques has as fundamental principle the understanding of the visible aspects that a certain vegetation cover presents in a product obtained from remote sensing techniques, considering that the appearance of the vegetation takes place of complex processes involving various parameters and environmental factors. The use of sensing techniques has been widely used in the study of vegetation notably due to its interaction with electromagnetic radiation in the photosynthetic process. For this reason, this work aims to apply the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) with an atmospheric correction factor, obtaining a final product called SARVI, from the city of Recife-PE. The index scores ranged from 0 to 0.49. According to the visual interpretation of SARVI, from 1991 to 2005 the vegetation distribution in the municipality was reduced, with indications that it was supplanted by the process of urbanization, in a large part of the city. However, in areas of forest fragments, the index shows that vegetation areas became denser over the considered years.

Keywords: remote sensing, vegetation indexes, urbanization.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O intuito fundamental de se estudar vegetação envolvendo a aplicação das técnicas de sensoriamento remoto, segundo Ponzoni (2002), tem como princípio a compreensão da "aparência" que uma determinada cobertura vegetal assume em um dado produto de sensoriamento remoto, a qual é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais.

O comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna. Desde que as características da folha são geneticamente controladas, existirão portanto diferenças no comportamento espectral entre grupos geneticamente distintos (PONZONI, 2002). A assinatura espectral da vegetação, considerada em estudos, tem como fator principal as atividades fotossintéticas e os níveis pigmentares, o que Jensen (2009) define como: "Principais fatores que controlam a reflectância foliar".

De acordo com Ponzoni (2002), a interpretação e da aparência de um dossel vegetal ou de um dado radiométrico proveniente desse mesmo dossel, presentes em uma imagem orbital, não pode ser realizada apenas considerando a reflectância espectral de alguns elementos da vegetação (folhas, flores, galhos, troncos, frutos etc.).

As geometrias de iluminação e visada, ou seja, o ângulo, por exemplo, da iluminação reincidente com a posição do sensor, a densidade destes elementos da vegetação (muitas vezes expressa pelo Índice de Área Foliar - IAF), suas orientações espaciais e as características espectrais do solo, a qual varia de acordo com a suas propriedades, no qual a vegetação se desenvolve, são outros fatores que exercem influência sobre a reflectância espectral da vegetação. Apesar disso, as propriedades espectrais das folhas que constituem um dossel são os fatores mais influentes na sua reflectância, por ser a folha o principal elemento da planta sob ponto de vista da interação da REM com a vegetação.

Quanto ao nível orbital, Ponzoni (2002) aborda em sua obra os diversos sensores de estudos meteorológicos e de recursos naturais incluindo, naturalmente, a vegetação. Dentre tais sensores, se encontra a série Landsat, na qual o sensor TM do Landsat 5 é o um dos mais bem sucedidos, pois essa missão estreou em 1884 e seus dados foram utilizados até 2005.

voltar ao
SUMÁRIO

Contrapondo, no entanto, as ideias deste autor, pode-se afirmar que, mesmo o sensor TM não apresentando tanta precisão em seus resultados, seus produtos ainda são bastante utilizados no que diz respeito ao estudo da vegetação. As bandas mais utilizadas nos estudos da vegetação são as banda 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo). Em meio a vários trabalhos aplicados à vegetação, se enquadram as análises feitas em fragmentos florestais em áreas urbanas.

Dentre os estudos realizados em fragmentos de mata utilizando sensoriamento remoto, podemos destacar o de Ranta *et al*. (1998), que realizou o primeiro mapeamento de fragmentos de mata atlântica na região sul de Pernambuco, e o de Silva et al. (2015) que mapearam e aplicaram índices de vegetação para a área correspondente ao Porto de Suape, fundamentado em sensoriamento remoto orbital e técnicas de geoprocessamento.

Segundo Epiphanio et al., (1996), a vegetação é um alvo complexo do Sensoriamento Remoto. Esta apresenta diversas propriedades de reflexão foliar em um mesmo indivíduo, vários componentes refletores, não uniformidade de estrutura entre os dosséis, além de assentar-se sobre um substrato constituído de solo ou matéria orgânica que, por sua vez, apresentam propriedades de reflexão própria, influenciando no processo de medição para a modulação das propriedades de reflexão da vegetação.

Sendo assim, para amenizar a influência dos fatores externos nos estudos da reflectância da vegetação, pesquisadores como Rouse et al. (1974), Huete (1988), Allen et al. (2002), entre outros, fizeram uma série de combinações entre intervalos da faixa espectral da vegetação, de modo que realçasse o brilho vegetal, contrastando com outros elementos da superfície. Esses empenhos resultaram no que se conhece como Índices de Vegetação.

Tais índices trabalham com as informações vegetais encontradas na faixa do vermelho e infravermelho próximo, por essência, devido ao fato de que as faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas, por conter mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação. Sendo assim, estes índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos da mesma, como o Índice de área foliar (IAF), atividade fotossintética, entre vários.

Em outras palavras, Jensen (2009) afirma que os índices de vegetação são importantes para maximizar a sensibilidade a parâmetros biofísicos das plantas; normalizar os efeitos internos, tais como variações no substrato abaixo do dossel, incluindo topografia, solos e

voltar ao
SUMÁRIO

diferenças quanto à vegetação senescente ou presença de ramos lenhosos; ser acoplável a algum parâmetro biofísico mensurável, tais como a biomassa, o IAF ou AAPAR, para fins de validação e de controle de qualidade.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi aplicar uma modificação do Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), incluindo um fator de correção atmosférica, obtendo com isso um produto final denominado SARVI da cidade do Recife-PE. Dessa forma, este trabalho pode gerar produtos que serão úteis para o planejamento e monitoramento ambiental da vegetação na cidade de Recife.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram adquiridas imagens de satélites Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*), de órbita e ponto: 214 – 66, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, que contemplam o município de Recife, referentes aos anos de 1991, 2005, 2007 e 2010.

Como etapas do processamento destas cenas foram feitos o empilhamento das bandas, cálculo de radiância, cálculo de reflectância, para, posteriormente, ser aplicado o SARVI. Este índice se diferencia do SAVI por incluir um fator de correção atmosférica (L = 0,5), além da normalização da banda azul (HUETE & LIU, 1994), resultando na seguinte equação:

$$SARVI = \frac{r_{p4} - r_{p3} r_{p1}}{r_{p4} + r_{p3} r_{p1} + L} \quad (1)$$

Em que: r_p é o valor de reflectância referente a cada banda, sendo o algarismo que acompanha a variável, o número que representa a banda. L é o fator de ajuste do solo, considerado como 0,5, nesse estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, a figura 1 mostra a aplicação do SARVI, com classificação supervisionada, para as imagens registradas nos quatro anos em Recife. Para melhor apresentar os resultados, a imagem com os índices foi classificada sobre uma composição RGB.

voltar ao
SUMÁRIO

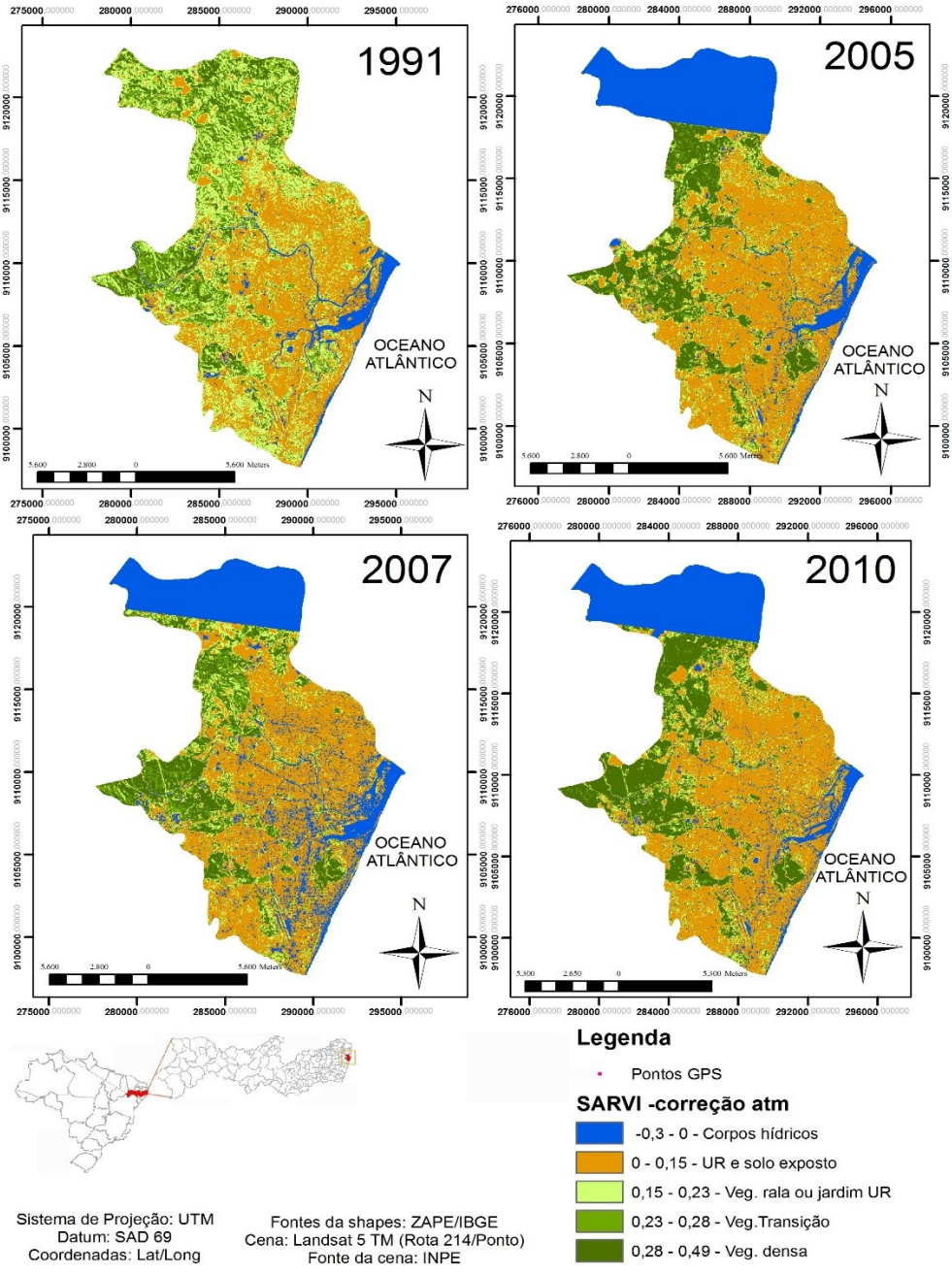


Figura 1: Aplicação do SARVI nos quatro anos em Recife. **Fonte:** elaborado pelos autores.

De acordo com a interpretação do SARVI, de 1991 para 2005 a distribuição da vegetação no município de Recife reduziu, em maior parte cidade. No entanto, as áreas de fragmentos florestais ganharam densidade ao longo dos anos considerados. De 2005 para

voltar ao
SUMÁRIO

2007, estas áreas perdem densidade arbórea. Já de 2007 para 2010 as concentrações com vegetação densa voltam a expandir-se, contudo, a área verde na cidade decresce ainda mais.

O SARVI mostrou oscilação no que diz respeito a vegetação densa, o que não significa dizer que a biomassa realmente sofreu tal oscilação na realidade. Esse fato evidencia a importância do trabalho conjunto entre os IVs e com o IAF, a fim de confrontar os resultados e analisar o desempenho espaço-temporal de tais IVs.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela aplicação do SARVI apresentam coerência com a lógica da evolução da área urbana de Recife. Entretanto, se faz necessário a inclusão de informações sobre o crescimento da cidade, para apoiar o que apresenta o índice. Além disso, inserir o crescimento da cidade no contexto histórico e social, assim como, a investigação da situação climática e ambiental durante o período avaliado proporciona a realização de um estudo mais completo e integrado, acarretando maior robustez nos resultados. A ferramenta, portanto, mostra-se de valioso apoio a pesquisas e monitoramento ambientais.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de apoio. Ao Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) pela disponibilização do espaço de trabalho e softwares.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G., TASUMI, M. TEREZZA. R. **Sebal (Surface Energy Balance Algorithms for Land)** – Advanced Training and User Manual – Idaho Implementation, version 1.0. 2002.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

HUETE A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment, v.**25 p.295-309. 1988

voltar ao
SUMÁRIO

HUETE, A. R. LIU, H. Q. Na Error and Sensitivity Analysis of the Atmospheric and Soil-Correcting Variants of the NDVI for the EOS-MODIS. Remote Sensing of Evironment, v.22 p. 421 – 435. 1994

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto Do Ambiente: Uma Perspectiva Em Recursos Terrestres.** Tradução José Carlos Neves Epiphanio (Coord.)...[Et Al]. São José Dos Campos: Parêntese, 2009.

MARTINS, S.V. **Monitoramento da arborização de ruas de Belo Horizonte.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2, 1994, São Luís. Anais... São Luis/MA: SBAU, 1994. p.421-430.

PONZONI, F.J. 2002. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica. V Curso de uso e sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente.** São José dos Campos. Cap. 8, INPE. p. 8-27.

RANTA, P.; BLON, T.; NIEMELÃ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain Forest of Brazil: size, shape and distribution of Forest fragments. **Biodiversity and Conservation**. V. 7: p385-403.1998.

ROUSE, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, D. C., 1973. Proceedings. Washington, D. C.: NASA. Goddart Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309- 317. (NASA SP-351). Tucker, C.J. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation, **Remote Sensing of Environment,** N.8, 1979, pp.127-150.

SILVA, E.R.A.C; GALVÍNCIO, J. D; BRANDÃO NETO, J. L; MORAIS, Y. C. B. Space-Time Analysis of Environmental Changes and your Reflection on the Development of Phenological of Vegetation of Mangrove. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences.** V. 04, 1, p. 245-253. 2015

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 6
AS NOVAS PERSPECTIVAS DO SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS PLÉIADES

THE NEW PERSPECTIVES OF THE REMOTE SENSING IN BRAZIL: ANALYSIS OF THE PLÉIADES IMAGES

Pedro Paulo Lima Silva[2], Jadson Freire da Silva[1], Josimar Vieira dos Reis[3], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[4], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[5]

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[2]
Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[3]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[4].
Professora do Instituto Federal do Maranhão – IFMA, Instituto Federal do Maranhão, Brasil[5]

RESUMO
O Sensoriamento Remoto (SR) nos dias atuais é uma relevante ferramenta que contribui com as análises e pesquisas em todo globo. No Brasil não é diferente, usa-se o SR para monitoramentos terrestres, aquáticos e antrópicos. O projeto Landsat, um dos mais antigos em curso, serve de base para pesquisas acadêmicas e trabalhos técnicos; a gratuidade e sua vasta série de dados fizeram deste satélite de total importância para os estudos ecossistêmicos. Entretanto, para análises de territórios de interesse em pequena escala, os satélites gratuitos tal como o Landsat mantêm resultados não satisfatórios, fruto da sua resolução espacial de médio porte. Assim, o Instituto de Pesquisas Espaciais e outros departamentos governamentais brasileiros verificaram a necessidade de fazer aquisições de produtos de alta resolução (RapidEye, Pléiades, SPOT) e junto as novas tecnologias e satélites lançados nos anos 2000, alternativas para estudos aplicados emergem. Diante do contexto, é imprescindível conhecer as características gerais desses novos satélites, para que haja melhor entendimento e compreensão do produto. Em face do exposto, esse trabalho tem objetivo principal de analisar as características gerais do satélite de alta resolução Pléiades, apresentando informações pertinentes no que tange ao SR para o território brasileiro.
Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Alta Resolução, Brasil.

ABSTRACT
The Remote Sensing (RS) nowadays is a relevant tool that contributes to the analysis and research across the globe. In Brazil, it is no different; RS is used for terrestrial, aquatic and anthropic monitoring. The Landsat project, one of the oldest in progress, serves as the basis for academic research and technical work; the gratuity and its vast series of data made this satellite of total importance for the ecosystem studies. However, for analyzes of small-scale territories of interest, free satellites such as Landsat maintain unsatisfactory results because of their medium-sized spatial resolution. Thus, the Institute for Space Research and other Brazilian government departments verified the need to purchase high-resolution products (RapidEye, Pleiades, and SPOT) and, together with the new technologies and satellites launched in the 2000s, alternatives to applied studies emerge. Given the context, it is imperative to know the general characteristics of these new satellites, so that there is better understanding of the product. In the face of the above, this work has the main objective of analyzing the general characteristics of the satellite of high resolution Pléiades, presenting pertinent information regarding RS for the Brazilian territory.
Keywords: Remote Sensing, High Resolution, Brazil.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto vem trazendo para a sociedade diversas benesses no que refere a gestão territorial e tomada eficiente de decisão. Observa-se trabalhos sobre a temática aplicados nos recursos hídricos, expansão agrícola, áreas urbanas, evapotranspiração, temperatura de superfície, entre outras análises (SILVA et al., 2018; TIGGES, LAKE, HOSTERT, 2013). Entretanto, o Sensoriamento Remoto mantém uma história que data a metade do século XX.

A popularidade do Sensoriamento deu-se em meados de 1960 e 1970 a partir do início do projeto Landsat. Liderado pelo Serviço Geológico Norte Americano e NASA, as imagens Landsat embasaram uma elevada quantidade de trabalhos técnicos e científicos, onde sua disponibilidade territorial e a facilidade de informações para obtenção de produtos orientaram a atuação de centros de pesquisas em todo o globo. No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE incentivando a pesquisa, adquiriu as imagens para todo o território e assim promoveu e promove a geociência de forma contínua.

Nos dias atuais, devido a necessidade em detectar de pequenos ambientes, os satélites de alta resolução vêm ganhando notoriedade na segunda década dos anos 2000, contudo a sua disponibilidade gratuidade ainda é uma dificuldade observada, uma vez que muitos satélites são de procedência comercial e seus elevados preços ainda são um empecilho para manutenção perene de pesquisas. O governo federal sendo representado pelos grandes órgãos nacionais (Ministério do Meio Ambiente – MMA, INPE) vem mudando esse cenário, adquirindo uma série de produtos oriundos dos satélites de alta resolução (RapidEye, Pléiades, SPOT), entretanto, a sua solicitude ainda não é tão popular quanto a do Landsat, por exemplo (BRASIL, 2016).

Compreendendo a relevância que o Sensoriamento proporciona para o ambiente nos dias de hoje e sua importância para o monitoramento do território brasileiro, é de grande necessidade conhecer o que há de novo no tema bem como as características sensíveis contidas; ou seja, é fundamental que critérios como disponibilidade de dados, gratuidade, intervalos espectrais, resolução espacial e resolução temporal dos novos satélites sejam entendidas, para que assim haja uma adequada utilização da ferramenta. Isto posto, esse trabalho tem como objetivo analisar as características do satélite de alta resolução Pléiades,

voltar ao
SUMÁRIO

apresentando informações pertinentes no que tange ao sensoriamento remoto para o território brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão bibliográfica é o procedimento metodológico principal deste trabalho, tendo como objetivo descrever e representar os documentos de forma sistemática e padronizado para facilitação de seu resgate e consulta. Segundo Iglesias e Gomes (2004) o objetivo da revisão bibliográfica é representar a informação contida, sendo consequência a disponibilização de seu conteúdo. Assim, realizou-se uma busca para obtenção de artigos científicos utilizando os sites da CAPES, Scielo e nas bases como o Google Academics. Sobre as imagens de satélite, coletou-se para o satélite Landsat a cena da data 21/07/2016 (Path: 221, Row 71); sendo disponíveis gratuitamente no site *https://earthexplorer.usgs.gov*. As imagens Pléiades foram adquiridas para área referente ao Lixão da Estrutural (DF – Brasil) na data 11/07/2016 de forma gratuita no sítio virtual *http://www.dgi.inpe.br/catalogo/#*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema espacial de observação terrestre denominado projeto Pléiades é liderado pela França por intermédio da Agência Espacial Francesa (CNES), sendo considerado o sistema de observação de maior resolução desenvolvido pelo continente europeu (LEBÈNGUE, 2012). Seus lançamentos (em Korou – Guiana Francesa) foram datados em dezembro de 2011 e 2012 (Pléiades 1A e 1B, respectivamente), no qual os satélites que foram lançados são idênticos, estando distantes um para com o outro em apenas 180º; característica essa que indica a operação dos satélites em constelação ocupando a mesma orbita (ASTRIUM, 2012). Ágeis, ambos satélites conseguem produzir imagens de alta resolução diariamente, aspecto primordial para diversos usos cíveis ou de defesa global.

Sobre as características gerais, verifica-se como resolução espacial do satélite o alcance de 0,5 metros para a imagem pancromática e 2,0 metros para a multiespectral, sendo conceituado de altíssima resolução; os valores superam a qualidade das imagens oriundas do Landsat e RapidEye, satélites com maior popularidade em relação ao uso no Brasil. O sensor acoplado ao satélite Pléiades, o HiHI (*High-Resolution Imager*) fornece cinco (5) bandas

voltar ao
SUMÁRIO

espectrais, sendo estas: pancromática (PAN), azul (Blue-B), verde (Green – G), vermelho (Red – R) e infravermelho próximo (*Near Infrared Region* – NIR) (Tabela 1) (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1 – Características gerais do Satélite Pléiades

Pléiades (1A - 1B)				
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal
HiRI (*High-Resolution Imager*))	PAN	470-830 nm	0,5 m	1 dia
	Azul	430-550 nm	2 m	
	Verde	500-620 nm		
	Vermelho	590-710 nm		
	Infravermelho próximo	740-940 nm		

A alta resolução observada no Pléiades acompanha satélites conhecidos no Sensoriamento Remoto tais como QuickBird, IKONOS, SPOT e Geoeye; contudo, são variados os atributos que o diferencia dos satélites citados. Além da capacidade de aquisição das imagens na forma diária (Tabela 1), o satélite consegue revisitar qualquer ambiente da terra duas vezes no mesmo dia, podendo até executar imageamento emergenciais, caso este venha a ser pedido em até duas horas de antecedência (ASTRIUM, 2012). No entanto, uma das grandes vantagens observadas no Pléiades sãos as formas de imageamento; segundo Lebèngue (2012) os diversos requisitos dos imageamentos foram definidos a partir de uma série de estudos de usuários de diferentes espaços, complexidade tecnológica, aplicações de imagens e capacidade de processamento, dessa forma, conseguindo atingir várias esferas de interesse.

Segundo Perko (2014), as formas ou os modos de imageamento observadas são verdadeiramente a apresentação da inovação em significância, apresentando desta forma, potencial diferencial dentre os outros satélites. A capacidade de coletar entre 15 a 20 alvos dentro da distância de 1,000 km por 1,000 km em um corredor de 30º (denominada de *Target Collection*); o imageamento em grandes tiras (tipicamente 5 por orbita), formando mosaicos completos em alta resolução (variando de 100 a 150km no mesmo passe) denominado *Sigle Pass – Strip Mapping*; a habilidade de adquirir três (3) imagens na mesma órbita (conhecida

voltar ao
SUMÁRIO

como *Stereo & Tri-Stereo*) através de uma trilha deslize (frente – nadir – verso) para acurácia de produtos 3D; o modo corredor (*Corridor Acquistion*), criado para monitoramento de regiões de interesse em linha, tal como fronteiras, tubulações, rios, margens e o modo de vigilância persistente (*Persistent Surveillance Mode*), que coleta até 25 imagens do mesmo local para verificação da velocidade e direção de alvos em movimento (ASTRIUM, 2012; PERKO, 2014) fazem do Pléiades um relevante um satélite com produtos importantes para análises ambientais no geral (DNIT, 2015).

As características citadas anteriormente se devem pela elevada competência e agilidade do Pléiades em coletar informações, e isso é reflexo da atuação do Giroscópio de Controle de Momento (*Control Moment Gyroscope*) – CMD contido no mesmo. Utensílio que segundo o laboratório de controle aplicado - LCA/USP (S/d) serve para controle de atitude dos satélites, estabilização de automóveis e minimização do balanço de navios com portes maiores. O CMD no satélite Pléiades fez dele mais ágil que outros satélites que não possuem o utensílio, permitindo desse modo, que mais imagens sejam coletadas na mesma orbita e como consequência disto uma maior probabilidade de aquisição de imagens isentas de nuvens e o favorecimento de diferentes interesses para o mesmo território (ASTRIUM, 2012). A Figura 1 e 2 comparam a qualidade da resolução espacial em relação ao Landsat.

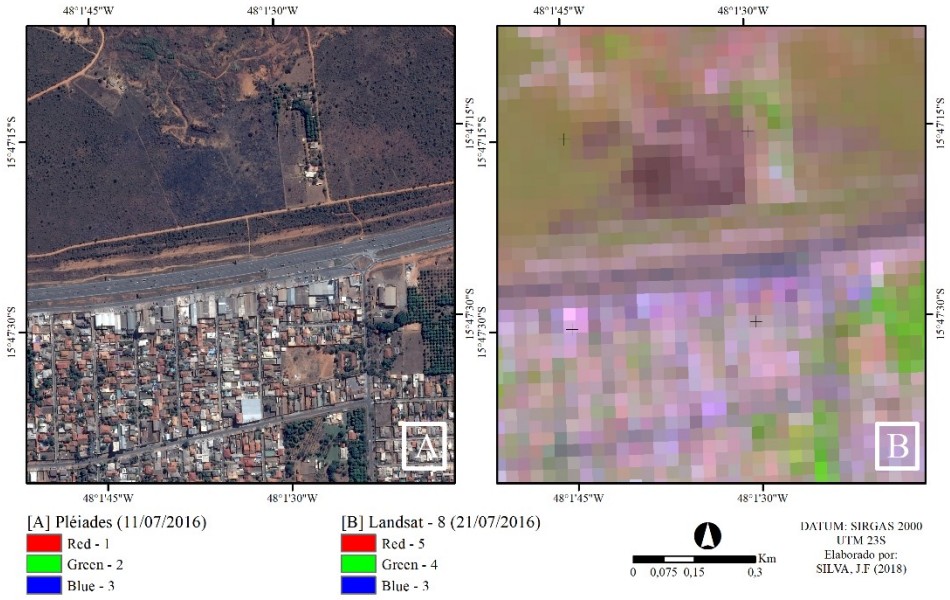


Figura 1 – Brasília (DF) Visualização espacial das imagens Pléiades (A) e Landsat – 8 (B). Fonte: INPE.

voltar ao
SUMÁRIO

Superioridade de resolução Pléiades é verificada mediante a visualização da Figura 1 sendo também constatada no trabalho de Herold (2018), quando o pesquisador verificou competência das imagens Pléiades no monitoramento de uso de solo. Sua aplicação em ambientes urbanos é notada na publicação de Abuelaish (2018), onde as utilizações das imagens monitoraram mudanças de uso do solo na faixa de Gaza, uma conhecida zona de conflitos. Todavia, é percebida a empregabilidade das imagens em outras temáticas (Figura 2).

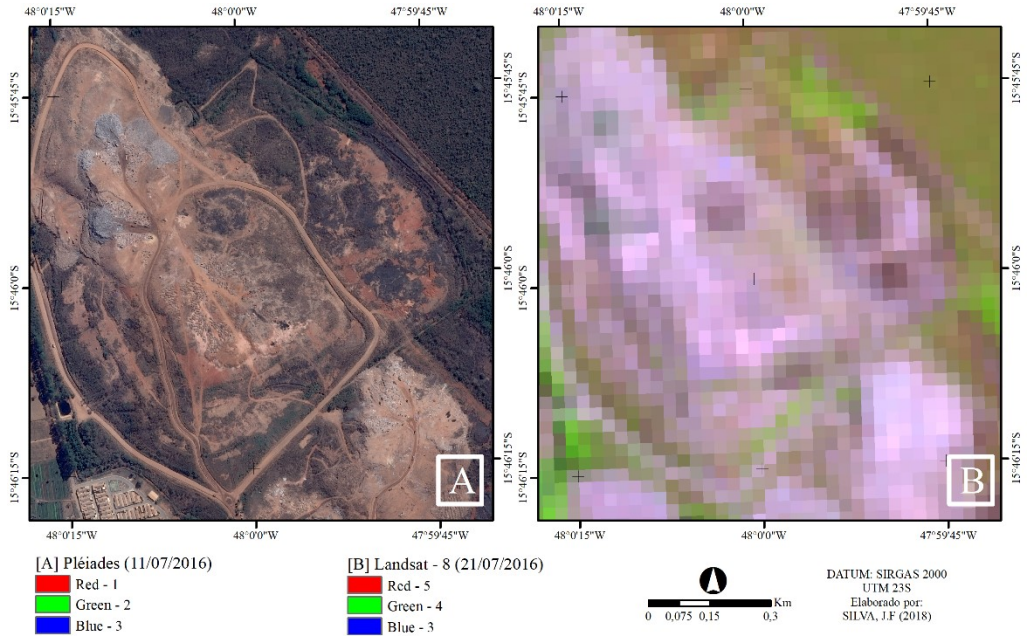


Figura 2 – Lixão da Estrutural (Brasília – DF) Visualização espacial das imagens Pléiades (A) e Landsat – 8 (B). Fonte: INPE.

A Figura 2 compara em visualização espacial o maior lixão do Brasil, comumente denominado lixão da Estrutural (DF), no qual é possível observar na imagem 2A as delimitações e as especificações da área do lixão, das vias de acesso ao mesmo e sua zona de entorno. A requerida visualização a nível de detalhe não é encontrada na imagem 2B, onde contempla-se a mesma área na resolução espacial Landsat. Outras aplicações das imagens Pléiades são encontradas em Lacroix, Berthier e Maquerhua (2015) na detectação de áreas de deslizamento oriundas de terremotos e em Jordan et al. (2018) no monitoramento do uso da água nos sistemas de subsistência agropastoril. As diferentes manipulações constatam a relevância destas imagens para a pesquisa científica atual.

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

O Pléiades tal como o RapidEye e outros satélites de alta resolução vem a trazer com sua utilização na segunda década dos anos 2000 novas alternativas no que se refere a remodelação das pesquisas que envolvem o monitoramento, análises e verificações ambientais no geral. Todavia, as imagens de médio ou baixa resolução e suas grandes séries temporais devem ser consultadas e trabalhadas, visto que se observa ainda no Brasil dificuldades em se obter diversas imagens de alta resolução gratuitas, por exemplo. A oportunidade da união das imagens de média/alta resolução e a manipulação adequada do geoprocessamento nestes poderão ampliar o campo das pesquisas ambientais e trazer à tona uma atualização de trabalhos anteriores; assim, a melhoria atingirá não só a ciência, mas a qualidade econômica, social e a defesa, conservação e preservação de ambientes protegidos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos com estima o Laboratório de Pesquisas Geográficas NUVEM pelo devido apoio a pesquisa e as orientações dadas.

6. REFERÊNCIAS

IGLESIAS, M. E. D; GÓMEZ, A. M. M. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED, **Ciudad de La Habana**, Vol. 12, Num. 2, 2004. p. 1-5.

LCA - Laboratório de Controle Aplicado. **Giroscópio de Controle de Momento**. Escola Politécnica da USP. S/d. Disponível em: < http://sites.usp.br/lca/projetos/control-moment-gyroscope/ >. Acesso em: 28/01/2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pléiades - Pleiades Satellite constellation**. 2013. Disponível em: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_pleiades.html >. Acesso em 28/01/2018.

ASTRIUM, 2012. **Pleiades Imagery User Guide**, V2.0. 118 paginas. Disponível em: < http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PleiadesUserGuide.pdf >. Acesso em: 28/01/2018.

voltar ao
SUMÁRIO

LEBÈNGUE, L; GRESLOU, D; DELUSSY, F; FOUREST, S; BLANCHET, G; LATRY, C; LACHÉRADE, S; DELVIT, J-M; KUBIK, P; DÉCHOZ, C; AMBERG, V; NADAL-POREZ, F. Pleiades-HR image quality commissioning. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Volume XXXIX-B1 (Melbourne, Australia). p. 561-566. 2012.

DNIT – Departamento de Nacional de Infraestrutura e Transportes. **Aplicações do Geoprocessamento na Caracterização Topográfica da Infraestrutura de Transportes**. 2015. Disponível em: < http://www.dnit.gov.br/download/Apresentacao_DNITGeo_Diego_BRE.pdf >. Acesso em: 28/01/2018.

PERKO, R; RAGGAM, H; GUJAHR, K; SCHARDT, M. Assessment of the mapping potential of Pléiades Sterio and Triplet data. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume II-3, 2014. p. 103-109, Zurich, Switzerland, 2014.

SILVA, J.F; SILVA, R. K. A.; PAZ, Y. M; REIS, J. V.; FERREIRA, H. S; CANDEIAS, A. L. B. Avaliação do sensoriamento remoto termal para monitoramento de aterros sanitários. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, p. 37-48, 2018.

TIGGES, J.; LAKE, T; HOSTERT, P. Urban vegetation classification: Benefits of multitemporal RapidEye satellite data. **Remote Sensing of Environment** 136, p. 66–75, 2013.

BRASIL – MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Imagens de satélites auxiliam no planejamento da administração pública**. 2016. Disponível em: < http://www.planejamento.gov.br/assuntos/assuntos-economicos/noticias/imagens-de-satelites-auxiliam-no-planejamento-da-administracao-publica >. Acesso em: 31/01/2018.

ABUELAISH B. Urban Land Use Change Analysis and Modeling: **A Case Study of the Gaza Strip**. In: Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, p.271-291, 2018.

HEROLD H. **Monitoring and Modeling Land Change**. In: Geoinformation from the Past. Springer Spektrum, Wiesbaden, p. 11-42, 2018.

JORDAN, G.; GOENSTER-JORDANA ,S.;LAMPARTERB, G-J.; ULZIISURENC, B.;SONINKISHIGC, N.;SCHLECHTD, E.;BUERKERT, E. Water use in agro-pastoral livelihood systems within the Bulgan River watershed of the Altay Mountains, Western Mongolia. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 251, p.180–193, 2018.

LACROIX, PASCAL; BERTHIER, ETIENNE; MAQUERHUA, E. T. Earthquake-driven acceleration of slow-moving landslides in the Colca valley, Peru, detected from Pléiades images. **Remote Sensing of Environment** 165, 148–158, 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 7
AVALIAÇÃO ESPACIAL DA VEGETAÇÃO DA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO TATU-BOLA UTILIZANDO O SENSORIAMENTO REMOTO

SPATIAL EVALUATION OF VEGETATION OF TATU- BOLA CONSERVATION UNIT, USING REMOTE SENSING

Aldenice Correia da Silva*, Viviane Pedroso Gomes, Joelia Natalia Bezerra da Silva, Janaina Vital de Albuquerque, Magda Suzana de Oliveira Neri.

*CFCH, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco- UFPE Brasil**

RESUMO
Alterações climáticas e atividades antrópicas tem ocasionado grande perda na vegetação do semiárido nordestino com um alto grau de impacto ambiental no bioma Caatinga. Tecnologias avançadas que vem intensificando estudos na tentativa de mitigar esses impactos, utilizando sensoriamento remoto, realizando monitoramento e análises da dinâmica vegetal de áreas no semiárido. O trabalho visa realizar análise da vegetação a partir dos resultados do índice de vegetação da Reserva de Vida Silvestre do Tatu-Bola, empregando imagens referentes ao período seco, dos anos de 2009 e 2016, a partir da subtração entre as bandas 4 e 3 do sensor TM do Landsat 5, e das bandas do sensor OLI do Landsat 8, as imagens foram processadas pelo softwere Erdas Imagine e ArcGiz10.2, gerando resultados do índice de vegetação do perímetro nos referidos anos bastante distintos, as análises de NDVI permitiu avaliar vários fatores que podem ser atribuído as diferentes condições climáticas observadas nos períodos estudados. No ano de 2009 foi observado um baixo saldo de vegetação e em 2016 nota-se um aumento na vegetação. Concluindo que os valores obtidos nos referidos anos sofreram influências de eventos climáticos e disponibilidade hídrica, e ressalta a importância de estudos de analises ambientais utilizando sensoriamento remoto.
Palavras-Chaves: NDVI, Monitoramento, Conservação.

ABSTRACT
Climatic alterations and anthropic activities have caused great loss in the vegetation of the northeastern semi-arid region with a high degree of environmental impact in the Caatinga biome. Advanced technologies that are intensifying studies in the attempt to mitigate these impacts, using remote sensing, performing monitoring and analysis of the plant dynamics of areas in the semiarid. The work aims to perform vegetation analysis from the results of the vegetation index of the Tatu-Bola Wildlife Reserve, using images referring to the dry period of the years 2009 and 2016, from the subtraction between bands 4 and 3 of the Landsat 5 TM sensor and Landsat 8 OLI sensor bands, the images were processed by the software Erdas Imagine and ArcGiz10.2, generating results of the perimeter vegetation index in the referred years, the NDVI analysis allowed to evaluate several factors that can be attributed to the different climatic conditions observed in the studied periods. In 2009 a low vegetation balance was observed and in 2016 an increase in vegetation was observed. In conclusion, the values obtained in these years were influenced by climatic events and water availability, and emphasized the importance of environmental analysis studies using remote sensing.
Keywords:. NDVI, Monitoring, Conservation.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Alterações climáticas juntamente com as práticas de atividades antrópicas são fatores de grande relevância que tem ocasionado uma grande perda da diversidade vegetal no semiárido. Episódios de seca extrema tem se prolongado por um longo período nos últimos anos, o que aumenta cada vez mais o fator de impacto ambiental na região.

Diante de tais implicações, estudos envolvendo perda da cobertura vegetal do semiárido tem se intensificado, decorrentes do uso de tecnologias avançadas como as geotecnologias a partir do sensoriamento remoto, que em seu conceito clássico refere-se à utilização de objetos e fenômenos da superfície terrestre, através de sensores, sem que haja um contato direto com o objeto (ANTUNES, 2014).

O sensoriamento remoto utiliza uma técnica sistemática gerando resultados bastante eficazes para o monitoramento e geração de planos de manejo para preservação e conservação de áreas preservadas e antropizadas, através da obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que de todos os modelos já descritos em literatura para se calcular saldo de vegetação é o mais comumente empregado (LOURENÇO; LADIM, 2004).

Os índices de vegetação gerados de dados a partir do sensoriamento remoto constituem uma importante ferramenta para análise ambiental, atuando no monitoramento de alterações naturais ou da ação antrópica no uso e na cobertura da terra (LIMA et al., 2013), por ter relação direta com a fitomassa, permitindo a caracterização dos aspectos biofísicos da vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Por isso é uma ferramenta tecnológica bastante empregada para o monitoramento e análises de estudos voltados a encontrar soluções e formas para mitigação de problemas relacionados ao meio ambiente.

Cabe ressaltar a importância da preservação do bioma caatinga, por representar bioma um único, possuidor de grande biodiversidade de espécies endêmicas, tem contabilizado grandes perdas vegetativas decorrente das alterações no clima, que apresentam irregularidades na distribuição do espaço temporal na precipitação anual, marcadas por anomalias (MARENGO 2008; LACERDA et al. 2010), como também pelas extensivas atividades antrópicas no decorrer dos anos.

voltar ao
SUMÁRIO

Diante do exposto o trabalho objetiva calcular o índice de vegetação da Reserva de Vida Silvestre Tatu-Bola, e avaliar a variação espacial e temporal do saldo da vegetação existente na área, observando os padrões de cobertura vegetal comparando os índices de vegetação e sua classificação utilizando técnicas de sensoriamento remoto através do sensor TM utilizando dados de Satélite Landsat 5 e Landsat 8. A definição das imagens a serem utilizadas é avaliada considerando os avanços ocorridos na melhoria dos atributos espaciais, espectrais, temporais e a na extração de dados altimétricos (JÚNIOR; GOMES; GUIMARÃES, 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está inserida no Bioma Caatinga, na mesorregião do São Francisco no perímetro dos municípios de Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa vista, na Unidade de Conservação Reserva de Vida Silvestre Tatu-bola. O perímetro possui uma área de 110.110,25 ha, com 425.117.95 metros, a uma distância de 615 a 722 km do Recife e altitude entre 300 a 776. Inserido no semiárido nordestino, clima tropical, que segundo a classificação de Köppen correspondente ao clima BShw, semiárido quente com chuvas de verão que ocorrem de novembro a abril, com precipitação média de 431.8mm, e temperatura média de 27°C.

A vegetação do perímetro é composta por Caatinga Hiperxerófila constituída por uma vegetação de baixo a médio porte e com trechos de floresta Caducifólia que perdem as folhas em períodos secos. A hidrografia da área está inserida na bacia do rio São Francisco na porção do Submédio São Francisco que vai de Remanso até a Cachoeira de Paulo Afonso.

voltar ao
SUMÁRIO

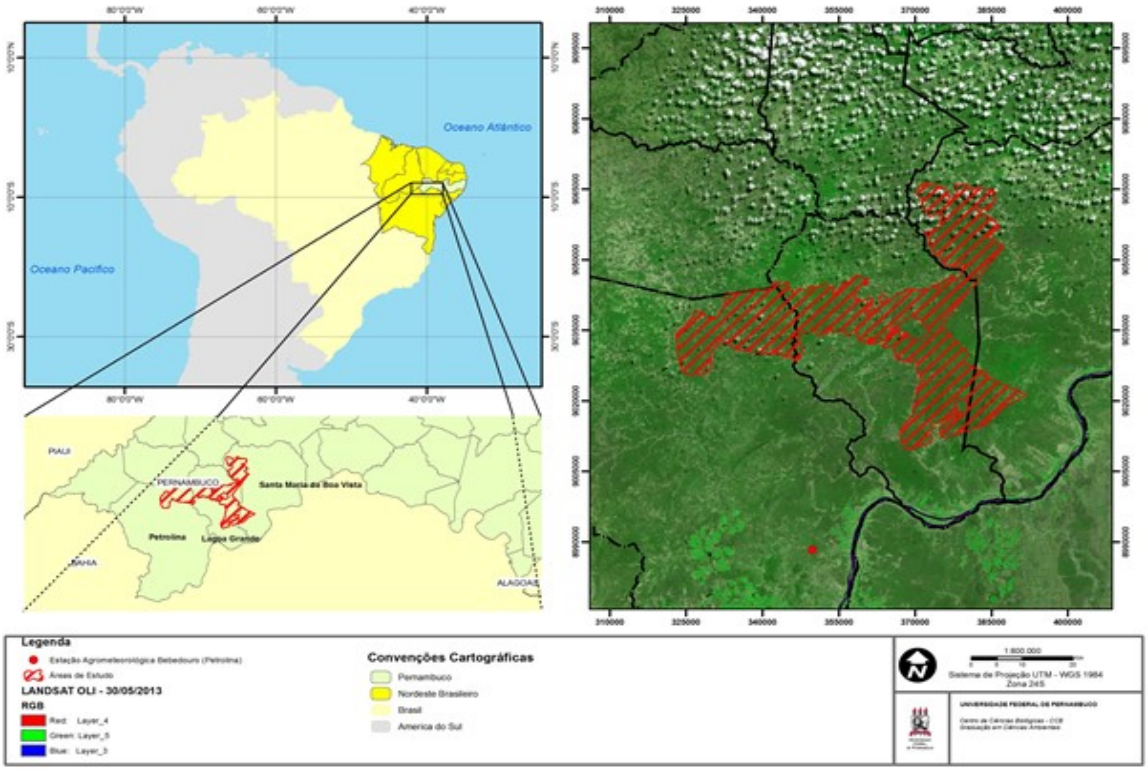


Figura 1- Representação do mapa de localização da Unidade de Conservação da Reserva de Vida Silvestre do Tatu-Bola. **Fonte**: Acervo dos autores (2016).

2.2 Metodologia

Para realização do trabalho foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper (TM), dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, obtidas gratuitamente do site SRTM, heart explorer, e processadas através dos Softwere Erdas Imagine 9.1, e Arc Giz 10.2. As imagens utilizadas foram referentes aos anos de 2009 e 2016, obtidas a partir da órbita 217 pontos 66.

Para o ano de 2009, foi empregada imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, que possui sete bandas com resolução espacial de 30 m², exceto a banda 6 que possui resolução espacial de 120 m², com sua passagem na área em 04/11/2009, e analisadas as bandas 3 e 4, que possui um comprimento de onda que vai de 0,4 µm a 8 µm, que correspondem a região espectral do visível, vermelho e infravermelho próximo, que é divida pela soma da reflectância entre as duas bandas , que segundo Sousa, Valladares e Espíndola (2016), e resultado da combinação pode variar de -1 a 1, e quanto mais próximo do 1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior indício de presença de solo exposto.

voltar ao
SUMÁRIO

Nas áreas onde há presença de água ou nuvens, esta variação se apresenta menor do que 0. Salientando a importância desse índice que concentra em dois aspectos o monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da atividade e do desenvolvimento da vegetação e a redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar, através da razão (JENSEN, 2009).

Para o ano de 2016, foi obtida imagem através do satélite Landsat 8, que utiliza o sensor OLI, possui nove bandas espectrais, da faixa do visível ou do infravermelho, são apresentadas como um arquivo único, e com a combinação de três ou mais faixas gerando a composição colorida, red, green e blue (RGB), para representar os objetos alvos, a partir de suas reflexões e absorções.

O sensor também inclui a banda pancromática, que capta as imagens em uma única faixa espectral na parte do visível do espectro electromagnético, gerando imagens em tons de cinza, e o sensor TIRS, que opera com duas bandas a banda 10 e a banda 11, que opera com radar tendo resolução espacial de 100 m², e após processamento disponibiliza a imagem a um pixel de 30 m² (NASA). Para gerar o índice de vegetação o sensor OLI utiliza as bandas 4 (Vermelho – 0,64µm a 0,67µm) e 5 (Infravermelho Próximo – 0,85µm a 0,88µm).

O processamento de imagens é configurado por algoritmos especializados, que disponibiliza para o usuário a aplicação de uma grande variedade de técnicas de processamento Meneses et. al. (2013). Depois de processada as imagens, foi obtido o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

2.3 Normalized Difference Vegetation Index – NDVI

O NDVI é a razão entre a diferença das reflectâncias das bandas do infravermelho próximo e do vermelho, pela soma das mesmas, representadas pela equação (1), proposta por ROUSE et al., (1973):

$$\mathbf{NDVI/IVND} = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (1)$$

Onde: P3 – é o valor da refletância na faixa do infravermelho próximo e P4 - valor da refletância na faixa do vermelho

Os valores da banda do infravermelho próximo apresentam um intervalo espectral de 800 a 1100 nm, enquanto a banda do vermelho, 600 a 700 nm. Segundo Moreira (2003), a região do visível a qual está inserida a banda 3 compreende toda faixa espectral da radiação

eletro magnética de 400 a 700 nm. E essa radiação incidente no dossel das plantas que são absorvidas, fotossinteticamente pelas folhas, por pigmentos compostos de clorofilas (a e b) como também em menor proporção pelos carotenoides antocianinas e xantofilas. Nesse processo a reflectância apresenta valores que podem chegar a 555 nm, nessa faixa espectral no seu máximo.

O NDVI foi gerado a partir de tons de cinza e aplicado a composição colorida 4R5G3B, para dar a falsa cor, para que seja aplicada a uma cor que seja mais fácil compreensão das análises. Para radiância foi calculado números digitais (ND) de cada pixel das imagens em grandezas de radiância espectral no topo da atmosfera utilizando a equação 2.

$$\mathbf{L\lambda = M\square\ Qcal + A\square} \qquad (2)$$

Sendo Lλ a radiância espectral no topo da atmosfera; ML o fator multiplicativo reescalonado da radiância para a banda específica; Qcal o ND do pixel; e AL o fator aditivo reescalonado da radiância para a banda específica (SANTOS et al., 2014).

Representada na equação 3 a radiância foi submetida ao cálculo de reflectância planetária no topo da atmosfera.

$$\boldsymbol{\rho\lambda = M\,\rho\ L\,\lambda + A\,\rho} \qquad (3)$$

Sendo ρλ a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar; Mρ o fator multiplicativo reescalonado da reflectância para a banda específica; Lλ a radiância espectral; e Aρ o fator aditivo reescalonado da reflectância para a banda específica (SANTOS et al., 2014).

2.4 Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica é obtida através da intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido, consistindo assim, na conversão do número digital (ND) de cada pixel e banda em radiação espectral monocromática. As radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat 5 nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (OLIVEIRA et al., 2010). O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtido utilizando-se a equação proposta por Markham e Baker (1987), (Equação 1):

$$\mathbf{rb} = \frac{(\boldsymbol{Add_{refb}} + \boldsymbol{Mult_{refb}}.\boldsymbol{ND_b})}{\mathbf{Cos\,(Z)}.\ \mathbf{D_R}} \qquad (1)$$

voltar ao
SUMÁRIO

Onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima, ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1 a 7) do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003) descrita na (tabela 1).

Tabela 1- Descrição das bandas do Mapeador Temático do Satélite Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima - a e máxima - b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Bandas	**Comprimento de onda (µm)**	**Coeficientes de calibração**		**Irradiância espectral topo atmosférico-TOA**
		a	b	
1 (azul)	0.452 -0.518	-1.52	169.0	1957
2 (verde)	0.528 – 0.609	-2.84	333.0	1796
3 (vermelho)	0.626 -0.693	-1.17	264.0	1536
4 (IV -	0.776 – 0.904	-1.51	221.0	1031
próximo)	1.567 – 1.784	-0.37	30.2	220.0
5 (IV - médio)	10.45 – 12.42	1.2378	15.303	-
6 (IV – termal)	2.097 – 2.349	-0.15	16.0	83.44
7 (IV –médio)				

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

2.5 Reflectância

A reflectância para as imagens Landsat 5 para cada banda (i) é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente (Equação 2), obtida através da equação de Allen et al. (2002):

$$\boldsymbol{\rho\,\lambda i = (\pi\,.\,L\,\lambda i)/(K\,\lambda i\,.\,cos\,(Z)\,.\,dr)} \qquad (2)$$

Onde: λiL é a radiância espectral de cada banda, λik é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano (OLIVEIRA et. al, 2010). Para o empilhamento do satélite Landsat 8 utilizamos as bandas 2,3,4,5,6,7 e 10 e a seguinte formula promovida por Chander e Markham (2003) para a reflectância:

$$\mathbf{rb} = \frac{(\boldsymbol{Add_{refb}+Mult_{refb}.ND_b})}{\mathbf{Cos\,(Z)}.\,\mathbf{D_R}} \qquad (3)$$

Onde, segundo Silva et al., (2016) o Add corresponde ao fator aditivo de reescalonamento para cada banda, disponível no arquivo metadados da imagem, assim como

voltar ao
SUMÁRIO

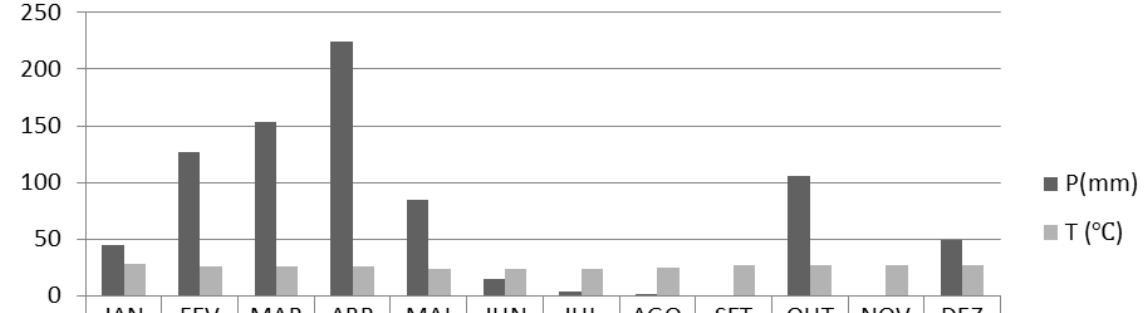
o Mult que corresponde ao fator multiplicativo de reescalonamento para cada banda. ND representa os valores de número digital da imagem, Z é o ângulo zenital solar e também pode ser encontrado no arquivo metadados da imagem. O dr corresponde ao quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano, e pode ser calculado através da equação abaixo (Equação 4):

$$\mathbf{Dr} = \left(\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{D_{TR}}}\right)^2 \qquad (4)$$

2.6 Dados de precipitação

Na (Figura 2), os dados de precipitação observados no ano de 2009, mostraram volume de chuvas superior a 120 mm nos meses de abril e maio, que caracterizam o período chuvoso da área, tendo o mês de abril o maior índice de precipitação, chegando a 224 mm de chuvas, apresentando temperaturas entre 26 a 27ºC. Porém nos meses subsequentes que caracterizam o período de estiagem, que vai de maio a outubro, os dados de precipitação para maio foram de 85 mm em outubro chegou a 106 mm, e os meses no intervalo apresentaram precipitação abaixo de 16 mm, com temperaturas variando entre 24 a 27ºC.

Para o ano de 2016, foi registrado um grande volume de precipitação nos três primeiros meses, em Petrolina com um índice de chuva que chegou a 431,1 mm, representando um volume bem acima do índice médio histórico que tem a marca de 245,0 mm, o que representa 76% percentual acumulado em relação à média.



	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
P(mm)	45	127	153	224	85	15	3,6	1	0	106	0	49
T (°C)	28	26	26	26	24	24	24	25	27	27	27	27

Figura 2- Dados do balanço anual de precipitação para o ano de 2009 obtidas pela estação pluviométrica de Bebedouro - Petrolina. **Fonte:** Elaborado pela autora (2018).

voltar ao
SUMÁRIO

Tendo como base as previsões climatológicas do CPTEC e INMET, os episódios de chuvas que ocorreram na região do semiárido, no referido ano foi bastante atípico devido ao evento do El Ninõ, que caracterizou os últimos anos como seco ou muito seco, com precipitações bem abaixo da média. Porém, em agosto, período de aquisição da imagem, foi observado valores de precipitação bastante baixo como observado na (Tabela 1), a partir de dados da APAC, onde mostra valores de chuvas acumuladas, médias climatológicas e percentual acumulado da média nos postos pluviométricos do perímetro da área. A variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas constitui uma característica marcante no clima do semiárido brasileiro, (LACERDA et al, 2010).

Tabela 2- Balanço do índice pluviométrico observados no perímetro da Unidade de Conservação Tatu-Bola em agosto de 2016.

Município/Posto	Chuva acumulada mm	Média climatológica	Percentual do acumulado em relação à média
Lagoa Grande	0.0	2.70	0%
Petrolina	0.0	2.00	0%
Petrolina - PCD	0.0	2.00	0%
Petrolina (INMET)	0.6	2.00	30%
Santa Maria da Boa Vista	0.0	2.50	0%
Santa Maria da Boa Vista (CHESF)	6.2	2.50	248%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 NDVI

O NDVI é comumente utilizado para analises sazonais, temporais, fenológicas, picos verdes, entre outras, mas não considera o efeito do substrato e do solo (FREIRE et al, 2015), como indicador da quantidade condição da vegetação, Sousa, Valladares e Espíndola (2016) realizou Análise do Índice de Vegetação (NDVI) e Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira do Estado do Piauí, com objetivo de investigar a variação da cobertura vegetal da planície utilizando as bandas dos sensores Landsat-7 ETM 1999 e Landsat-8 OLI 2014, ut o

voltar ao
SUMÁRIO

método de classificação das áreas para compreender as modificações da cobertura vegetal relacionando com a vulnerabilidade das áreas devido aos impactos antrópicos.

Para classificação da área estudada foram utilizados os valores apresentados na (Tabela 3), onde cada tom representa uma respectiva classe encontrada de acordo com os valores que indicam os índices de vegetação. A classificação espectral busca converter os sinais espectrais que refletem as coberturas urbanas em categorias que representam a natureza física da superfície (JÚNIOR; GOMES; GUIMARÃES, 2016).

Tabela 3- Classificação representando os valores de índice de vegetação apresentadas em cores e tipos de vegetação de acordo com as classes.

Tons	Classes	Valores
Azul	Água	(0,0)
Rosado	Solo exposto	(0,001 – 0,2)
Amarelo	Sem saldo de vegetação	(0,2001-0,3)
Verde claro	Vegetação esparsa	(0,3001 - 0,4)
Verde médio	Vegetação adensada	(0,4001 – 0,5)
Verde escuro	Vegetação densa	(0,5001 – 08)

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Nas áreas onde há água, ou solo encharcado são encontrados valores igual ou menor que zero representado na cor azul, pois os corpos d'água tendem apresentaram áreas inexpressivas quando comparados às demais, no entanto foram observados valores negativos na faixa central do perímetro entre Petrolina e Lagoa Grande, área que compreende ao Riacho dos Mocós, fisionomias.

A representação da cor rosada, apontam os valores encontrados que identificam áreas onde há solo exposto, muitas vezes devido as feições geomorfológicas do local, que de acordo com Alencar et al (2010), predominam nas vertentes e escarpas abruptas, formações elevadas, cuestas e platôs de arenitos desprovidos de vegetação.

Tais feições tendem a não favorecer a fixação de vegetação de portes maiores devido ao solo. Pois há uma predominância de vegetação de arbustiva em áreas de solos arenosos pouco profundos, geralmente em extensas áreas planas de formações deposicionais (VITAL et al, 2010). A tonalidade amarela representa áreas sem cobertura vegetal, às classes representadas na cor verde, é possível identificar três tipos de vegetação, no tom de verde mais claro representa a vegetação rasteira e mais espaçada, no tom verde médio encontramos

voltar ao
SUMÁRIO

uma vegetação um pouco mais densa, enquanto que no tom de verde escuro representa uma área com uma cobertura vegetal bem adensada.

Realizado os processamentos e as análises, obtivemos resultados bastante distintos para os respectivos anos, que compreendem o período de estiagem da região, ao observar a imagem da (Figura 1) do mês (11/2009) foram observados os seguintes valores de NDVI (0,001 – 0,2) que representa áreas de solo exposto, sendo visualizado em boa parte do município de Petrolina e Santa Maria da Boa Vista, porém, os valores mais predominantes em foram (0,2001-0,3), áreas onde não apresentam saldo de vegetação, pois geralmente em períodos secos a vegetação tende a entrar em estado de latência devido ao grande déficit hídrico. Valores acima de (0,3001 - 0,4) mostram que a vegetação é mais espaçada, observados em pouquíssimos pontos, podendo concluir que o resultado do NDVI do perímetro nesse período apresentando um índice de vegetação bastante baixo.

Geralmente para superfícies com presença de alguma vegetação o valor do NDVI é positivo, para superfícies sem vegetação o valor é nulo, já para a água e nuvens o valor geralmente é negativo.

Quanto mais próximo do extremo positivo, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, condiz com seu estágio denso e desenvolvido (MORAES; ALVARENGA, 2014). Esses valores o que pode ser explicado pelo fato da disponibilidade hídrica nesse período é relativamente muito baixa, o que podemos observar no gráfico (1) que apresenta os valores de precipitação anual do referido ano, acrescentando o evento do El Niño e que vem provocando um grande período de estiagem em todo semiárido, sendo constatado como uma das mais prolongadas secas dos últimos anos, só fez agravar o cenário de perda de vegetação na área, pois sem disponibilidade de água as plantas entram em estado de senescência perdendo sua as folhas até que ocorram precipitações.

Albuquerque et al., (2014), realizou estudo no município de Sousa na Paraíba, com o objetivo de analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal através de índices de vegetação NDVI e NDWI , utilizando o sensor TM Landsat 5, para os anos de 2007 e 2009, e obteve resultados que indicaram os valores mais baixos de NDVI e NDWI nas cenas estudadas em períodos de baixa precipitação no mês de setembro, enquanto que a cena referente à data 26/07/2007 mostrou um aumento significativo nestes índices, que pode estar associada com o aumento da precipitação neste período. O que confere a influência

voltar ao
SUMÁRIO

pluviométrica nos resultados de NDVI encontrados no referido trabalho, tanto quanto nos resultados obtidos para as analise de NDVI da RVS Tatu-Bola.

No entanto o NDVI calculado para ano de 2016 apresentou resultados bastante distintos ao ano de 2009 (Figura 3), foram observados valores bem mais elevados do índice de vegetação no perímetro com valores de (0,001 –0,2) que representam solo exposto para pouca área, predominando mais os índices de (0,2001- 0,3), onde há ausência de vegetação e acima de (0,3001 - 0,4) representando uma vegetação esparsa com predominância em boa parte do perímetro, também foi observadas áreas com índices de (0,4001 – 0,5) em alguns pontos, é áreas onde o índice de vegetação apresentou valores bem expressivos chegando entorno de (0,5001 – 08) o que representa uma vegetação mais adensada resultante de maior disponibilidade de água no perfil solo, proporcionando condições favoráveis no desenvolvimento da vegetação. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2010), o NDVI apresenta alta correlação com a quantidade de clorofila presente na vegetação, quando resultante da alta taxa fotossintetizante das plantas, ocorrendo nas áreas mais elevadas ao norte do município de Santa Maria da Boa Vista.

voltar ao
SUMÁRIO

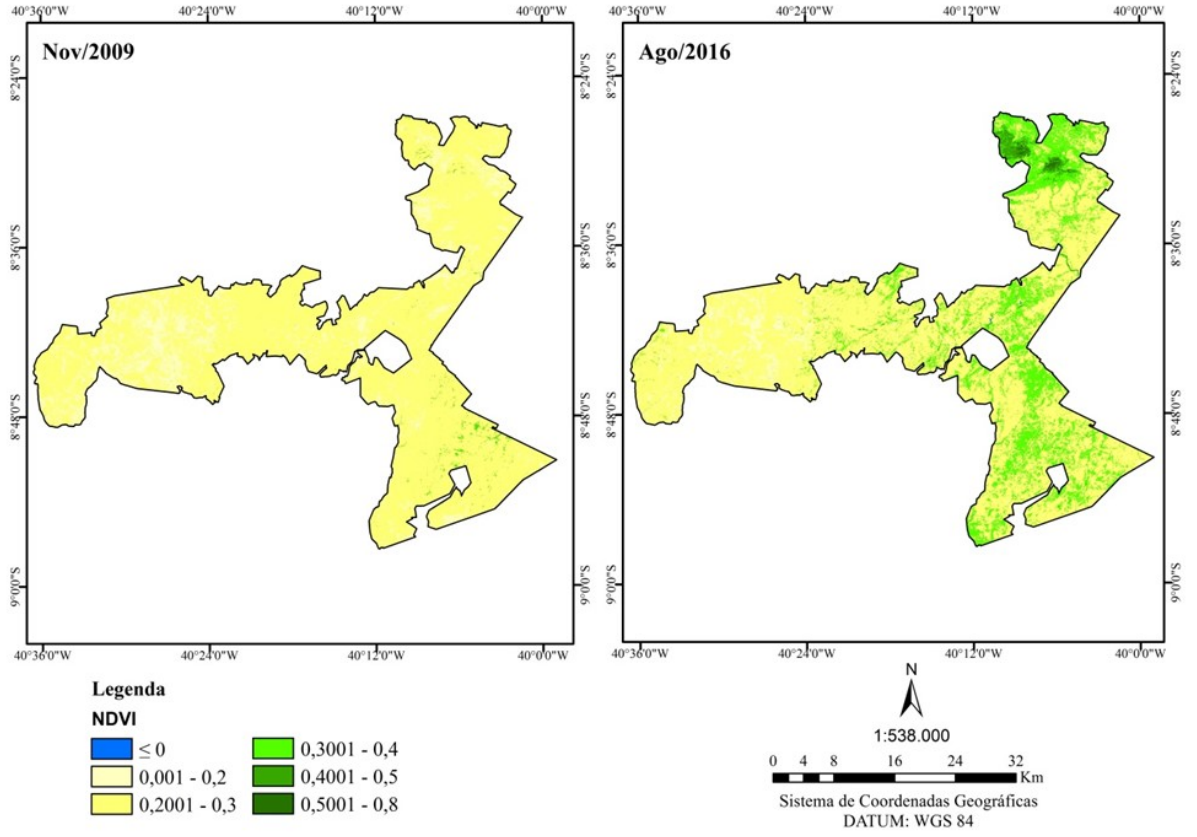


Figura 3- Classificação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos de 2009 e 2016 da Unidade de Conservação RVS do Tatu-bola. **Fonte**: Elaborado pelos autores (2017).

No entanto, cabe ressaltar que a unidade de conservação Reserva de Vida Silvestre Tatu-Bola foi criada em 16 de março de 2015, o que também pode ter contribuído juntamente com os episódios de chuvas no primeiro trimestre de 2016, com o crescimento da vegetação, se levado em conta que anterior à data de criação da UC, a área era alvo de atividades antrópicas realizadas pelas comunidades existentes em seu entorno, onde existem 51 Projetos de Assentamentos criados pelo INCRA, comunidades quilombola, comunidades indígenas, colônias de pescadores, das quais atividades econômicas a agricultura de sequeiro, a criação de bovinos, caprinos e ovinos e as comunidades localizadas próximas a corpos d'água, desenvolvem, também, cultivo em áreas irrigadas (SEMAS, 2014).

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

A constante perda vegetal da caatinga demonstra o aumento da degradação bastante significante em intervalos de poucos anos, acarretadas por atividades antrópicas excessivas no semiárido, aumentando assim a importância do monitoramento da vegetação através do sensoriamento remoto. Os modelos de analises empregando o NDVI, se mostraram bastante eficazes em promover resultados, através das informações obtidas pelo sensor TM do Landsat 5 e 8, viabilizando a gestão de áreas potenciais de unidades de conservação, gerando diagnósticos ambientais que podem contribuir com a mitigação dos processos de degradação, e na preservação da biodiversidade local.

As análises de NDVI permitiram avaliar as referidas imagens, possibilitando observar as modificações que ocorreram na área, no primeiro trimestre do ano de 2016 em relação ao ano de 2009, decorrentes de fatores que corroboraram direta e indiretamente na analise da cobertura vegetal, e que apresentou um aumento no saldo da vegetação no perímetro entre os anos estudados, acarretado pelas variações dos eventos de precipitações pluviométricas no perímetro. Concluindo que metodologia empregada foi adequada para investigar o saldo da vegetação da RVS Tatu-Bola, e o mapeamento possibilitou observar as áreas mais vulneráveis ao estresse hídrico, e as áreas que se mantiveram mais preservadas.

5. AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração da Fundação de Amparo a Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), ao Laboratório de Pesquisa de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Unidade de Conservação Reserva de Vida Silvestre Tatu-bola pelo apoio prestado.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; MORAIS, H. F.; DINIZ, J. M. T.; SANTOS, A. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais**. v. 1, n. 1. 2014.

voltar ao
SUMÁRIO

ALENCAR, K. M., SILVA et. al.., **Fusão de dados SRTM com dados Landsat Tm 5 Para Mapeamento Geomorfológico do Parque Nacional do Catimbau – PE**. In: VIII Sinageo, Simpósio Nacional de Geomorfologia, 11p. Recife-PE. 2010.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land**). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, p. 97, 2002.

ANTUNES, R. L. S. **Variação espaço-temporal de NDVI em área de aproveitamento hidroelétrico** UHE santo Antônio, Porto Velho (RO). Dissertação de Mestrado. UFPE – Recife-PE, 2014.

CHANDER, G. MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v, 41, n. 11, 2003.

FREIRE N. C. F.; MOURA D. C.; SILVA J. B.; MOURA A. S. S. **Mapeamento e Análise Espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração federal no Bioma Caatinga.** Recife. Relatório parcial. Cap. 5.53p. 2015.

JÚNIOR O. A. C.; GOMES R. A. T.; GUIMARÃES R. F. O potencial de dados de sensoriamento remoto na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU**. 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**; tradução José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos. SP. 2009

LIMA, G. C.; et.al. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)**. Ambiagua, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

LOURENÇO, L.W.; LADIM, P.M.B. Estudo da Variabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/ NDVI utilizando Kri-gagem Indicativa. **HOLOS Enviromental**. v.4, n.1, 38 a 55, 2004.

LACERDA, A. B. et. al. Extremos e variabilidade climática no nordeste brasileiro e em Pernambuco. In: Galvíncio, J.D. (Orga.) **Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais**. ADUFEPE: Recife, P.1-24. 2010.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523. 1987.

MARENGO, J.A. **Vulnerabilidade Impactos e adaptação à Mudança do Clima no Semiárido do Brasil**. Parcerias Estratégicas. Brasília DF. N.27. 2008.

MENESES P. R.; et. al. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Meneses P. R.; Almeida T (Org.), Brasília. 2013.

MORAES M. F.; ALVARENGA A. S. **Utilização de Imagens Landsat 8 para Caracterização da Cobertura Vegetal**. 2014.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2.ed. Viçosa - MG: UFV, 307 p., 2003.

OLIVEIRA, T. H., et. al. Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.03, p.55 - 69, 2010.

PONZONI F.J.; SHIMABUKURO Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos-SP: INPE-Editora Parêntese, 2007.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. 2010. ed. São José dos Campos: Parêntese,128 p. 2010.

voltar ao
SUMÁRIO

SANTOS, A. R. et al. **Sensoriamento Remoto no ArcGIS 10.2.2. passo a passo**: processamento de imagens orbitais. Volume 1 (recurso eletrônico). Alegre, ES: CAUFES, 107 p. 2014.

SEMAS. **Refúgio de Vida Silvestre Tatu-bola Petrolina, Lagoa Grande e Santa Maria da Boa Vista Pernambuco Proposta para Discussão**. 2014.

SOUSA, R. S.; VALLADARES, G. V.; ESPÍNDOLA, G. M. Análise do Índice de Vegetação (NDVI) e Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira do Estado do Piauí. Volume Especial da **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, em parceria com o V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada à Gestão Territorial, v. 18, n. 2, p. 82-99. 2016.

VITAL. R. O. SILVEIRA. T. A. ALENCAR. H. M. Q. FERREIRA. B**. Uso de imagem srtm(shuttle radar topography mission) para o mapeamento geomorfológico na microbacia do Açude Taperoá II, Paraíba, Brasil.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas eTecnologias da Geoinformação. Recife-PE, p.1-5. 2010.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A. and DEERING, D.W., Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317, 1973.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 8
CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS E ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO SERTÃO PERNAMBUCANO

PHISIOGRAPHIC CHARACTERISTICS AND VEGETATION INDICES IN THE PERNAMBUCANO SERTÃO

Clayton Barbosa de Andrade *, José Augusto Machado Omena**, Ana Cláudia Villar e Luna Gusmão***, Diogo Francisco Borba Rodrigues***, Leidjane Maria Maciel de Oliveira ****

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), graduando em Engenharia Civil, Brasil. (Autor Correspondente) *
Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), graduando em Engenharia Civil, Brasil **
Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Pós-doutorando em Engenharia Civil, Brasil***
Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. (Professora Orientadora) ****

RESUMO
Atualmente os dados de sensoriamento remoto estão sendo primordiais em pesquisas voltadas a estudos do comportamento da vegetação, assim como no monitoramento de fenômenos meteorológicos e ambientais. Utilizando imagens TM – Landsat 5 referentes aos municípios de Exu e Moreilândia localizados no Sertão pernambucano, foram gerados o relevo sombreado e declividades em grau a fim de avaliar o relevo da região, também foram processados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), com objetivo de avaliar a situação da superfície vegetativa das bacias em questão. O estudo dos Índices de Vegetação no sertão Pernambucano, através de imagens disponibilizadas pelo INPE e USGS, apresentou predominância de solo exposto e vegetação rasteira, compatíveis com outros estudos nesta região, confirmando a eficiência na aplicabilidade da técnica.

Palavras-Chave – Sensoriamento Remoto, Relevo, Superfície Vegetativa.

ABSTRACT
Currently the remote sensing data are primordial in reasearches focused in the comportament of vegetation as well as the monitoring of metereologic and ambiental phenomena which is done through satellite images. Using TM – Landsat 5 images that reffer to the counties of Exu and Moreilândia located in the Sertão Pernambuco, it was possible to generate the shaded relief and declivities in degrees, the intention was to avalue the region relief. It were also processed the Vegetation Index through Normalitie Diference (NDVI) and the Water Index through Normalitie Diference (NDWI) to avaluate the situation of the vegetative surface of the bacias in question. The study of the Vegetation Indexes in the Backlands of Pernambuco, through images provided by INPE and USGS, showed predominance of exposed soil and undergrowth, compatible with other studies in this region, confirming the efficiency in the applicability of the technique.

Keywords – Remote Sensing, Relief, Vegetative Surface.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A região do semiárido Pernambucano é marcada por longos períodos de secas, com um regime pluviométrico inconstante e irregular. A escassez de água é uma das principais problemáticas dos munícipios e um grande empecilho para o desenvolvimento socioeconômico dos mesmos. A ausência do desenvolvimento de técnicas bem elaboradas para irrigação aliada à irregularidade do ciclo hidrológico proporciona alterações consideráveis na superfície vegetal destes locais, como resultado, o próprio ciclo pode ser afetado causando mais alterações negativas.

O Sensoriamento Remoto (SR) é um importante instrumento para mapeamentos e modelagens, pois o desenvolvimento de diversos satélites e dados derivados destes possibilitou o acompanhamento da mudança do uso e cobertura do solo (Andrade *et al.*, 2011). O monitoramento da vegetação por SR pode ser realizado a partir de Índices de Vegetação (IVs), que são medidas radiométricas que indicam a quantidade e atividade da vegetação verde (JENSEN, 2011).

Segundo Leivas et al. (2013) o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) é um método desenvolvido por McFeeters (1996) com o intuito de delinear feições na água presentes no ambiente e realçar a presença das mesmas na imagem digital obtida por sensoriamento remoto.Este índice derivou do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual se baseia na assinatura espectral característica de uma vegetação verde e sadia que mostra um evidente contraste entre a combinação das bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Também, outra metodologia de processamento de NDWI é a de Gao (1996), encontrada com mais frequência em literaturas de sensoriamento remoto (Oliveira, 2013 e Almeida et al, 2017)

O NDWI tem se destacado no monitoramento do estresse hídrico em ambiente semiárido, pois as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio são altamente correlacionadas com o conteúdo de água do dossel vegetal, conseguindo acompanhar melhor a estimativa da quantidade de água em culturas agrícolas. Por essas características esses dois índices se destacam nas análises, espaciais e temporais, de vegetação e recursos hídricos. (OLIVEIRA et al., 2010).

voltar ao
SUMÁRIO

A escolha da área de estudo foi motivada pela importância dos munícipios no pólo econômico nordestino, principalmente na agricultura, além da grande influência da Chapada do Araripe para o clima e vegetação da Bacia do Rio Brígida. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a superfície vegetativa de Exu e Moreilândia, a partir da utilização de índices de vegetação aplicados a uma imagem TM (Thematic Mapper)/Landsat 5, datada de 21 de setembro de 2008.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A Figura 1 detalha a localização da área de estudo que compreende os municípios de Exu e Moreilândia em Pernambuco.

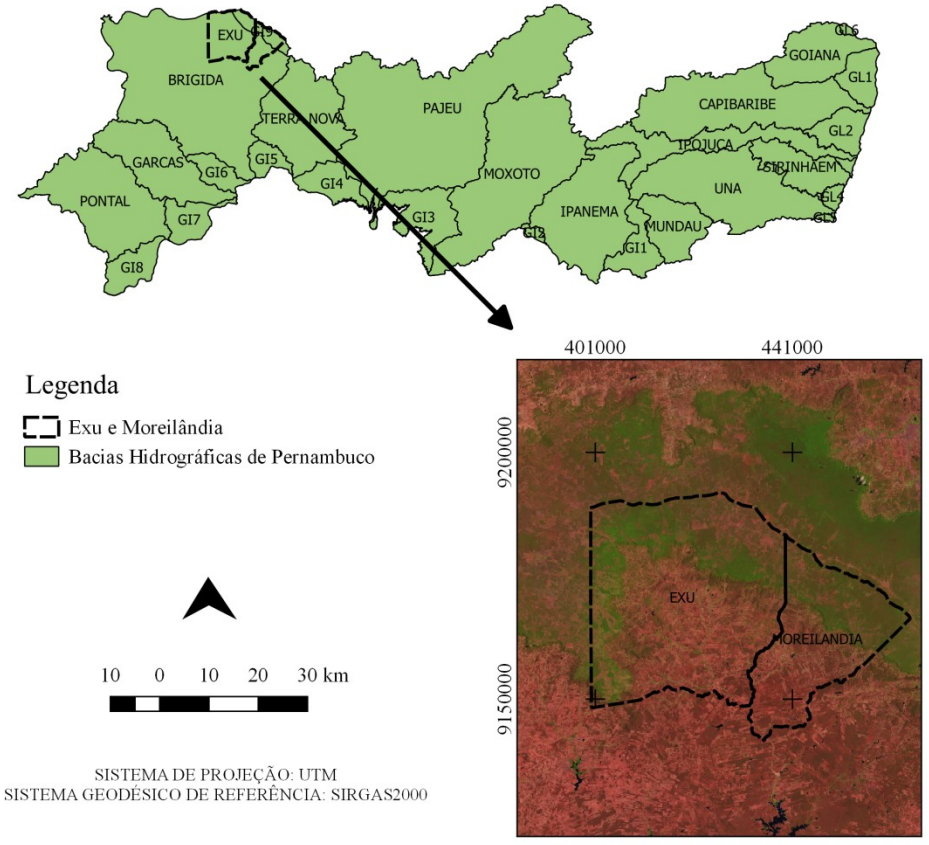


Figura 1 – Localização dos Municípios de Exu e Moreilândia **Fonte**: Autor (2018)

Exu é um município brasileiro do estado de Pernambuco, situado à altura da Serra do Araripe, na divisa entre os estados de Pernambuco e Ceará. Localiza-se a uma latitude 07º30'43" Sul e a uma longitude 39º43'27" Oeste, estando a uma altitude de 523 metros, com

voltar ao
SUMÁRIO

população de 30.569 habitantes (IBGE, 2007). A vegetação é predominantemente de Floresta Caducifólia e Caatinga Hipoxerófila.

Moreilândia é um município brasileiro do estado de Pernambuco, localizado na latitude 07º37'51" Sul e a uma longitude 39º33'04" Oeste, estando a uma altitude de 502 metros. Sua população estimada em 2015 era de 11 132 habitantes (IBGE, 2015). Possui uma área de 638 km². A vegetação nativa é composta por floresta subperenifólia.

Ambos os municípios estão inseridos na bacia hidrográfica do Rio Brígida, como exposto na Figura 1, que abrange uma área de 13.495,73 km², o que corresponde a 13,73% da superfície total de Pernambuco. A bacia engloba um total de 15 municípios, dentre os quais Bodocó, Granito, Ipubi e Trindade estão completamente inseridos na bacia; os com sede na bacia são Exu, Moreilândia Araripina, Ouricuri e Parnamirim; e os municípios parcialmente inseridos na bacia são os de Cabrobó, Orocó, Santa Cruz, Santa Maria da Boa Vista, Santa Filomena e Serrita (APAC, 2017).

2.2 Metodologia

Utilizou-se o software de livre acesso QGIS versão 2.14.18, para o processamento das cartas georeferenciadas de índices de vegetação e declividade.

Inicialmente foram processadas as imagens TM – Landsat 5, geradas através de um sistema de satélites sob gerência da NASA e disponibilizadas na rede a partir do banco de dados de órgãos como o USGS e INPE (2017). Estas imagens são, geralmente, compostas por sete bandas que apresentam diferentes intervalos espectrais e definem os diferentes elementos da superfície.

Logo após foi gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE), alinhado e sobreposto de curvas de nível para a geração do relevo sombreado em 3D e da declividade em graus. O MDE é um arquivo do tipo raster, ou seja, ele é formado por um conjunto de pixels, onde cada pixel possui uma informação, que neste caso se refere a um conjunto de coordenadas (x,y) somados a uma elevação (z), o que permite o processamento de imagens de superfícies contínuas da área de estudo em questão em coordenadas UTM.

O processamento do NDVI e NDWI foi realizado a partir da radiância espectral e a reflectância das bandas 3, 4 e 5 do TM – Landsat 5. A primeira atividade para a obtenção do NDVI e NDWI consiste na calibração radiométrica, cuja equação é descrita abaixo,

apresentada por Markham e Baker (1987).

$$L\lambda i = ai + \frac{bi-ai}{255} ND \quad (1)$$

Onde os índices representam: Lλi (radiância espectral de cada banda (Wm^{-2}. $\mu m^{-1}.sr^{-1}$)), a (radiância espectral máxima), b (radiância espectral mínima), i (referência a banda do TM Landsat 5) e ND (número digital, valor entre 0 e 255), dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das bandas do TM Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a; radiância máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Bandas	Comprimento de onda (□m)	Coeficientes de calibração ($Wm^{-2}.\mu m^{-1}.sr^{-1}$)		Irradiância Espectral no topo da atmosfera - kλi (Wm^{-2}. $\mu m^{-1}.sr^{-1}$)
		a desde 1994	b depois de 02/04/2007	
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	-1,17	264,0	1536
4 (IV-próximo)	0,776 - 0,904	-1,51	221,0	1031
5 (IV-médio)	1,567 - 1,784	-0,37	30,2	220

Fonte: Adaptado de Chander et al. (2009)

Após o processamento das radiâncias, foi realizada a determinação da reflectância espectral monocromática de cada banda (ρλi), que é dada em função da radiância espectral (Lλi), irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (kλi), do ângulo zenital (Z), e distância Terra-sol (dr), conforme a equação obtida por (BASTIAANSSEN, 1995; ALLEN et al., 2002; SILVA et al., 2005):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L\lambda i}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

$$\cos Z = \cos(\frac{\pi}{2} + E) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0{,}33\cos(\frac{DSA2\pi}{365}) \quad (4)$$

O processamento do NDVI é a partir da equação de Rouse et al. (1973) onde os resultados variam de -1 a +1, sendo que, em superfícies com vegetação verde, os valores variam de 0 a 1 e, na água ou nuvens, os valores são geralmente menores que zero. A função

voltar ao
SUMÁRIO

do índice é determinar as mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e atividades da vegetação, possibilitando o perfil temporal de crescimento e pico de verde, ele é determinado como uma função da reflectância da banda do infravermelho próximo (ρIV) e a reflectância da banda do vermelho (ρV), conforme:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_v)}{\rho_{IV} + \rho_v} \quad (5)$$

O NDWI, proposto por Gao (1996), permite detectar com mais qualidade a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, pela equação:

$$NDWI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_{\mathrm{IVM}})}{\rho_{IV} + \rho_{\mathrm{IVM}}} \quad (6)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do MDE foram analisadas características fisiográficas dos municípios referentes a este estudo e foi possível processar a declividades em grau e o relevo sombreado 3D, indicados na Figura 2 (a, b).

Através da Figura 2 foi possível observar as variações de cota do terreno na região estudada, onde a variação de cores na Figura 2 (a) representa o aumento ou diminuição da declividade do local. A região mais azulada possui alto valor de declividade (> 18,72 graus) tendo em vista que está próxima a borda da Chapada do Araripe. Na Figura 2 (b) temos uma representação em relevo sombreado da mesma região, que permite a melhor visualização dos valores apresentados na Figura 2 (a), onde observou-se a classe em cor vermelha (0,16 a 4,80 graus) sendo o platô da Chapada do Araripe.

(a) (b)

voltar ao
SUMÁRIO

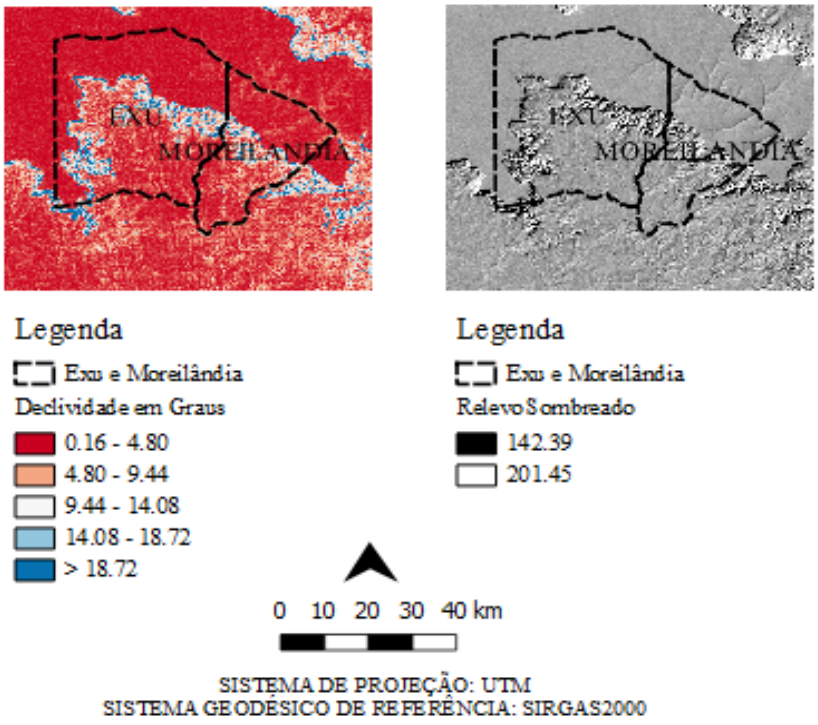


Figura 2 – (a) Declividade em Graus dos municípios de Exu e Moreilândia – PE. (b) Relevo Sombreado dos municípios de Exu e Moreilândia – PE **Fonte**: Autor (2018)

A Figura 3 representa o NDVI das regiões de Exu e Moreilândia processado utilizando imagem de satélite LAndsat 5 coletada no dia 21 de setembro de 2008. Os valores encontrados variam entre 0,17 e 0,66, representados nas cores vermelho, laranja, amarelo e verde.

O resultado obtido nesta pesquisa com a classe de 0,54 – 0,66 configurando o vigor da vegetação, condiz com Rosendo et al. (2007), quando afirmaram que o NDVI possui a propriedade de variar entre -1 a +1 e quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal.

Demarchi et al. (2011), em sua pesquisa, no que se refere aos tipos de vegetação, classificaram as classes dos pixel especificamente como: área de açude valores de NDVI que variaram entre -1,0 a -0,1; área de solo exposto, onde encontraram valores de -0,1 a <0,2; as áreas de cobertura "rala" do solo, concentraram-se nas classes de NDVI 0,2 a <0,4; a classe de NDVI 0,4 a <0,5 agrupou as áreas de alta densidade de cobertura vegetal; a classe de NDVI 0,5 a <0,6 agrupou as matas nativas, enquanto a classe de 0,6 a <0,9 reuniu outras áreas de mata nativa de elevada cobertura vegetal. Comparando os resultados obtidos com os referidos

voltar ao
SUMÁRIO

autores, observou-se que são predominantes valores entre 0,17 e 0,41, assim, verificou-se que prevalece a presença de solo exposto e vegetação rala nos municípios de Exu e Moreilândia.

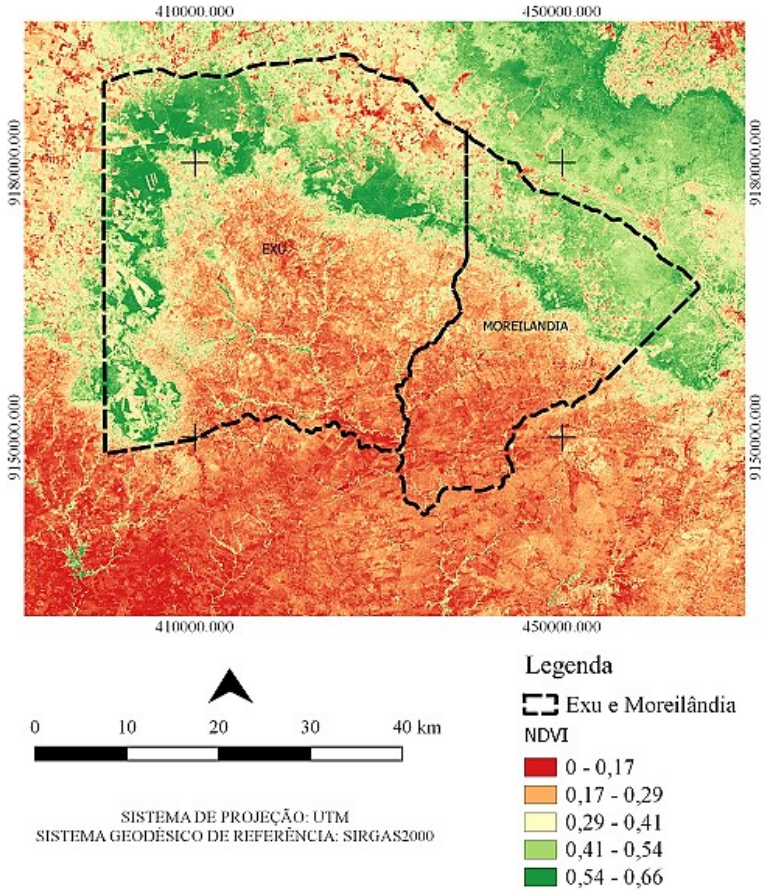


Figura 3 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) **Fonte**: Autor (2018)

Na comparação do relevo da área de estudo (Figura 2) e o NDVI (Figura 3), observou-se a similaridade espacial na divisão entre os pixels que representam maior vigor da vegetação (0,54 – 0,66) e, o platô da Chapada do Araripe, com as maiores altitudes e menores declividades em graus. A análise espacial da área de estudo apresentou definição detalhada e segura entre os pixels, comprovando a eficiência da análise pelo Sensoriamento Remoto.

Para o mesmo dia o NDWI apresentou valores de -0,25 até 0,33, representados nas cores vermelho, rosa, branco e azul, respectivamente (Figura 4).

voltar ao
SUMÁRIO

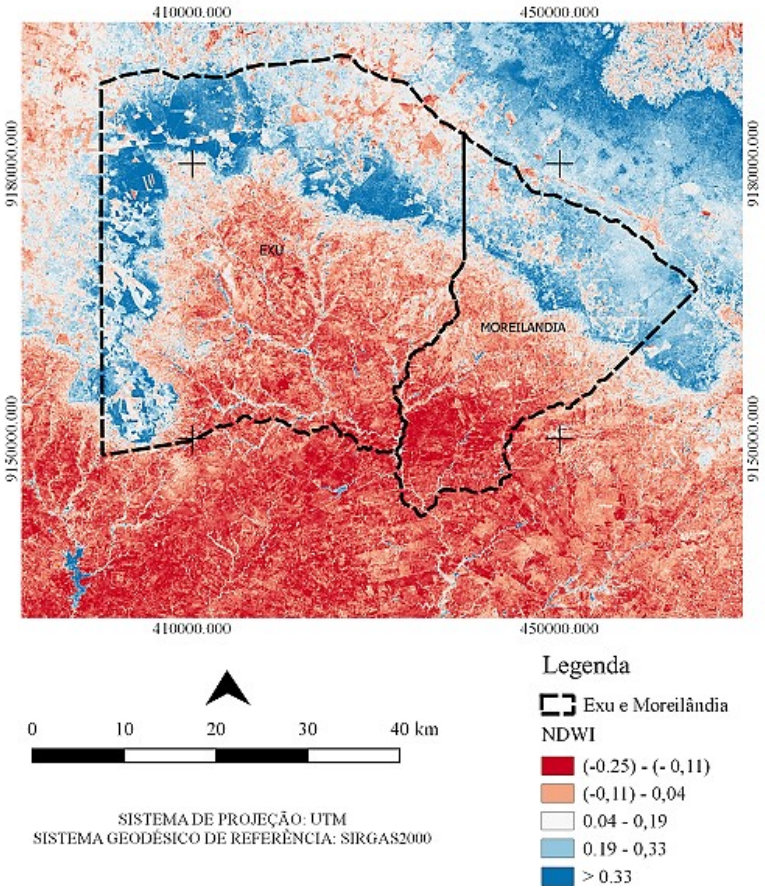


Figura 4 - Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) **Fonte**: Autor (2018)

De acordo com os valores do NDWI pode-se identificar as áreas que apresentaram maior e menor estresse hídrico no meio ambiente. Segundo Oliveira (2013) os valores das classes 0,01 a 0,10 e 0,11 a 0,20 são as áreas identificadas como solo exposto e as classes 0,21 a 0,30 são as áreas caracterizadas como áreas de pastagem ou com a presença de uma vegetação rasteira com gramíneas. As classes de 0,31 a 0,40 são as áreas de vegetação esparsa, as árvores encontradas nesta classe correspondem as espécies de pequeno porte que estão distribuídas de forma irregular no terreno. As classes representadas pelos valores de 0,41 a 0,50; 0,51 a 0,60 e 0,61 a 0,70 indicaram a presença de uma vegetação que alterou dos estágios de arbóreo arbustivo a uma vegetação mais densa indicada pela classe > 0,71. Nota-se que na região os valores de NDWI possuem um intervalo mais restrito em relação aos resultados encontrados por Oliveira (2013), onde coincidem o intervalo de 0,10 a 0,33 que indicam áreas de vegetação esparsa e árvores de pequeno porte.

voltar ao
SUMÁRIO

Observou-se considerável presença de pixels com valores negativos, correspondendo a um baixo teor de umidade (áreas na cor vermelho e rosa). Este comportamento foi detectado também por Almeida et al. (2017) quando estudaram as bacias hidrográficas do Rio Brígida e G9 em 2011, abrangendo a mesma área desta pesquisa.

4. CONCLUSÃO

Os índices de vegetação NDVI, NDWI analisados neste estudo permitiram a análise da cobertura vegetal dos municípios de Exu e Moreilândia. O índice NDWI complementa a informação obtida do NDVI, pois, quanto maior os valores deste índice, maiores serão as taxas de biomassa e de substâncias fotossinteticamente ativas, estando os valores também relacionados diretamente ao teor de água existente na vegetação.

O estudo dos Índices de Vegetação utilizando imagens TM – Landsat 5 nos municípios de Exu e Moreilândia, sertão Pernambucano, apresentou resultados compatíveis com outros estudos nesta região confirmando a eficiência na aplicabilidade da técnica em Sensoriamento Remoto.

7. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pela disponibilidade de imagens de satélite, ao Projeto Modelo de avaliação, quantificação e valoração dos serviços ambientais hidrológicos aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos em Pernambuco, aprovado no MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo: 448236/2014-1, ao Projeto Estudos de Processos Hidrológicos como base para o Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros, aprovado pelo Edital MCTI/CNPq/ANA N.23/2015, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Pós-doutorado do quarto autor e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Pós-doutorado do terceiro autor.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. N. O., OLIVEIRA, L. M. M., SILVA, C. B., BEZERRA, U. A., FARIAS, M.O., CANDEIAS, A.L.B. Análise das Bacias Hidrográficas do Rio Brígida, Rio Terra Nova

voltar ao
SUMÁRIO

e Grupo de Bacias de Pequenos Rios Interiores 9 (Gi9) de Pernambuco Usando Índices de Vegetação e de Umidade. **In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia.** Rio de Janeiro – RJ: INPE, 2017.

ANDRADE, R.G.; LEIVAS J. F.; GARÇON, E. A.M.; Silva, G.B.S.; LOEBMANN, D.G.S.W.; VICENTE, L.E.; BOLFE, E.L.; VICTORIA, D.C. Monitoramento de processos de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,** 2011.

ALLEN, R.G.; WATERS, R.; TREZZA, R.; TASUMI, M.; BASTIAANSSEN, W. **Sebal - surface energy balance algorithms for land: Idaho implementation: advance training and users manual**. Moscow: Idaho Department of Water Resources, 98p., 2002.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/. Acesso em 19 dez. 2017.

BASTIAANSSEN, W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. **A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates**. SC-DLO, 1995.

CHANDER. G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 893-903, 2009.

DEMARCHI, J.C.; PIROLI, E.L.; ZIMBACK, C.R.L. Analise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo–SP usando imagens LANDSAT-5. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 21, 2011.

GAO, B.. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote sensing of environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote sensing of environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007 e 2015). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em 19 dez. 2017.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.inpe.br/. Acesso em 19 dez. 2017.

JENSEN, J.R.; EPIPHANIO, J.C.N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese, 2011.

LEIVAS, J.F.; ANDRADE, R.G.; VICENTE, L.E.; TORRESAN, F.E.; VICTORIA, D.C.; BOLFE, E.L. Monitoramento da seca de 2012/11 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation. In: **Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçú. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013., 2013.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. Thematic Mapper bandpass solar exoatmospheric irradiances. **International Journal of remote sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International journal of remote sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432, 1996.

OLIVEIRA, J. S. Índices de vegetação (NDVI, IVAS, IAF, NDWI) como subsídio à gestão do uso e ocupação do solo na zona de amortecimento da Reserva Biológica de Saltinho. Dissertação de Mestrado, Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

OLIVEIRA, T.H., SILVA, J.S., MACHADO, C.C.C., GALVÍNCIO, J.D., NÓBREGA, R.S., & Pimentel, R.M.M. Detecção espaço-temporal de estresse hídrico na vegetação do semi-árido no nordeste do Brasil utilizando NDVI e NDWI – Estudo de caso Serra da Capivara e Serra do Congo–PI. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física-II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra**, 2010.

ROSENDO, S. J., ROSA, R. **Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4209-4216.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **In: Earth RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM**, 3., 1973, Washington. *Proceedings*... Washington: NASA, 1974. v.1, p.309-317.

SÁ, I.I.S., GALVÍNCIO, J.D., BESERRA, M.S., Sá, I.B. Uso do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) para Caracterização da Cobertura Vegetal da Região do Araripe Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 28-38, 2008

SILVA, B.B., LOPES, G.M., AZEVEDO, P.V. Albedo of irregated áreas based on LANDSAT 5-TM images. **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** v. 13, n.2, p.11-21, 2005.

USGS. United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos). Disponível em: https://www.usgs.gov/. Acesso em 15 dez. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 9
DIAGNÓSTICO DA VARIABILIDADE DA COBERTURA E USO DO SOLO NO AGRESTE PERNAMBUCANO ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO

DIAGNOSIS OF VARIABILITY OF COVERAGE AND LAND USE IN AGRESTE PERNAMBUCANO THROUGH GEOPROCESSMENT

Débora Natália Oliveira de Almeida*, Leidjane Maria Maciel de Oliveira**, Ana Lúcia Bezerra Candeias***, Ulisses Alencar Bezerra****, Antônio Celso de Sousa Leite****

Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. * (Autor Correspondente)
Departamento de Engenharia Civil, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. (Professora Orientadora) **
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Professora, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. ***
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. ****

RESUMO
As técnicas de Sensoriamento Remoto e ferramentas de geoprocessamento vem contribuindo em diversos estudos sobre o comportamento da cobertura e uso do solo, que auxilia para gestão e monitoramento ambiental. As técnicas utilizadas em imagens orbitais permitem diagnósticos que detalham sobre o dinamismo dos recursos naturais detectados na superfície terrestre. Dentre os parâmetros biofísicos existentes, neste presente trabalho destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com finalidade de caracterizar a variabilidade espacial da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, particularmente os municípios de Caruaru e Toritama no Estado de Pernambuco, por meio de imagem do sensor TM-Landsat 5. Além disso, este trabalho utilizou-se do MAPBIOMAS versão 2.3 que é um projeto que reúne mapeamento de cobertura e uso do solo no território brasileiro. Este trabalho proporcionou avaliação da potencialidade da utilização do índice NDVI como também a operacionalização e potencialidade de ferramentas como MAPBIOMAS e suas contribuições para auxiliar em estudos de cobertura e uso do solo.

Palavras chave: Landsat-5, MAPBIOMAS, NDVI, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT
Remote Sensing techniques and geoprocessing tools have been contributing in several studies on the behavior of land cover and use, which assists in environmental management and monitoring. The techniques used in orbital images allow diagnoses that detail the dynamism of the natural resources detected in the terrestrial surface. Among the existing biophysical parameters, in this present work, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) stands out in order to characterize the spatial variability of the Capibaribe river basin, particularly the municipalities of Caruaru and Toritama in the State of Pernambuco, through of the TM-Landsat 5 sensor image. In addition, this work was based on MAPBIOMAS version 2.3, which is a project that brings together land cover and land use mapping in Brazilian territory. This work provided an assessment of the potentiality of the use of the NDVI index as well as the operationalization and potentiality of tools such as MAPBIOMAS and their contributions to assist in land cover and use studies.

Keywords: Landsat-5, MAPBIOMAS, NDVI, Remote Sensing.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A utilização de imagens orbitais vem consolidando como ferramenta que permite importantes estudos, proporcionando dados sobre as feições da superfície terrestre, tais como: área irrigada, tipo de culturas, desenvolvimento de biomassa, necessidade da presença de água em cultivos, salinidade, escassez de água, balanço de energia, identificação de áreas em processos de degradação, desmatamento e outros (MAXWELL E SYLVESTER, 2012).

A aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) fundamenta-se na investigação do comportamento espectral que uma porção da superfície terrestre assume em seu resultado. Esse resultado consiste no processamento de imagens de satélite que pode implicar diversos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

Sendo assim, o Sensoriamento Remoto é uma ferramenta muito útil no estudo dos recursos hídricos por fornecer informações altamente atualizadas a um custo relativamente baixo facilitando diagnósticos de parâmetros biofísicos e ocupações sustentáveis em bacias hidrográficas. (NOVAIS *et al.*, 2011).

Os Índices de Vegetação (IV's) são uma das ferramentas geradas por técnicas de SR que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação existente (MARTÍNEZ-LÓPEZ *et al.*, 2014).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um parâmetro biofísico, fornecida por SR, relevante para o monitoramento da vegetação. Ele tem sido utilizado para construir perfis, sazonal e temporal, das atividades da vegetação, o que permite comparações interanuais desses perfis (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007).

O MAPBIOMAS é um projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, que reúne uma rede colaborativa nas áreas de sensoriamento remoto, biomas, usos da terra, SIG e ciência da computação. Utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados, desenvolvidos e operados, a partir da plataforma *Google Earth Engine* que permite gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2018). Gomes *et al.* (2017) e Lima *et al.* (2017) apresentam aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia e Brejinho, Pernambuco, respectivamente, no período de 2000 a 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

No Agreste pernambucano destacam-se os municípios de Caruaru e Toritama. Conforme Pernambuco (2010), o Polo de Confecções de Pernambuco apresenta grande concentração no agreste do Estado, nas suas três sub-regiões (Agreste Setentrional, Central e Meridional), sobretudo no entorno do eixo Caruaru, Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte, com 73% da produção de vestuário do Estado.

O objetivo deste estudo foi investigar a variabilidade da cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, especificamente em Caruaru e Toritama-PE, através do NDVI e a utilização de mapas de cobertura e uso do solo gerados através do MAPBIOMAS da Coleção 2.3.

3 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende uma das bacias mais importantes do estado de Pernambuco, a bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, especificamente nos municípios de Caruaru e Toritama (Figura 1).

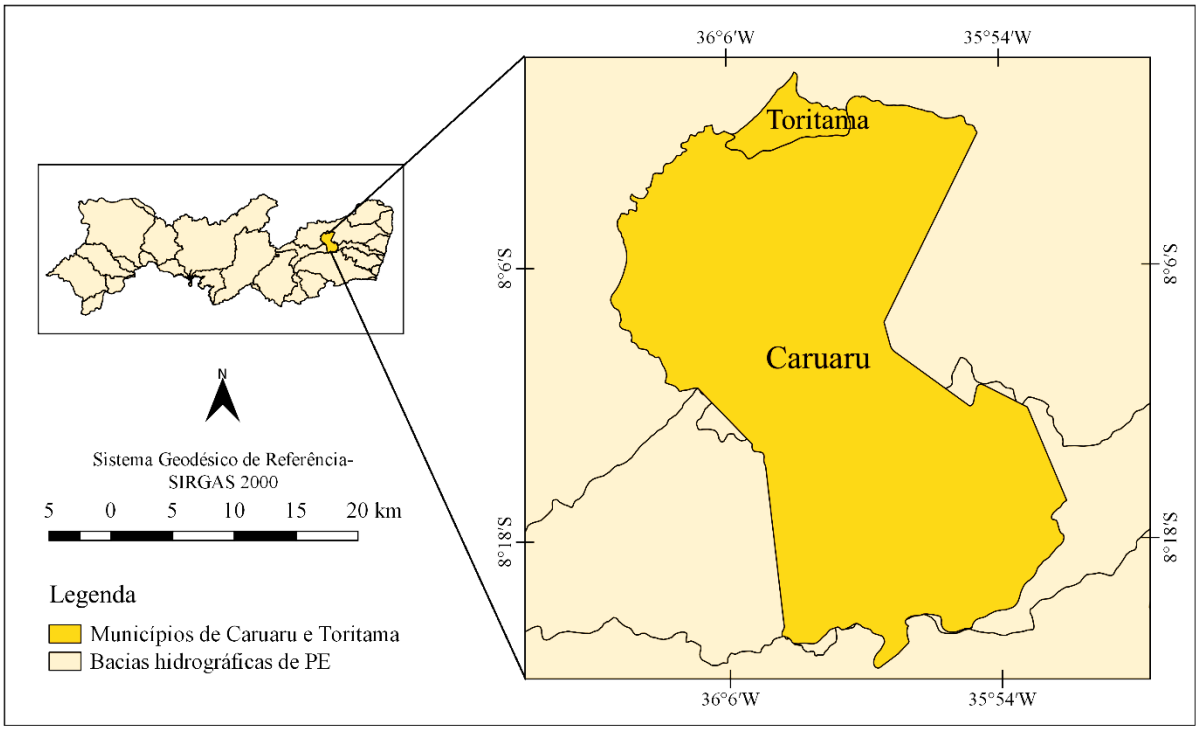


Figura 1 - Localização dos municípios de Caruaru e Toritama-PE. **Fonte:** Autora (2018).

voltar ao
SUMÁRIO

Caruaru tem 57% inserido na bacia, enquanto Toritama compreende 100% de sua área na bacia do Rio Capibaribe. Os municípios desta pesquisa estão inseridos no Arranjo Produtivo Local de Tecido e Confecção existente nas Regiões de Desenvolvimento (RDs) na bacia do Rio Capibaribe, este é considerado o principal APL da região, onde a atividade econômica que destaca está vinculada ao Polo de Confecções (PERNAMBUCO, 2010).

2.2 Aquisição de imagem de satélite para determinação do NDVI

Foi utilizada imagem do satélite Landsat 5 TM (Mapeador Temático), através do catálogo de imagens do *United States Geological Survey* (USGS). A imagem do satélite utilizada para o projeto foi referente a data 29/08/2007, Ponto 66 e Órbita 216, que corresponde a área da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (USGS,2018). Para a realização das etapas para geração das cartas georreferenciadas do NDVI utilizou-se o software gratuito QGIS versão 2.18.16.

2.3 Processamento de dados

A primeira etapa realizada no QGIS foi processamento da calibração radiométrica, onde tem-se a seguinte equação:

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que: “a” e “b” são radiâncias espectrais mínimas e máximas (Wm^{-2} sr^{-1} μm^{-1}) obtidos em Chander e Markham (2009); ND é a intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) e; “i” cada banda do satélite Landsat 5.

Com a radiância de cada banda calculada, efetivou-se a determinação das reflectâncias citadas acima. A reflectância corresponde a seguinte equação:

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L \lambda_i}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

Em que: $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda; $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (Wm^{-2} μm^{-1}) obtidos em Allen et al. (2007); Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

voltar ao
SUMÁRIO

O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), ou seja, o d_r é definido por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

Em que o argumento em função do cosseno está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

Quando a área de estudo tem declividade pequena ou nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é obtido a partir do Ângulo de elevação do Sol (E), que se encontra no cabeçalho da imagem, sendo em radianos e definido por:

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (4)$$

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto por Rouse *et al*. (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos descobertos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção, e o NDVI se aproxima de 0.

O NDVI é o indicador que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) com a soma das mesmas, bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

2.4 Operacionalização na plataforma MAPBIOMAS versão 2.3

No ambiente da plataforma MAPBIOMAS, conforme a Figura 2, por meio da ferramenta de pesquisa, foram selecionados os dois municípios do trabalho (Caruaru e Toritama).

voltar ao
SUMÁRIO

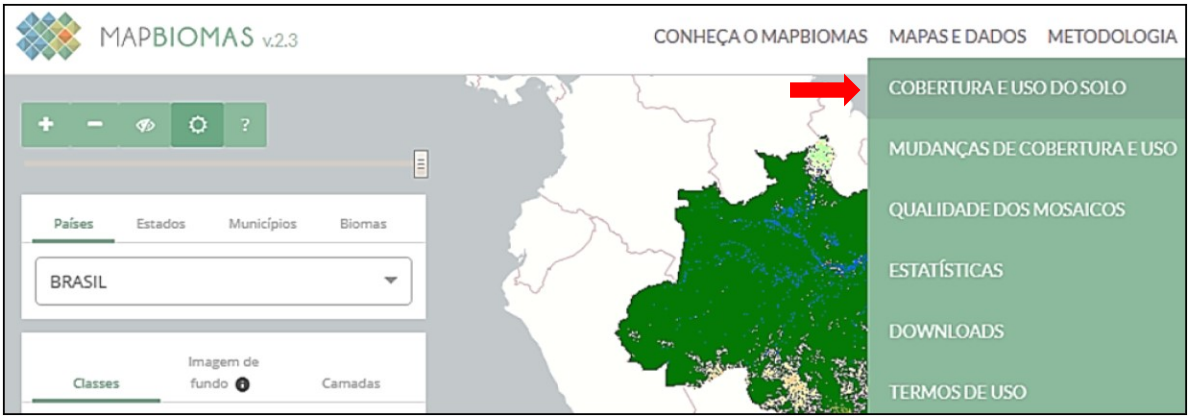


Figura 2 - Menu Principal da Plataforma. **Fonte:** MAPBIOMAS (2018)

Posteriormente foi realizado a exportação dos dados de cobertura do solo referente ao ano 2007, mesmo ano da imagem de satélite para o NDVI, afim de analisar o comportamento da classificação automatizada pelo MAPBIOMAS e comparar com os resultados do mapa de NDVI processado no QGIS. Depois do mapeamento realizado para a região escolhida, foi obtido os dados estatísticos em forma de gráficos e valores das áreas para cada classe existente na área de estudo.

3 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Figura 3, detalhou-se a variabilidade espacial dos municípios de Caruaru e Toritama para o ano 2007, onde os valores de NDVI variaram de valor mínimo (-0,145), valor máximo (0,723), valor médio (0,495) e desvio padrão (0,045). Sendo que perímetros com ausência de folhas verdes em vigor, notou-se valores próximos de 0, valores negativos foram analisados para áreas com presença de água e valores próximos a 1 indicaram áreas com maior densidade de vegetação.

Observou-se que no município de Toritama, a região na cor vermelha representa os menores valores de NDVI que constata o centro urbano do município. Nesta região situa-se um dos mais importantes polos comerciais do Agreste pernambucano, o Parque das Feiras. Em Caruaru, destaca-se a parte sul da região que condiz com a área urbana do município. Nesta área encontra-se o Polo Comercial de Caruaru que concentra cerca de 87% do complexo para vestuário (POLOS DE MODA DO AGRESTE, 2018).

voltar ao
SUMÁRIO

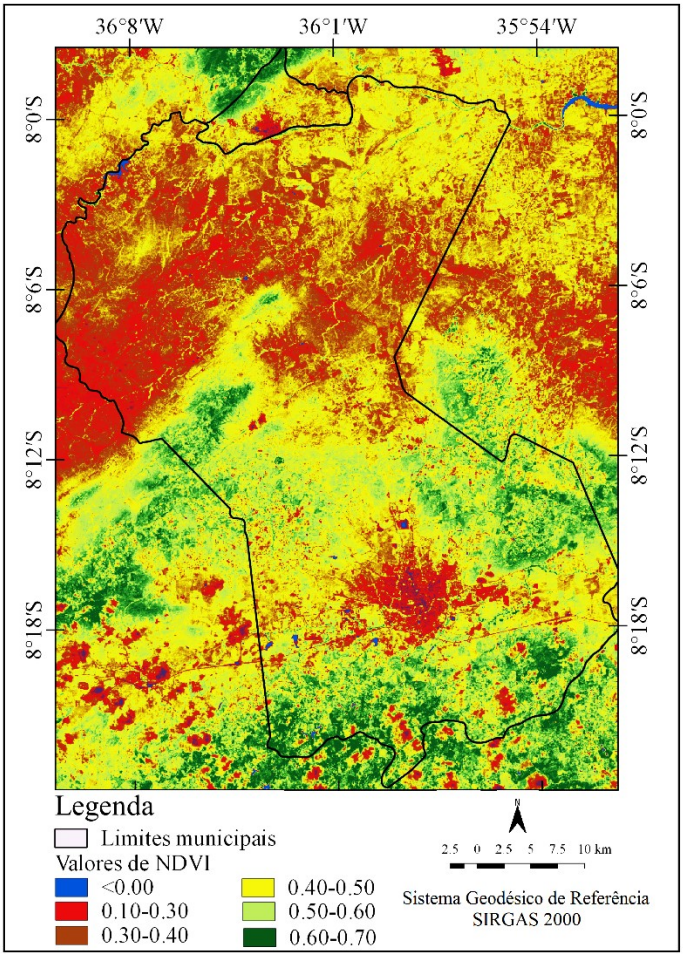


Figura 3 - Carta georreferenciada de NDVI.

De acordo com Huete & Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, apesar de que as propriedades óticas do solo, não permite definir um intervalo rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação. Como observado na Figura 3, a área que compreende parte norte de Caruaru revela esta característica atribuída ao solo. O espaço geográfico representado com valores de NDVI entre 0,24 a 0,30 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica, enquanto as áreas com NDVI maior que 0,44, são regiões de vegetação em vigor.

Este resultado foi também encontrado por Siqueira *et al.* (2017) quando pesquisaram sobre caracterização da expansão urbana de Caruaru-PE e através de parâmetros biofísicos constataram diminuição de áreas com cobertura vegetal no município.

voltar ao
SUMÁRIO

Outra ferramenta utilizada foi a plataforma MAPBIOMAS versão 2.3, Figura 4, que permitiu auxiliar na análise do mapa de cobertura e uso do solo dos municípios (Caruaru e Toritama) referente a 2007.

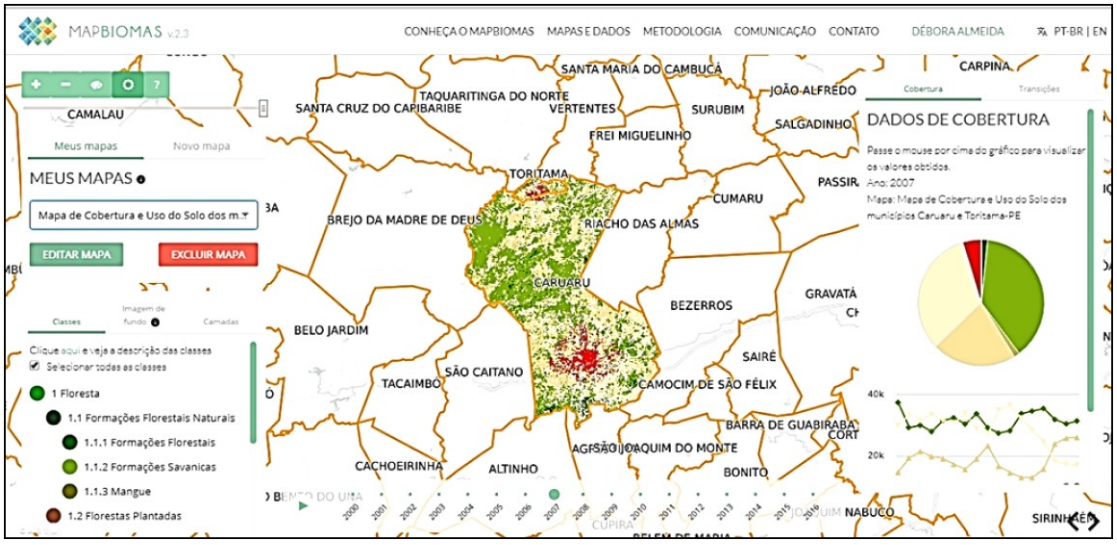


Figura 4 - Janela principal da etapa do processamento na plataforma.
Fonte: MAPBIOMAS (2018)

No ambiente do MAPBIOMAS foi possível avaliar os diversos tipos de classes da cobertura do solo tais como: floresta, formações não vegetadas, uso agropecuário, corpos hídricos e infraestrutura urbana como detalha a Figura 5. Vale salientar que a área denominada como infraestrutura urbana coincide com a área urbana detectada na carta georreferenciada do NDVI tanto para Caruaru como Toritama.

voltar ao
SUMÁRIO

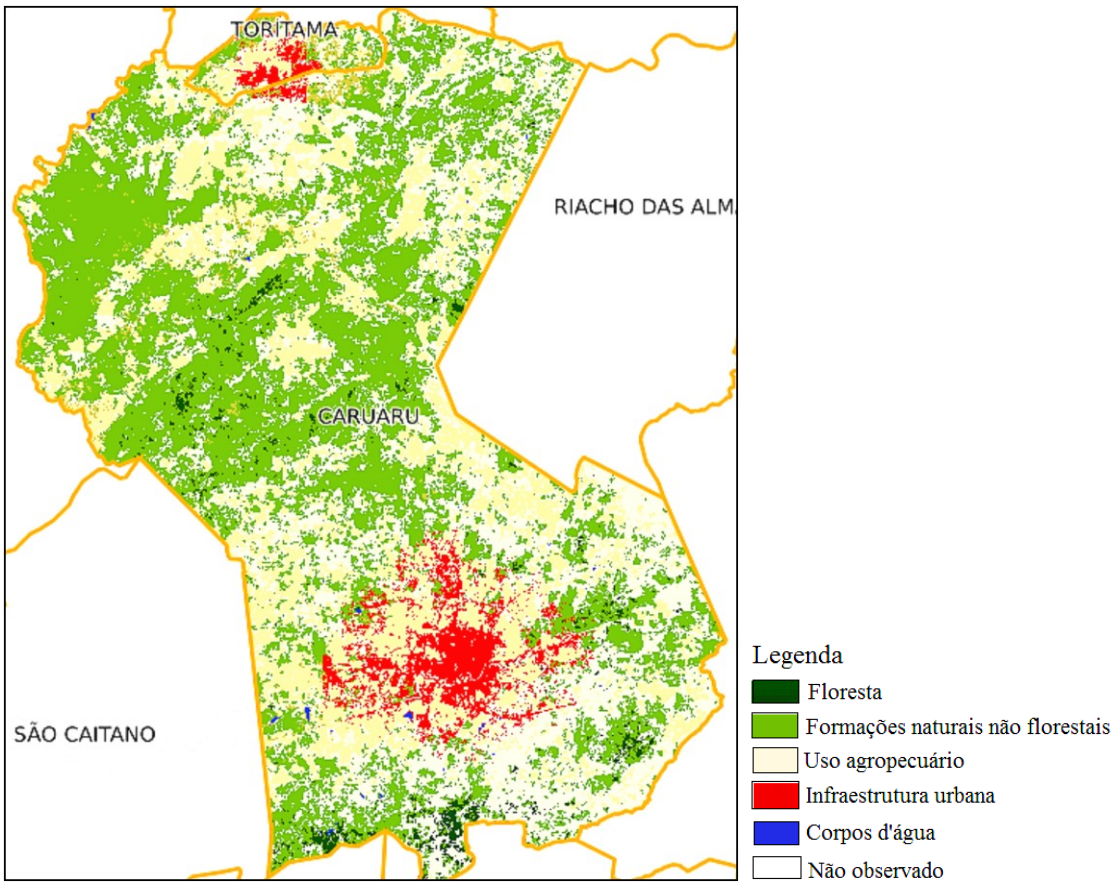


Figura 5 - Mapa de Caruaru e Toritama de uso e cobertura do solo do ano 2007.
Fonte: MAPBIOMAS (2018)

Na Tabela 1 estão descritas as áreas do solo dos municípios de Caruaru e Toritama em hectares conforme as classes automatizadas geradas no MAPBIOMAS. Em Caruaru, a maior área concentra no uso agropecuário com 46.623,10 ha. A classe floresta determinou 34.729,42 ha de área ocupando a segunda classe mais dominante, enquanto corpos d'água representou a classe com menor área revelando 70,92 ha. Em Toritama foi possível observar que o uso agropecuário também sobressaiu em relação as outras classes no município atingindo 1.255,25 ha de área. Para a classe floresta, a área correspondeu 496,09 ha e a classe corpos d'água constatou 0,00 ha.

Tabela 1 –Área do solo dos municípios de Caruaru e Toritama em ha conforme as classes automatizadas no MAPBIOMAS

Classes	**Caruaru**	**Toritama**
Floresta	34.729,42 ha	496,09 ha
Formações naturais não florestais	1.024,07 ha	254,99 ha

voltar ao
SUMÁRIO

Uso agropecuário	46.623,10 ha	1.255,25 ha
Áreas não vegetadas	3.651,43 ha	459,93 ha
Corpos d'água	70,92 ha	0,00 ha
Infraestrutura urbana	3.651,43 ha	459,93 ha

Fonte: MAPBIOMAS (2018)

Posteriormente, através do MAPBIOMAS foi obtido a representação gráfica do comportamento da cobertura e uso do solo, em termos de área, ao longo dos anos. Na Figura 6 que corresponde a Caruaru, mostrou o desenvolvimento que as classes tiveram em função do tempo, este intervalo corresponde de 2000 até 2016.

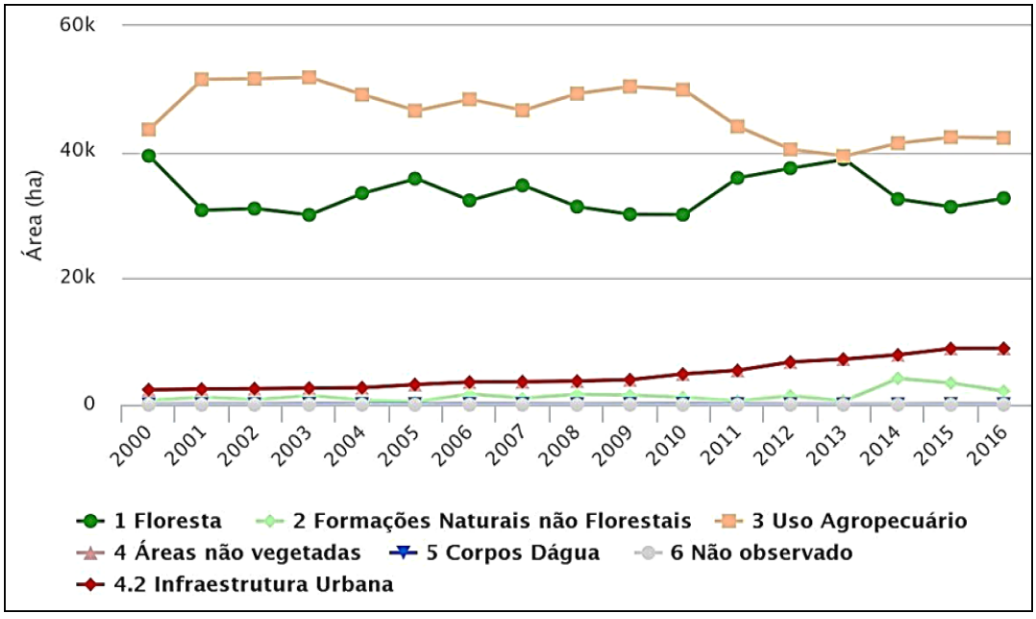


Figura 6 - Dados de área em ha de Caruaru-PE. **Fonte:** MAPBIOMAS (2018)

Destaca-se a classe uso agropecuário por suas oscilações em alguns anos descritos no gráfico, como também o crescimento de infraestrutura urbana constatando a evolução da urbanização existente na região.

Em Toritama, conforme o Figura 7, observou-se que o uso agropecuário sofreu um decréscimo em área ao longo dos anos, enquanto a classe infraestrutura urbana aumentou expressivamente no município, comprovando a influência das atividades econômicas existentes na região.

voltar ao
SUMÁRIO

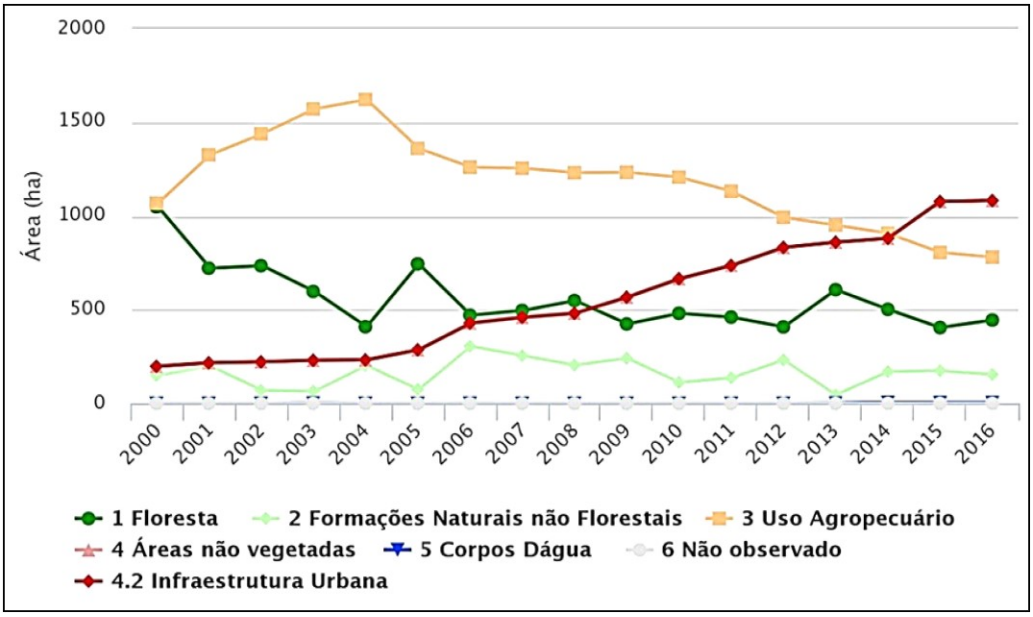


Figura 7 - Dados de área em ha de Toritama-PE. **Fonte:** MAPBIOMAS (2018)

A geoespacialização das áreas urbanas utilizando o NDVI é ferramenta importante no uso e ocupação do solo e, pode ser subsídio para gestão ambiental. Especificamente em relação à taxa de urbanização, que define o percentual da população que vive na zona urbana, 19 municípios da área da bacia apresentam valores superiores a 75%, sendo que Santa Cruz do Capibaribe e Toritama a mais de 95%, resultante da atração exercida pelo polo de confecções (BRAGA *et al.*,2015).

Dados do Censo 2000 e 2010 revelaram que a taxa de crescimento populacional entre esses dois anos é positiva para quase a totalidade dos municípios, sendo superior da média do Estado, que foi de 1,06%. No caso de Santa Cruz do Capibaribe essa taxa foi de 4,04% e de Toritama foi de 5,01%, ambas em função da influência exercida pelo polo de confecções (IBGE,2000, 2010).

4. CONCLUSÃO

As ferramentas utilizadas para este trabalho, o índice NDVI e a plataforma MAPBIOMAS permitiram resultados semelhantes para estudos da cobertura e uso do solo realizado na área de estudo.

voltar ao
SUMÁRIO

Estes resultados contribuíram na compreensão na variabilidade espacial analisada na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, particularmente nos municípios de Caruaru e Toritama que atestaram a eficácia das técnicas do Sensoriamento Remoto.

Analisou-se o período de 2000 a 2016, para Caruaru, observou-se a predominância da classe uso agropecuário e floresta, mas também se observa um crescimento de infraestrutura urbana. Já em Toritama, tem-se que o uso agropecuário sofreu um decréscimo em área ao longo dos anos, enquanto a classe infraestrutura urbana aumentou expressivamente no município, comprovando a influência das atividades econômicas existentes na região.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (*CNPq*) pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (PIBIC/CNPq/UFPE/2017-2018), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa e concessão de bolsa de Pós-Graduação do quarto autor e ao *United States Geological Survey (USGS)* pela aquisição da imagem de satélite.

6 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. ***Journal of Irrigation and Drainage Engineering***, 133 (4), pp.380-394, 2007.

BRAGA, R.A.P; FARIAS, C.R.O; SILVA, S.R; CAVALCANTI, E.R. **Gestão e Educação Socioambiental na Bacia do Rio Capibaribe.** Recife: Clã, 2015.

CHANDER. G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 893-903, 2009.

GOMES, S. O., LIMA, V. N., CANDEIAS, A. L. B., SILVA, R. R. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. **Anais** In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 805-808, nov. 2017.

HUETE, A.R.; TUCKER, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. ***International Journal of Remote Sensing*****,** v.12, p.1223-1242, 1991.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: fevereiro, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo

voltar ao
SUMÁRIO

demográfico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: fevereiro, 2018.
LIMA, V. N., GOMES, S. O., CANDEIAS, A. L. B., SILVA, R. R. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. **Anais** In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 947-951, nov. 2017.
MAPBIOMAS. Disponível em < http://mapbiomas.org>. Acesso em: Março, 2018.
MARKHAM, B.L.; BARKER, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. ***International Journal of Remote Sensing*****,** v.8, n.3, p. 517 – 523, (1987).
MARTÍNEZ-LÓPEZ, J.; CARREÑO, M.F; PALAZÓN-FERRANDO ,J.A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ,J.; ESTEVE, M.A. Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,*** v. 26, p. 193–204, Feb. 2014.
MAXWELL, SUSAN K E SYLVESTER, KENNETH M. Identification of "ever-cropped" land (1984-2010) using Landsat annual maximum NDVI image composites: Southwestern Kansas case study. ***Remote sensing of environment,*** v. 121, p. 186–195, 1 jun. 2012.
NOVAIS, L. R.; LIMA, A. DA C.; RODRIGUES, J. A.; COSTA, A. M. DOS S.; BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. (2011). Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério - BA, a partir do NDVI e NDWI. **Anais** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), INPE, pp. 1888 – 1894.
PERNAMBUCO. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental.** Volume 03/03 / Projetos Técnicos. Recife: PROJETEC – BRLI, 2010.
POLO DE MODA DO AGRESTE. Disponível em: <http://toritama-jeans.com/polo-caruaru>. Acesso em: março, 2018.
PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica.** São José dos Campos: INPE, 2002 8-8p, 2002.
PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos: A Silva Vieira Ed. 135 p., 2010.
ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1. ***Remote Sensing Cent***., Texas A&M Univ., College Station, 1973.
SIQUEIRA, A.E.C; OLIVEIRA, L.M.M.; GONÇALVES, E.A.P.; BEZERRA, S.T.M; GUSMÃO, A.C.V.L (2017). Caracterização da expansão urbana de Caruaru-PE utilizando sensoriamento remoto. **Anais** In: 9° Encontro Internacional das Águas, UNICAP.
USGS - Instituto Geológico dos Estados Unidos. Aquisição de Imagens, Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: janeiro, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 10
DIAGNÓSTICO ESPACIAL TERRESTRE DOS MUNICÍPIOS DE FREI MIGUELINHO E RIACHO DAS ALMAS – PE

SPATIAL TERRESTRIAL DIAGNOSIS OF THE MUNICIPALITIES OF FREI MIGUELINHO AND RIACHO DAS ALMAS – PE

Evely Ferreira do Nascimento*, Débora Natália Oliveira de Almeida**, Ulisses Alencar Bezerra***, Antônio Celso de Sousa Leite***, Leidjane Maria Maciel de Oliveira****

Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. * (Autor Correspondente)
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. **
Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. ***
Departamento de Engenharia Civil, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. **** (Professora Orientadora)****

RESUMO
A resposta de cada alvo a radiação incidente varia em função da composição e estrutura interna de cada objeto e por esse motivo é possível os reconhecer e distinguir através dos sensores remotos. Quando as propriedades dos materiais são conhecidas através do Sensoriamento Remoto, torna-se possível usar técnicas para extrair informações dos objetos presentes na superfície terrestre por meio das imagens orbitais. Neste trabalho efetivou-se o diagnóstico espacial histórico de dois municípios do agreste pernambucano utilizando técnicas de sensoriamento remoto através do processamento de imagem do Landsat 5 – TM adquirida pelo satélite no dia 29/08/2007. Processou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com utilização do software de livre acesso QGIS. Os resultados obtidos foram satisfatórios com literaturas existentes e a eficácia do diagnóstico espacial foi comprovado quando comparados uma seção de corpo hídrico e trecho de área urbana com imagens do Google Earth do mesmo ano de 2007.
Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, NDVI, Processamento de imagens.

ABSTRACT
The response of each target to incident radiation varies depending on the composition and internal structure of each object and for this reason it is possible to recognize and distinguish them through the remote sensors. When the properties of the materials are known through Remote Sensing, it becomes possible to use techniques to extract information from objects present on the Earth's surface through orbital images. In this work, the historical spatial diagnosis of two municipalities in the rural region of Pernambuco was carried out using remote sensing techniques through the Landsat 5-TM image processing acquired by the satellite on 08/29/2007. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was processed using the free access software QGIS. The results obtained were satisfactory with existing literature and the effectiveness of the spatial diagnosis was verified when comparing a section of water body and urban area with images of Google Earth of the same year of 2007.

Keywords: Remote Sensing, NDVI, Image Processing.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades rurais, lotes urbanos, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise aprimorada que combinasse distintos elementos e diferentes formas de representação do espaço territorial (SILVA et al., 2012).

O surgimento das imagens de satélite possibilitou, além da criação de um nível de percepção mais global, complementar às fotografias aéreas e os levantamentos de campo, a obtenção de informações radiométricas digitais de grandes extensões da superfície terrestre. (COUTINHO; MIRANDA; MIRANDA, 1998)

Meneses et al. (2012) afirmaram que o Sensoriamento Remoto (SR) é uma ciência onde visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre, isto por meio da detecção e medição quantitativa das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. Complementando esta afirmativa, Novais et al. (2012) confirmaram que o SR é uma ferramenta muito útil também no estudo dos recursos hídricos, pois fornece informações atualizadas a um custo relativamente baixo facilitando diagnósticos de parâmetros biofísicos e ocupações sustentáveis em bacias hidrográficas.

A radiação solar incidente na superfície terrestre interage de modo diferente com cada tipo de alvo. Esta diferença é determinada principalmente pelas diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições terrestres. Estes fatores fazem com que cada alvo terrestre tenha sua própria assinatura espectral (Figueiredo, 2005). Ainda o mesmo autor, afirmou que a referida assinatura espectral está relacionada ao processo de interação entre os objetos e feições terrestres com a radiação eletromagnética (REM) incidente. Complementando a afirmativa, Venturiere (2007) definiu que assinatura espectral são curvas de reflectância, ou seja, curvas médias que ilustram as formas típicas dos alvos.

Conforme Ponzoni (2002) devido à ação dos pigmentos fotossintetizantes que absorvem a REM para a realização da fotossíntese um dossel vegetal apresenta valores de reflectância relativamente baixos na região do visível. Isto é demonstrado pela tonalidade escura nas imagens obtidas nesta região. Verifica-se nas imagens da região do infravermelho próximo que estes valores se apresentam elevados devido ao espalhamento interno sofrido pela REM em função da disposição da estrutura morfológica da folha, aliado ainda ao

voltar ao
SUMÁRIO

espalhamento múltiplo entre as diferentes camadas de folhas. Finalmente, no infravermelho médio tem-se uma nova queda destes valores, devido à presença de água no interior da folha.

De acordo com Conceição (2004) as informações obtidas através de imagens de sensoriamento remoto são de extremo valor para diversas e importantes aplicações, entre as quais destaca a avaliação de desflorestamentos e reflorestamentos, a análise de cobertura do solo, o suporte à previsão de safras, o monitoramento ambiental, entre outros. Estudos de diagnósticos históricos em grandes áreas, como em municípios localizados em bacia hidrográfica são importantes, pois possibilitam suporte as ações mitigadoras em gestão ambiental e dados para pesquisas comparativas com datas mais recentes.

Esta pesquisa objetivou com o NDVI diagnosticar a variabilidade espacial dos municípios de Frei Miguelinho e Riacho das Almas – PE, no ano de 2007. Com intuito de verificar os resultados da classificação do NDVI, e constatar o comportamento das feições observadas, comparou-se com a imagem do Google Earth gerada no mesmo ano de 2007.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo abrange dois municípios pernambucanos contidos dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (Figura 1). São estes Riacho das Almas, segundo Pernambuco (2010) com 97,40% do seu território contido na Bacia e, Frei Miguelinho totalmente inserido na bacia.

Conforme dados da Condepe/Fidem (2015), o município de Frei Miguelinho abrange uma área de 212,7 km^2 e Riacho das Almas 314,0 km^2. Em relação aos aspectos físicos da área de estudo, é importante salientar que os dois municípios pertencem ao Agreste pernambucano, Mesorregião situada entre a Zona da Mata e o Sertão, que apresenta clima semiárido e tem como vegetação predominante a caatinga. Os índices pluviométricos nesta região são maiores que os do Sertão, porém também está sujeito a secas periódicas.

voltar ao
SUMÁRIO

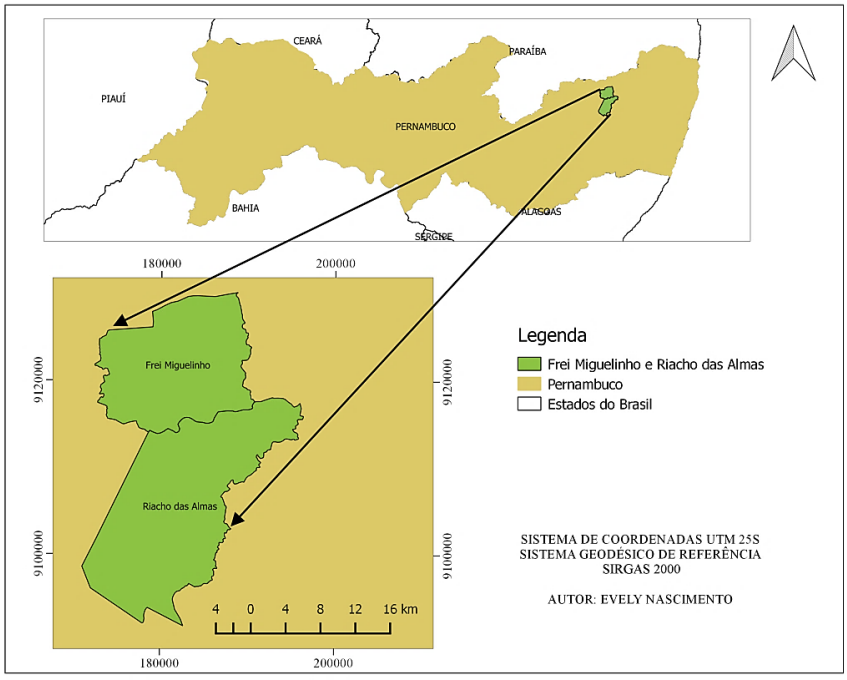


Figura 1 - Localização da área de estudo. **Fonte:** (Autor, 2018)

A imagem de satélite que contem a área de estudo foi obtida através do catálogo de imagens do *United States Geological Survey* (USGS). O sensor que a obteve foi o Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, órbita 214, ponto 66, de 29/08/2007. Para o processamento da imagem e determinação de NDVI, utilizou-se a versão 2.8.9 do software livre QGIS. A imagem e os arquivos vetoriais foram processados no Sistema de Referência SIRGAS 2000.

As bandas utilizadas para obter o NDVI são as correspondentes ao vermelho e ao infravermelho próximo, para o sensor TM são as Bandas 3 e 4 (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos das bandas 3 e 4 do TM Landsat 5

Sensor	Bandas / resolução espectral	Resolução			Faixa Imageada
		Espacial	Temporal	Radiométrica	
TM	(B3) vermelho (0.63-0.69 µm) (B4) infravermelho próx. (0.76-0.90 µm)	30 m	16 dias	8 bits	185x185 km

Fonte: INPE (2018)

2.1 Processamento Digital da Imagem

voltar ao
SUMÁRIO

Para a calibração radiométrica usou-se a fórmula obtida em Chander, Markham e Helder (2009) (Equação 1):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

onde: “a” e “b” são radiâncias espectrais mínimas e máximas (Wm^{-2} sr^{-1} μm^{-1}), ND é a intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) e; “i” cada banda do satélite Landsat 5.

Com a radiância de cada banda calculada, realizou-se a determinação das reflectâncias para ambas bandas citadas acima. A reflectância corresponde a seguinte equação (Equação 2):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L \lambda_i}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

em que: $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda; $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (Wm^{-2} μm^{-1}) obtidos em Allen, Tasumi e Treza (2007); Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), ou seja, o d_r é definido pela fórmula (Equação 3):

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

em que o argumento em função do cosseno está em radianos. O valor médio anual de d_r é igual a 1 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

Nos casos em que a área de estudo tem declividade pequena ou nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é simplesmente obtido a partir do Ângulo de elevação do Sol (E), que se encontra no cabeçalho da imagem, definido por (Equação 4):

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (4)$$

em que o argumento em função do cosseno está em radianos.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi obtido a partir das duas bandas espectrais da imagem de satélite adquirida, a do vermelho e do infravermelho próximo, conforme a equação proposta por Rouse *et al*. (1973) (Equação 5), e apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies com maior índice de vegetação, ou seja, verdes, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou

voltar ao
SUMÁRIO

nuvens. Os valores próximos de zero representam rochas e solo exposto pois eles refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

em que: ρ_{IV} reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectancia - banda4) e (ρ_V) reflectância da banda do vermelho (reflectância banda3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 a variação espacial terrestre histórica em 2007 nos municípios de Frei Miguelinho e Riacho das Almas em Pernambuco.

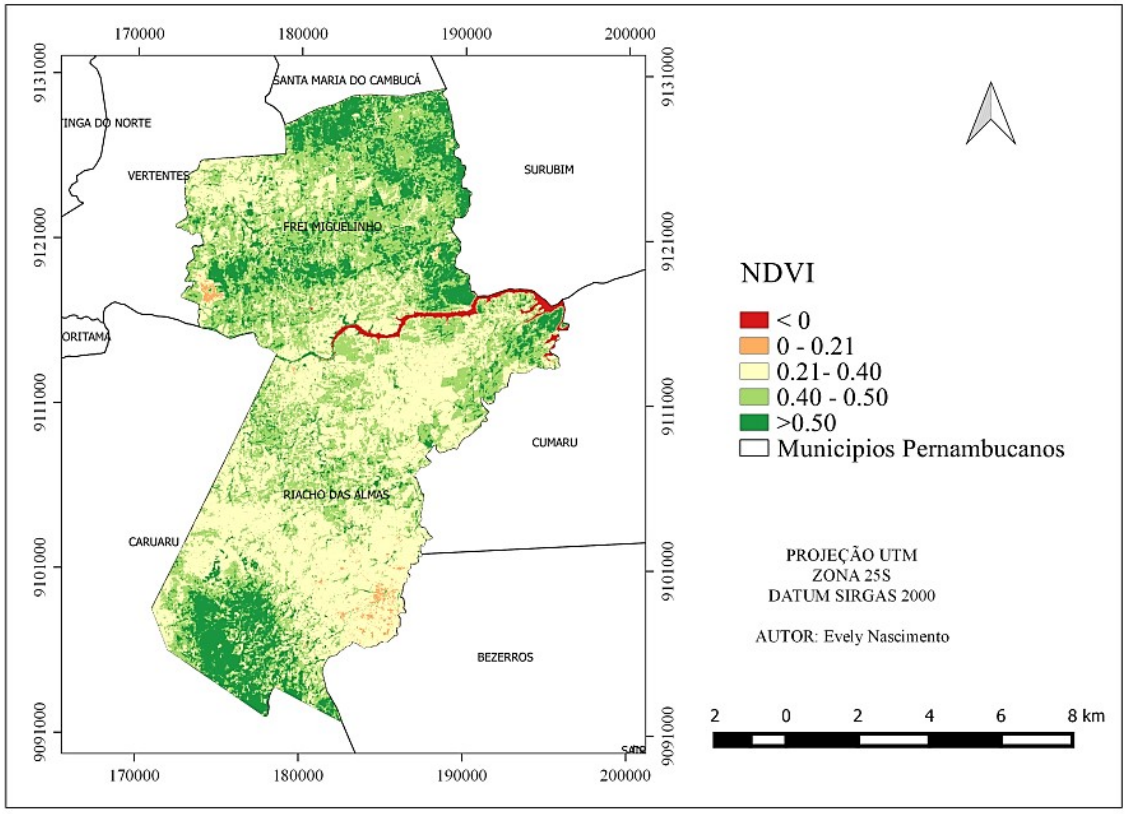


Figura 2. NDVI nos municípios de estudo no dia 29/08/2007. **Fonte:** (Autor, 2018)

Os valores de NDVI mínimo e máximo obtidos na imagem foram -0,149 e 0,709, respectivamente. O período que antecede a data da aquisição da imagem de satélite utilizada é

voltar ao
SUMÁRIO

o inverno. Segundo a APAC (2018), no Agreste, a principal característica deste período é o final da quadra chuvosa, que se encerra na primeira metade de agosto, mês em que foi processada a imagem do TM de 2007. Estes intervalos de NDVI foram similares ao encontrado por Vasconcelos et al. (2015) no Sertão Pernambucano (2004 e 2009) com valores de NDVI entre 0,00 e 0,30 em áreas próximas aos perímetros irrigados de Petrolina – PE.

A classificação do NDVI aplicada no estudo corresponde aquela de Silva e Silva (2017), onde esses autores mencionaram que para corpo hídrico varia de -1 a -0,058, enquanto que o intervalo de -0,058 a 0,21 compreende regiões onde há solo exposto, afloramentos rochosos e área urbana, e valores de 0,21 a 1 representam a vegetação, havendo dificuldade de se determinar os intervalos para as classes afloramento rochoso e área urbana, devido aos valores dessas classes serem muito próximos um do outro.

Na Figura 2 verificaram-se tons bege claro, verde claro e verde escuro representam valores de NDVI maiores que 0,21 (área com vegetação). O bege e o verde claro podem representar regiões inférteis ou escassas dentro da área, enquanto que a cor laranja, segundo a classificação usada (0 – 0,21) representa solo exposto, afloramento rochoso ou área urbana. Já o vermelho representa os valores de NDVI negativos mais próximos de -1, onde se pode perceber a presença de um corpo hídrico. Este corpo hídrico é parte do Rio Capibaribe cujo leito acompanha o limite entre os dois municípios.

O diagnóstico do NDVI em classes com valores negativos (< 0), condiz com os resultados de Almeida et al. (2017) quando estudaram o NDVI no município de Ibimirim – PE e diagnosticaram o reservatório Poço da Cruz.

Na Figura 3 foi possível verificar, a partir dos perfis, a diferença entre os valores de NDVI para a área urbana e a rural com corpo hídrico. Como diagnóstico espacial histórico (2007), no corte transversal na localização do corpo hídrico (Rio Capibaribe) observaram-se valores negativos e na área urbana, observaram-se valores até 0,21. Este diagnóstico poderá ser base de pesquisas para identificação de corpos hídricos e crescimento de área urbana, colaborando com órgãos competentes de planejamento de uso e ocupação do solo.

voltar ao
SUMÁRIO

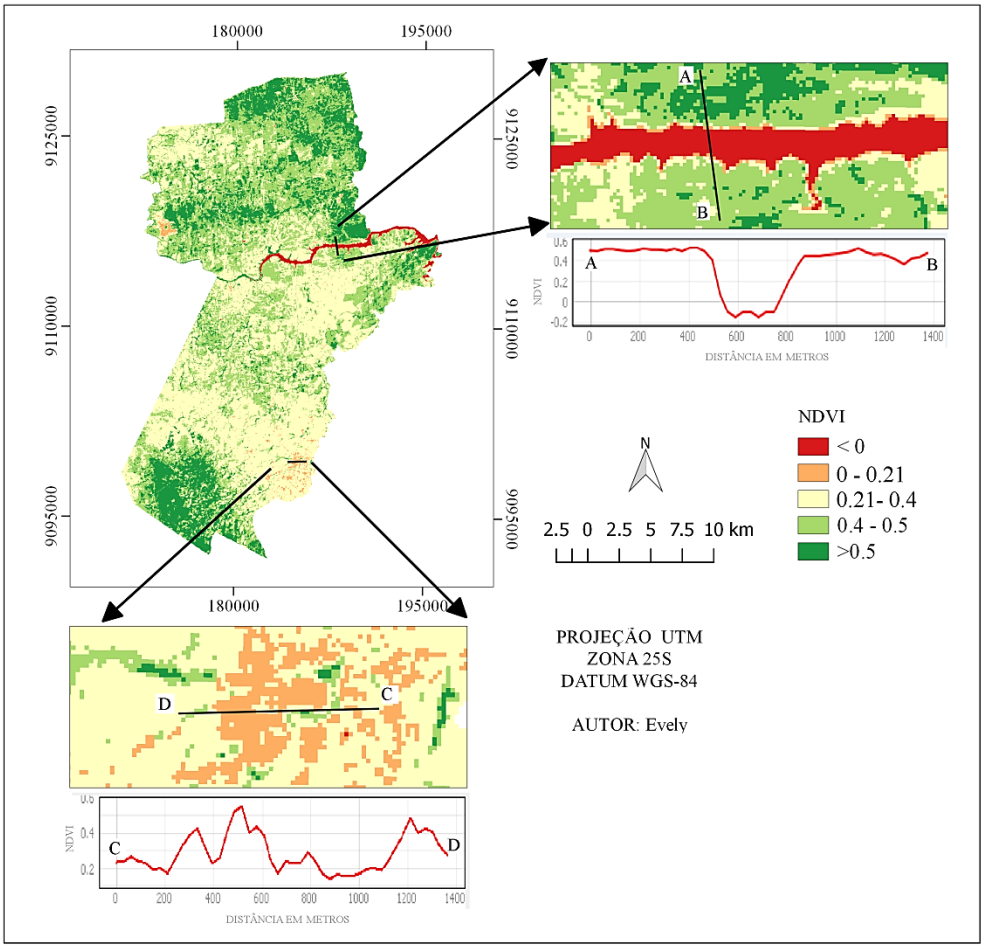


Figura 3 - Perfil do resultado do NDVI para seção transversal de parte do Rio Capibaribe e área urbana em Riacho das Almas. **Fonte:** (Autor, 2018)

O resultado de NDVI (2007) e a imagem do Google Earth (2007) para localização da vila de Trapiá podem ser detectados na Figura 4. Esta vila é uma área urbana no município de Riacho das Almas, onde, segundo a Prefeitura, em 1920 foi instalada a sede distrital passando depois para a sede municipal. A imagem do Google Earth de 2007 é de baixa resolução espacial, porém é possível identificar algumas feições, tanto da área urbana (vila de Trapiá) como do corpo hídrico (rio Capibaribe).

voltar ao
SUMÁRIO

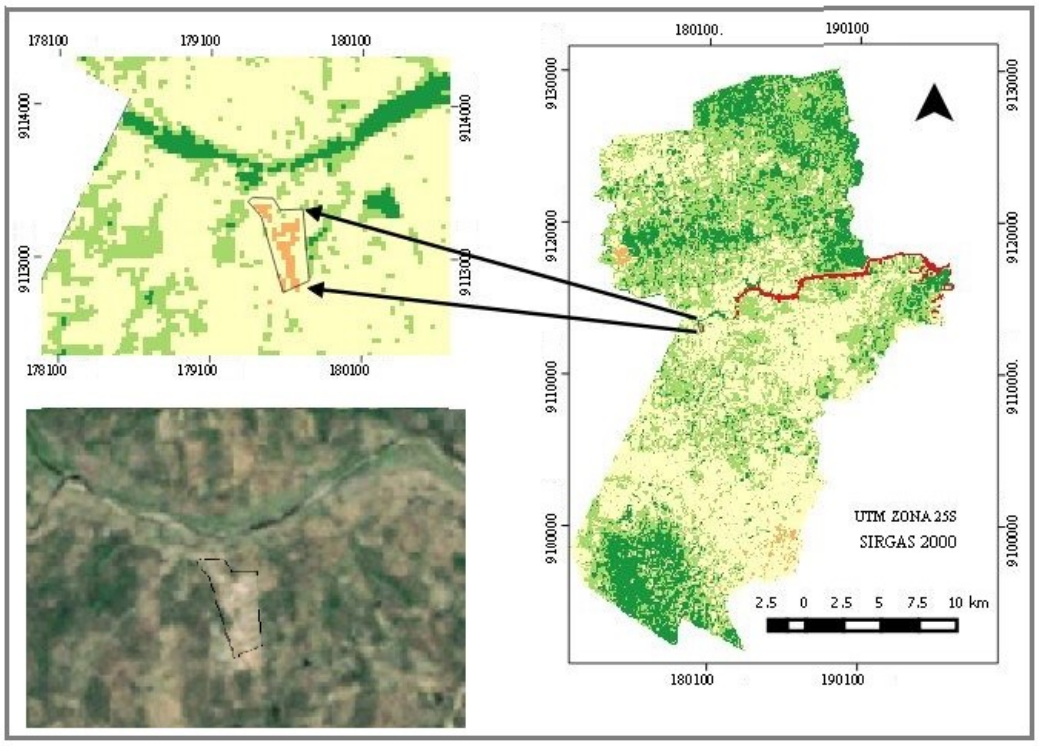


Figura 4 - Resultado do NDVI na vila Trapiá. **Fonte:** (Autor, 2018)

O rio Capibaribe apresenta regime fluvial intermitente nos seus alto e médio cursos, tornando-se perene somente a partir do município de Limoeiro, no seu baixo curso. (APAC, 2018). Esta condição hidrológica permite detectar, a presença ou ausência de vegetação em suas margens, decorrente do suporte hídrico disponibilizado para a vegetação.

Entre a imagem do Google Earth de 2007 e o NDVI processado, pode-se observar no diagnóstico histórico o similar delineamento do rio Capibaribe, bem como a presença da mata ciliar nas laterais do rio, representada pelo vigor da vegetação em relação a espacialidade da imagem em sua totalidade.

4. CONCLUSÃO

O diagnóstico espacial terrestre da área através das técnicas de Geoprocessamento utilizadas possibilitou a obtenção de informações acerca da distribuição espacial de vegetação, água, solo exposto/rocha e área urbana no ano de 2007.

Com os resultados obtidos do NDVI e estudo de sua variação espacial em uma imagem de satélite multiespectral foi possível detectar em uma área específica diferentes

voltar ao
SUMÁRIO

ocupações no solo, como foi o caso da Vila Trapiá, que é uma região urbana, e foi possível analisar a condição da vegetação de áreas com cobertura vegetal. Esta técnica se mostrou uma ferramenta muito útil para aplicação em áreas rurais e urbanas em pesquisas com índice de vegetação.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (EDITAL FACEPE 03/2017 – PIBIC/FACEPE – 2017, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic/UFPE/CNPq) do segundo autor, ao Projeto Modelo de avaliação, quantificação e valoração dos serviços ambientais hidrológicos aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos em Pernambuco, aprovado no MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo: 448236/2014-1, ao Projeto Estudos de Processos Hidrológicos como base para o Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros, aprovado pelo Edital MCTI/CNPq/ANA N.23/2015, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa e concessão de bolsa de Pós-Graduação do terceiro autor e, ao *United States Geological Survey* (USGS) por disponibilizar as imagens de satélite para realização dos estudos.

6. REFERÊNCIAS

Allen, R. G.; Tasumi, M.; and Trezza, R. (2007). **Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration METRIC—Model.** JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING. July/August 2007.

ALMEIDA, D. N. O.; OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JÚNIOR, J.R.; NETO, A.R. Caracterização hídrica e uso do solo no Sertão pernambucano por índice de vegetação. **In Anais do 9º Encontro internacional da Águas, Recife – PE**, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), 2017.

APAC - Agência nacional de água e Clima. Rio Capibaribe, 2018. Acesso em: < http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=14> , 26/04/2018.

CHANDER, G; MARKHAM, B.L; HELDER, D.L. (2009). **Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors**. Remote Sensing of Environment, Manuscrito: RSE-D-08-00684. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090027884.pdf>. Acessado em Março de 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

CONCEIÇÃO, L. A. B. S. **Diagnóstico ambiental através do uso de técnicas de sensoriamento remoto como apoio para o planejamento de unidades administrativas: o caso de Osório, RS**. Dissertação, (Mestrado em Sensoriamento Remoto), 2004. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. Base de dados do Estado. Perfil dos Municípios. 2015. Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>. Acessado em Março de 2018.

COUTINHO, A. C; MIRANDA, E. E; MIRANDA, J. B. Mapeamento da Superfície Terrestre Através da Utilização do Método de Segmentação por Crescimento de Regiões e Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite 1998. **Anais...** In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 525 - 535, 1998.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf >. Acessado em Março de 2018.

MENESES et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPQ, 2012.

NOVAIS, L. R.; LIMA, A. DA C.; RODRIGUES, J. A.; COSTA, A. M. DOS S.; BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. (2011). Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério - BA, a partir do NDVI e NDWI. **Anais In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),** INPE, pp. 1888 – 1894.

PERNAMBUCO. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental**. Volume 03/03 / Projetos Técnicos. Recife: PROJETEC – BRLI, 2010.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a mata atlântica.** São José dos Campos: INPE, 2002.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING, D.W., 1973. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Prog. Rep. RSC 1978-1. Remote Sensing Cent. Texas A&M University, College Station. Disponível em: < https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730017588.pdf>. Acesso em Março de 2018.

SILVA et al. Unidade 1 – **Fundamentos da gestão territorial para recursos hídricos e caracterização de bacias hidrográficas**. Foz de Iguaçu: ANA, 2012. Disponível em: < https://capacitacao.ead.unesp.br/conhecerh/bitstream/ana/100/1/Unidade_1.pdf>. Acesso em 02 de Abril de 2018.

SILVA, C. C. S.; SILVA, S. M. L. **Monitoramento da ocupação urbana por meio de índices ndvi e ndbi a partir de imagens landsat-5 do parque estadual da serra da tiririca**, Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta, 1-4, 2017.

VENTURIERI, A. **Curso de introdução às técnicas de Sensoriamento Remoto**. Belém: 84, 2007.

VASCONCELOS, R. S.; MONTEIRO, S. M. G. L.; MOURA, G. B. A.; GUSMÃO, A. C. V. L.; SILVA, B. B. DA; OLIVEIRA, L. M. M. de; COELHO, V. H. R. Índice de Vegetação e Temperatura da Superfície por Sensoriamento Remoto para o Sertão do São Francisco. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 11
DEGRADAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIMENTA, SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

DEGRADING VEGETABLE COVERAGE IN THEN AREA OF THE RIVER PIMENTA WATERSHEDS, SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Tatiana Cristina Santos de Castro* [e] **, Jessica Diniz Rodrigues, Daine Silva Costa, Ana Maria Campos Diniz, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti.

**Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas, Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus Alcântara, Brasil.*

***Curso Técnico em Meio Ambiente, Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. E-mail:* tatiana.castro@ifma.edu.br (Autor correspondente e orientadora)

RESUMO
Esta pesquisa teve como objetivo efetuar o mapeamento espaço temporal do uso e ocupação do solo, na bacia hidrográfica do rio Pimenta, no intervalo de 26 anos (1984-2010). Para tanto foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5TM, órbita/ponto 220/062, resolução espacial de 30 m referente aos anos citados. A confecção dos mapas se deu em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG) o *software* utilizado foi o QGIS (versão 2.0.1). A projeção cartográfica adotada foi UTM (*Universal Transverse de Mercator*) e o DATUM SIRGAS 2000. Os resultados indicaram que no intervalo temporal estudado houve uma perda de 1,07 Km^2 de área coberta por vegetação. Essa perda está relacionada à intensa expansão urbana da área, o que modificou de forma irreversível a bacia hidrográfica do rio Pimenta.

Palavras-Chaves: Rio Pimenta, Expansão Urbana, Qualidade Ambiental.

ABSTRACT
This research had the objective of mapping the temporal space of land use and occupation, in the Pimenta river watersheds, in the period of 26 years (1984-2010). For this purpose, images of LANDSAT 5TM satellite, orbit / point 220/062, spatial resolution of 30m referring to the mentioned years were used. The mapping was done in a geographic information system (GIS) environment, the software used was QGIS (version 2.0.1). The cartographic projection was UTM (Universal Transverse of Mercator) and DATUM SIRGAS 2000. The results indicated that in the time interval studied there was a loss of 1.07 Km^2 of area covered by vegetation. This loss is related to the intense urban expansion of the area, which has irreversibly changed the Pimenta river basin.

keywords: Rio Primenta; Urban Expansion; Environmental Quality.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A área de drenagem natural das águas pluviais, delimitada por divisores de água é definida como uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem. A "Lei das Águas", instituída através da Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), considera a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a gestão dos recursos ambientais, em especial, dos recursos hídricos.

Segundo Bevilacqua (2012) *apud* Schussel et al (2015) adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento implica reconhecer que é sobre este recorte especial que as ações antrópicas e as degradações decorrentes refletem seu efeito. Portanto, estudos relacionados ao mapeamento das condições de uso e ocupação do solo são considerados importantes para a gestão ambiental de bacias hidrográficas.

Uma ferramenta de fundamental importância, neste tipo de pesquisas, é o geoprocessamento, que juntamente com o sensoriamento remoto destacam-se na obtenção de dados referente ao uso e ocupação do solo. Nunes et al (2015) corroboram a respeito da importância do sensoriamento remoto na obtenção de dados sobre as condições do espaço territorial, principalmente, adquiridos para monitoramento e análises dos recursos naturais em bacias hidrográficas.

Dessa forma, pesquisas sobre o mapeamento do uso e ocupação do solo, com uso de geotecnologias se destacam de suma importância no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, pois permite analisar e conhecer as condições ambientais do espaço territorial; fornecer subsídios à respeito do estado de conservação da unidade territorial (a bacia hidrográfica); auxilia na adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais detectáveis e contribui para a tomada de decisão à respeito do planejamento e gestão ambiental da área de uma determinada bacia hidrográfica.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo efetuar o mapeamento espaço temporal do uso e ocupação do solo, na bacia hidrográfica do rio Pimenta por meio da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5TM referente aos anos 1984 e 2010.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio Pimenta localiza-se na região norte do município de São

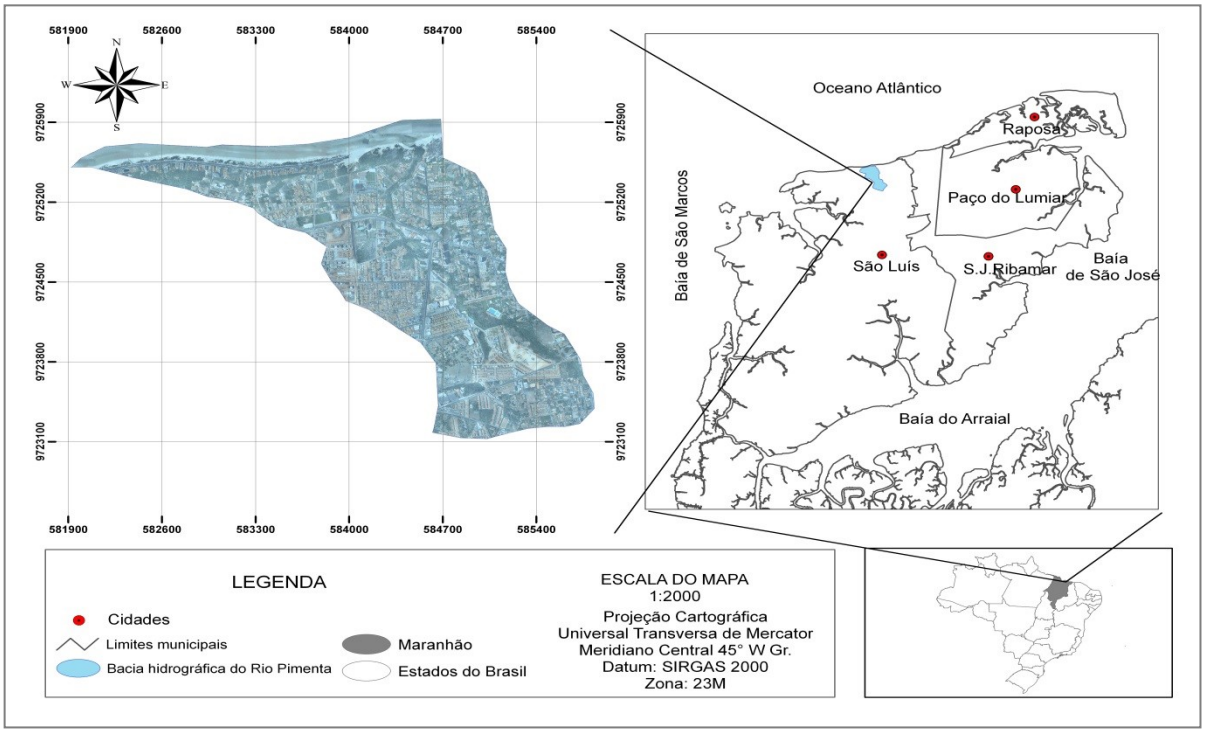
voltar ao
SUMÁRIO

Luís, ocupa uma área de 3,90 km^2. Seu curso d'água principal mede cerca de 2,5 Km de extensão, com sua foz na praia do Olho d'água (figura 1).

A região da área da bacia apresenta-se bastante urbanizada com presença predominante de zonas residenciais e comerciais, que constituem um aglomerado de condomínios.

As unidades de paisagem da área são compostas predominantemente por vegetação secundária de terra firme, distribuídas nas áreas antropizadas da bacia; vegetação de mangue, concentrada apenas na desembocadura do rio; vegetação ciliar, que margeia os pequenos canais de cursos d'água que compõe a rede hidrográfica e áreas de dunas coberta por vegetação, localizada na região do baixo curso do rio.

A degradação da cobertura vegetal na região da bacia foi realizada através do mapeamento espaço temporal do uso e ocupação do solo, no intervalo de 26 anos (1984-2010). Utilizou-se o método de classificação supervisionada, com uso de imagens do satélite LANDSAT 5TM, órbita 220, ponto 062, com auxílio do *software* Quantum Gis (versão 2.0.1). Adotou-se a projeção cartográfica UTM (*Universal Transverse de Mercator*) e o DATUM SIRGAS 2000. Somado ao mapeamento temático foi realizado o levantamento bibliográfico de dados e documental.



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Pimenta em relação ao município de São Luís – MA, Brasil. **Fonte**: Autores (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Rio Pimenta, na década de 1980 apresentava uma ocupação urbana considerada baixa a média, em comparação ao elevado nível de ocupação atual. O mapeamento temático, realizado com base em imagens de sensores orbitais, satélite LANDSAT 5 TM, revelou através do mapeamento temático, que essa ocupação era de 1,61 km^2, cerca de 41% do território. No ano de 2010, ou seja, no intervalo temporal de 26 anos, o processo de ocupação urbana se intensificou e causou profundas transformações na área da bacia hidrográfica, com sua expansão o espaço urbanizado passou a ocupar 2,68 km^2, cerca de 68% do território.

Com o aumento da expansão urbana em 27%, no intervalo de 26 anos, constatamos que as áreas cobertas com vegetação secundária foram bastante reduzidas. Na década de 1984 a vegetação ocupava uma área de 1,73 km^2, cerca de 44% do território. Já no ano de 2010 passou ocupar 0,66 km^2, cerca de apenas 16% do território (figura 2). Portanto, houve uma perda de 1,07 km^2 de área coberta por vegetação, dando lugar a áreas urbanizadas, totalmente antropizada.

É notório que o processo de expansão urbana na área da bacia hidrográfica do rio Pimenta não é um caso isolado em São Luís. Na década de 1980, quando a capital maranhense recebeu os grandes empreendimentos industriais, no caso a Vale S/A e a ALUMAR, advindos do Programa Grande Carajás, a cidade se expandiu para áreas até então considerada como regiões de sítios, com densa cobertura vegetal, como era o caso da região sul da bacia do rio Pimenta. Essa região, de acordo com Macedo (2003), localizava-se nos platôs do bairro do Turu e guardava as nascentes do curso d'água principal do rio, cujo leito maior media 2,5 Km de extensão seguindo em direção ao norte, atravessando as avenidas Daniel de La Touche e dos Holandeses, com sua foz entre as entre as praias do Olho D'agua e Caolho.

Na região da bacia hidrográfica do rio Pimenta a ocupação informal e/ou desordenada não é o tipo de ocupação preponderante. Os principais usos, aqueles presentes de forma significativa estão relacionados ao crescimento da malha urbana e a expansão imobiliária, organizada de forma "organizada/planejada". Um exemplo, recente, são as incontáveis obras

voltar ao
SUMÁRIO

de construção civil de condomínios residenciais e comerciais distribuídas por toda área da bacia, principalmente, nas regiões dos bairros: Turu, Olho D'água, Cohajap e a obra de prolongamento da Av. Litorânea, realizada no ano de 2011-2012, de responsabilidade da Prefeitura Municipal de São Luís, que causou um corte na duna, localizada às margens esquerda do rio, próximo a sua foz, na praia do Olho D'água, dando lugar a via pavimentada. Ressalta-se que esse projeto de prolongamento da Av. Litorânea foi idealizado em 1993, como parte integrante do plano de desenvolvimento da capital, ampliando a estrutura viária, objetivando o deslocamento urbano.

Somada a perda da cobertura vegetal, o processo de expansão urbana na região da bacia do rio Pimenta provocou um dos grandes problemas urbanos, a falta de saneamento adequado. Ressalta-se que embora a região apresente intensas obras urbanas, o saneamento, ou seja, o fornecimento dos serviços de esgotamento sanitário não acompanhou a evolução urbana da área. De modo que a poluição dos mananciais locais foi inevitável, devido o lançamento de esgoto *in natura*.

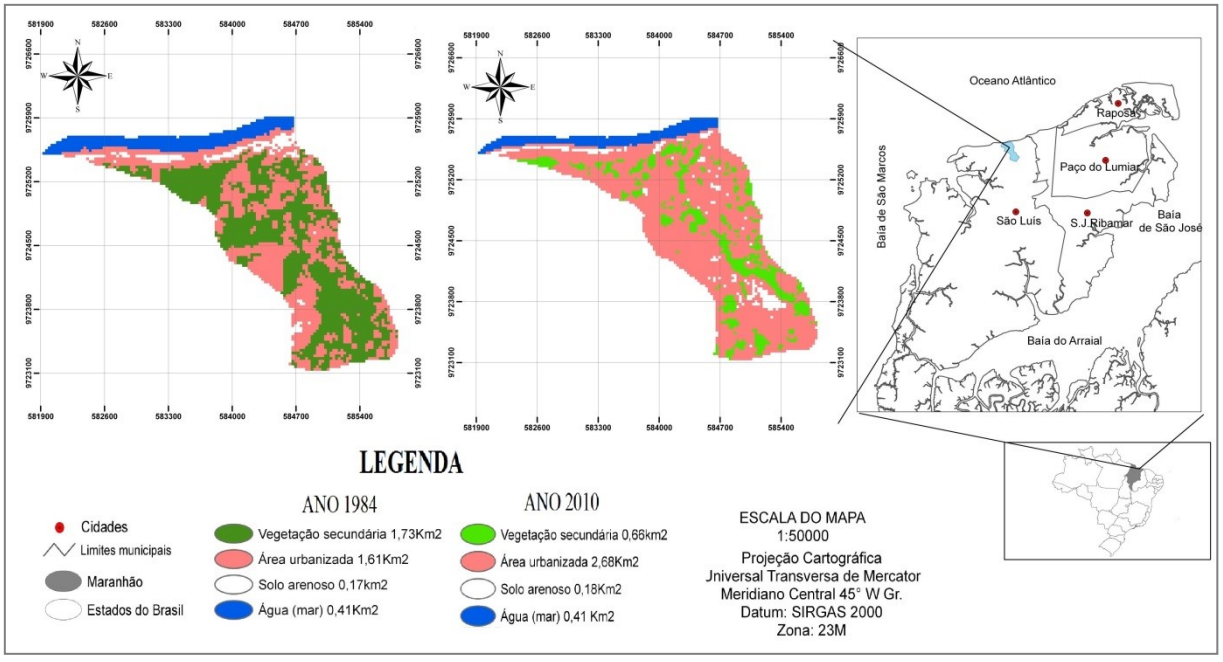


Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo (anos de 1984 e 2010), na bacia hidrográfica do Rio Pimenta. **Fonte:** Autores (2016).

voltar ao
SUMÁRIO

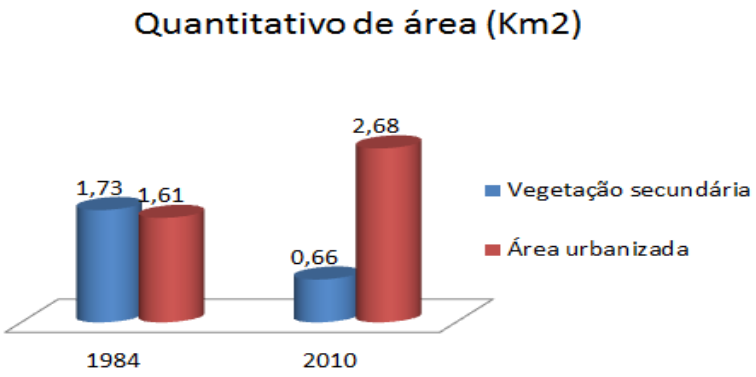


Figura 3 – Quantitativo de áreas mapeadas na região da bacia hidrográfica do Rio Pimenta, nos anos de 1984 e 2010. **Fonte:** Autores (2016).

4. CONCLUSÃO

O mapeamento temático realizado nesta pesquisa evidenciou que a degradação da cobertura vegetal está diretamente relacionada à expansão urbana da cidade de São Luís, principalmente, ocorridas na área da bacia em questão, o que afetou não apenas as áreas verdes, mas, principalmente, os mananciais superficiais locais, que vêm sendo utilizados como local de despejo de esgoto *in natura*.

A bacia hidrográfica do rio Pimenta sofreu profundas transformações, alterando de forma gradativa e irreversível a configuração de seu espaço territorial. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicaram que, o mapeamento espaço temporal, intervalo de 26 anos (1984-2010) houve uma perda de 1,07 Km^2 de área coberta por vegetação. Essa perda está relacionada à intensa expansão urbana da área.

Com o aumento da expansão urbana, problemas como lançamento de esgoto in natura, no rio Pimenta se intensificou, o que aos poucos, ao longo das ultimas décadas transformou os pequenos canais de curso d'água de águas límpidas em canais de disposição de esgoto, na grande maioria, *in natura*.

Embora a região apresente intensas obras urbanas, o saneamento, ou seja, o fornecimento dos serviços de esgotamento sanitário não acompanhou a evolução urbana da área. De modo que a poluição dos mananciais locais foi inevitável, devido às inúmeras intervenções antrópicas, na área da bacia hidrográfica do rio Pimenta.

voltar ao
SUMÁRIO

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos.** Brasília, DF, 08 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 27 de nov. 2016.

MACEDO, Lúcio Antonio Alves de. **Qualidade Ambiental dos rios da ilha de São Luís.** 1.ed. São Luís: EDUFMA, 2003.76p.

NUNES, Juliana Faria; ROIG, Henrique Llacer. **Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.25-36, 2015.

SCHUSSEL, Zulma; NETO, Paulo Nascimento. **Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal.** Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVIII, n. 3 n p. 137-152 n jul.-set. 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 12
MAPEAMENTO E ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE BOM CONSELHO-PE, UTILIZANDO NDVI

MAPPING AND ANALYSIS OF VEGETATION COVER IN THE CITY OF BOM CONSELHO-PE, USING THE NDVI.

Renilson Pinto da Silva Ramos*, Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de Deus*, Samuel Othon de Souza Costa*, Carlos Eduardo Santos de Lima**, Daniel Dantas Moreira Gomes***

Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, campus João Pessoa, Brasil*
Departamento de Ciências Geográficas / DCG, Universidade Federal de Pernambuco, campus Garanhuns, Brasil**
Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco, campus Garanhuns, Brasil***

RESUMO
Este artigo tem o objeto de elaborar uma análise sobre a cobertura vegetal do município de Bom Conselho em Pernambuco, que fica a 282 Km da capital Recife. Esta pesquisa pretende mapear e analisa a vegetação dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2017, utilizando o modelo de NDVI (Índice de vegetação por diferença normalizada) por ter sido efetivo em mostrar os detalhes da condição da vegetação, em toda a literatura especializada para este tipo de análise. Portanto, para o desenvolvimento da pesquisa foi usado imagens do satélite Landsat 5, disponibilizadas pela USGS (Serviço geológico dos Estados Unidos), que são baixadas gratuitamente com a correções atmosféricas, para que o trabalho seja bem-sucedido. Os dados foram integrados, tratados e analisados em ambiente SIG, utilizando o software ArcGis 10.3. O objetivo da pesquisa é para testar a diferença dos vinte anos na cobertura vegetal do município. Foi possível perceber o aumento dos solos expostos no município durante o tempo de análise estudado, com a contrapartida de diminuição de vegetação densa.

Palavras-chaves: Sensoriamento remoto, NDVI, vegetação.

ABSTRACT
This article has the purpose of elaborating an analysis on the vegetation cover of the municipality of Bom Conselho in Pernambuco, which is 282 km from the capital Recife. This research intends to map and analyze the vegetation of the years 1990, 2000, 2010 and 2017, using the NDVI model because it was effective in showing the details of the vegetation condition in all the specialized literature for this Type of analysis. Therefore, for the development of the research, images of the Landsat 5 satellite, made available by the USGS (Geological Survey of the United States), were *downloaded* and downloaded with atmospheric corrections, so that the work would be successful. The data were integrated, processed and analyzed in a GIS environment, using ArcGis 10.3 software. The objective of the research is to test the difference of twenty years in the vegetation cover of the municipality. It was possible to notice the increase of the soils exposed in the municipality during the time of analysis studied, with the counterpart of dense vegetation decrease.

Keywords: Remote sensing, NDVI, Vegetation

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal é um elemento fundamental para o meio, pois equilibra todo um sistema ambiental. Apenas a vegetação, possui efeito estabilizador diante das funções de anteparo, aos processos mecânicos da morfogênese, protegendo assim o ambiente natural (TRICART, 1977).

Além de ter função estabilizadora, a cobertura vegetal provém regularizações dos ciclos naturais, fazendo com que melhore todo o sistema ambiental, Costa et al (1996) expõe que a vegetação estabiliza os fluxos hídricos, reduz o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, e traz também benefícios para a fauna. Portanto, a cobertura vegetal, demonstra-se essencial para a dinâmica ambiental, diante disso, é necessário que haja estudos para analisar as condições da vegetação.

Para tanto, a utilização do sensoriamento remoto no mapeamento da superfície terrestre fornece uma precisão dos alvos desejados, pois os metadados apresentados, acabam por caracterizar as informações existentes. O sensoriamento remoto tem sido usado há algum tempo, segundo Menezes (2012) o sensoriamento remoto, é um termo usado desde 1960, que serve de alcunha para uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres. De acordo com Novo (2010) pode ser definido como a aplicação e utilização de sensores, equipamentos para processamento de dados e transmissão de dados, todos trabalhando em conjunto, objetivando estudar os eventos que ocorrem na superfície terrestre a partir das interações entre a radiação eletromagnética e suas manifestações diversas.

As imagens de satélite com resolução espectral que são obtidas por intermédio do sensoriamento remoto, possibilitam o acesso a uma ampla base de dados para aplicação nos mais diversos âmbitos, como nos de monitoramento de uma infinidade de ambientes, detecção de desastres naturais, desmatamento, cartografia de precisão, defesa e vigilância. Em se tratando de cobertura vegetal, os índices de vegetação têm um papel analisador, segundo Epiphanio (1996) o uso em conjunto do sensoriamento remoto e as propriedades biofísicas podem ser realizadas a partir de bandas espectrais, sendo aplicada aos índices de vegetação, a utilização desses índices tem um processamento que é simples, pois a construção de banco de dados de informações de radiometria ou de imagens de satélite é um processo bastante fácil.

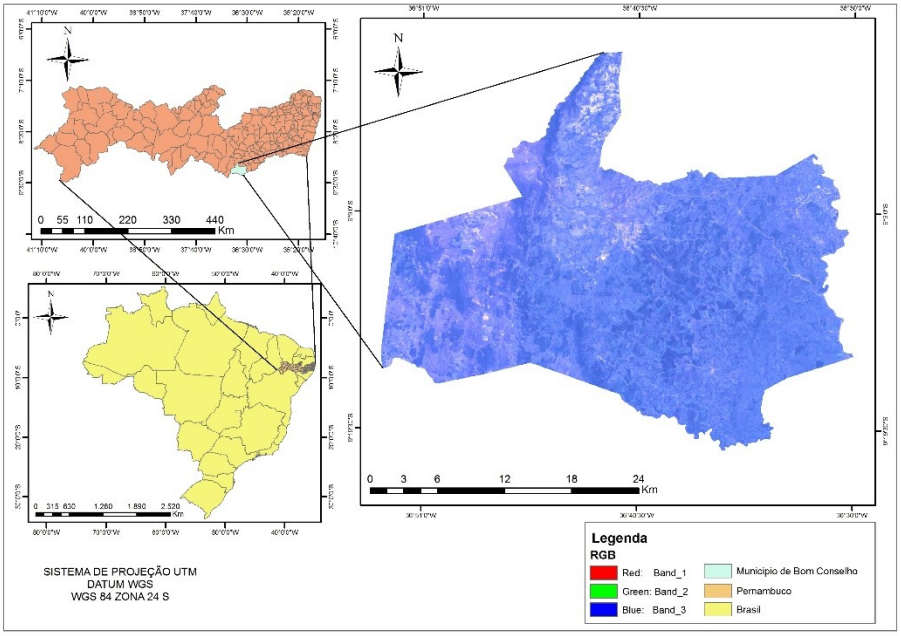
voltar ao
SUMÁRIO

A utilização de dados advindos do sensoriamento remoto, nos permite fazer analises a partir de índices da vegetação, para ter noções da degradação da mesma em pesquisas multitemporais, de acordo com Benedetti (2011) uma análise da vegetação em um período de tempo, utilizando imagens de satélite pode demonstrar as transformações na área investigada, geralmente com as informações registradas e tratadas, para resultar em um mapa.

Desta forma, um dos índices mais utilizados para calcular degradações é o modelo do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que permite uma caracterização da vegetação de qualidade. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é uma técnica com o objetivo de distinguir a vegetação verde de solo exposto e definir a densidade da cobertura vegetal, na classificação de mapeamento (SÁ, 2009).

1.1 Caracterização de objeto de estudo

Foi selecionada o município de Bom Conselho para realizar-se estudos acerca da densidade de sua vegetação, ele está situado na unidade federativa de Pernambuco, à 282Km da capital do estado, Recife, tem uma área territorial de 784Km², possui uma altitude de 654m em relação ao nível do mar, encontra-se na região fisiográfica do agreste, localiza-se nas seguintes coordenadas, latitude 9º 10’ 10”, longitude 36º 28’ 5”.



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 1- Localização da área de estudo no estado de Pernambuco. **Fonte**: Ramos (2017)

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição das Imagens Orbitais

No processo de construção de resultados foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 5, do sensor TM, das datas: 14 de março de 1990, 06 de dezembro de 2000 e 29 de setembro de 2010, e do sensor OLI, do satélite LANDSAT 8, foi auferida uma imagem com a data de 05 de dezembro de 2017, que são disponibilizadas pela USGS (United States Geological Survey) com as cenas ortorreferenciadas e com suas reflectâncias realizadas para a realização do NDVI.

2.2 Métodos de Analise

Em ambiente SIG por meio do *software* ArcGis 9.3 foram criados os modelos do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que segundo Sá et al (2009) é obtido a partir das respostas espectrais das bandas 3 (0,63 - 0,69 micrômetros) e 4 (0,76 - 0,90micrômetros). Portanto o cálculo do NDVI, que de acordo com Rouse et al (1974), é realizado a partir das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo. As bandas que correspondem ao cálculo do NDVI no LANDSAT 5, são as Bandas 4 e 3:

$$\text{NDVI: } \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

Logo após a realização do cálculo do NDVI é gerada uma imagem, que tem variações de cinza, além disso são gerados também, dados, onde -1 corresponde a inexistência de vegetação em tons mais escuros, enquanto o +1 que corresponde a tons mais claros, representando as áreas com alta densidade, como demonstrado na figura 2:

voltar ao
SUMÁRIO

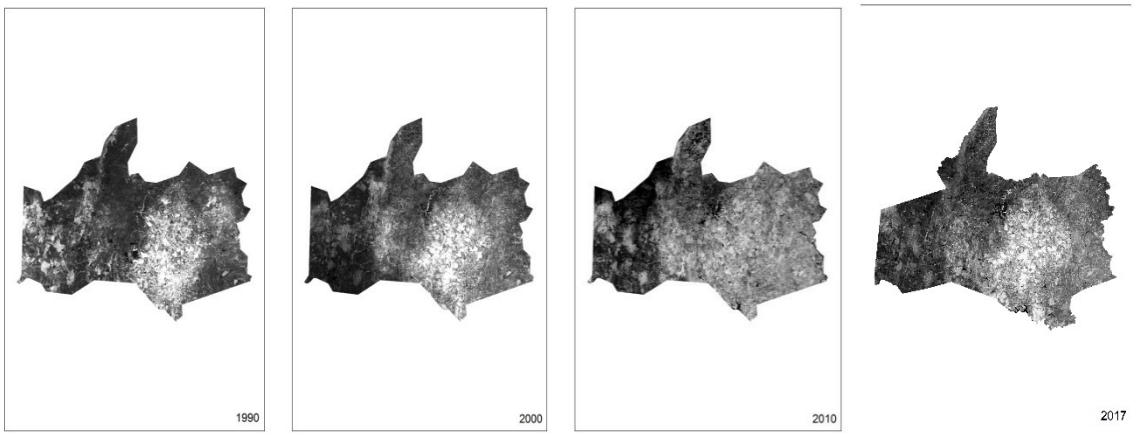


Figura 2 - NDVI dos anos de 1990. 2000, 2010 e 2017. **Fonte**: Ramos (2017)

Depois da fomentação do NDVI, foi realizado uma classificação supervisionada da cobertura vegetal, para distinguir entre os anos os níveis de degradação existentes, foram feitas com 4 classes: Alto índice de vegetação, médio índice de vegetação, baixo índice de vegetação, ausência de vegetação. Com a classificação supervisionada do NDVI, foram confeccionados mapas e gráficos sobre a cobertura vegetal do município de Bom Conselho. Todas essas etapas estão dispostas no fluxograma metodológico mostrado na (Figura 3):

voltar ao
SUMÁRIO

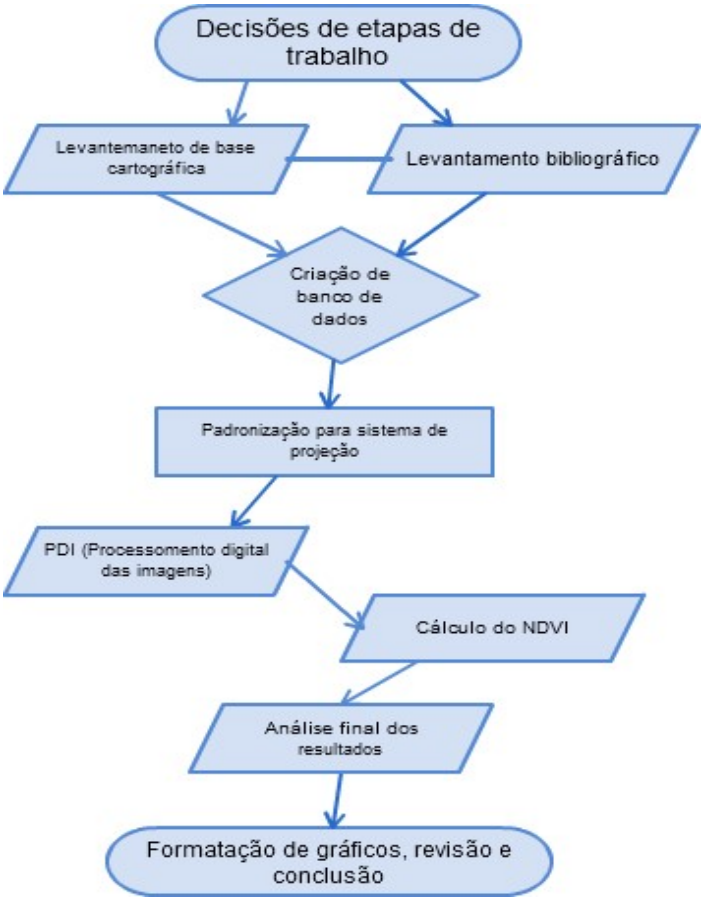


Figura 3 - Fluxograma Metodológico. **Fonte**: Ramos (2017)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da geração dos dados da cobertura vegetal, utilizando o modelo de NDVI, foram observados os níveis de degradação da vegetação do município de Bom Conselho, dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2017, e desta forma foi possível compará-los e utiliza-los como indicadores das informações sobre os aspectos ambientais do alvo de estudo.

No ano de 1990, foi observado que os níveis de índices de vegetação mediana e de baixo índice estão bem nivelados, pois, as duas classes possuem áreas aproximadas, o médio índice é possuidor de aproximadamente 371 Km², enquanto o baixo índice é possuidor de aproximadamente 368 Km² mostrando que o município de Bom Conselho, nesse ano tinha um nível de degradação mediano.

O nível de ausência de vegetação neste ano tem uma área aproximada de 43 Km², mostrando que o município não tem um número expressivo da cobertura vegetal degradada.

voltar ao
SUMÁRIO

Fomentando, os níveis depredatórios da vegetação no ano de 1990 chegam a aproximadamente 14 Km², mostrando uma cobertura vegetal razoável no município.

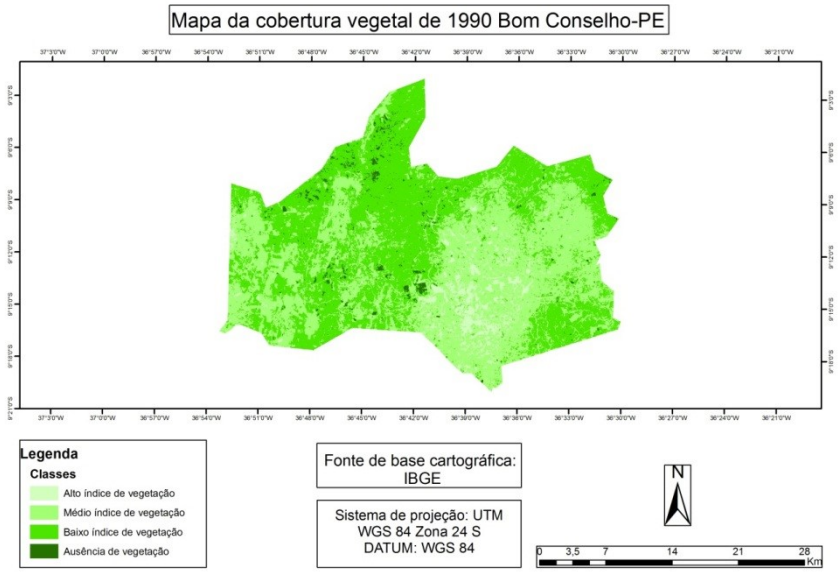


Figura 4 - Classificação da cobertura vegetal de 1990. **Fonte**: Ramos (2017)

Em um período de 10 anos, o município Bom Conselho, teve um número maior de degradações, do que preservação da cobertura vegetal. As áreas de vegetação alta densidade, sofreram um decréscimo de sua área, contabilizando no ano de 2000, uma área de aproximadamente 42 Km², enquanto a área de inexistência de vegetação recebeu um acréscimo territorial, com uma área de aproximadamente 128 Km².

As áreas com baixo índice de vegetação, tiveram uma perda de tamanho em suas áreas em 2000, elas contabilizaram uma área de aproximadamente 172 Km², mostrando uma disparidade em relação ao índice médio de vegetação, que teve um aumento em sua área, contabilizando uma área de aproximadamente 455 Km².

voltar ao
SUMÁRIO

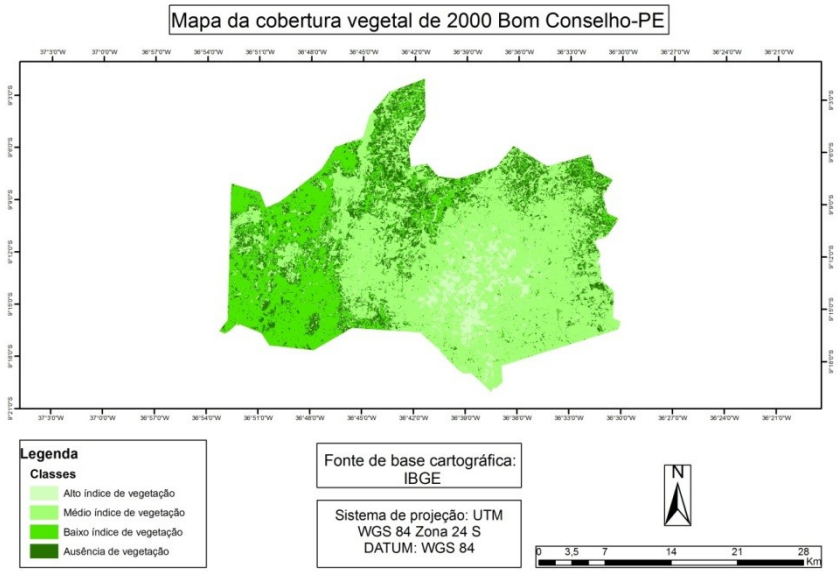
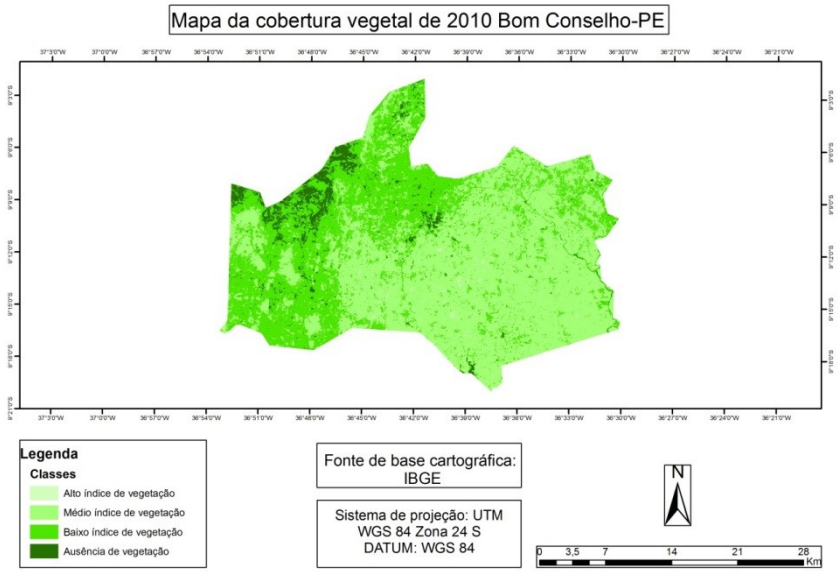


Figura 5 - Classificação da cobertura vegetal de 2000. **Fonte**: Ramos (2017)

Analisando a vegetação do município no ano de 2010 pode ser facilmente notada a perda da vegetação de alto índice que nos anos anteriores se manteve quase constante, e em meados de 2010 a área chega a aproximadamente 5 Km², e a única outra classe que diminui é a da ausência de vegetação que agora fica com 37 Km², e as outras duas classes só aumentam suas áreas, assim ficando o médio índice de vegetação com aproximadamente 463 Km², e o baixo índice com aproximadamente 291 Km².



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 6 - Classificação da cobertura vegetal de 2010. **Fonte**: Ramos (2017)

O ano de 2017 apresentou um acréscimo na vegetação de alta densidade, em sua área de topo de morro, entretanto a ausência de vegetação e o baixo índice de vegetação sofre um crescimento de uma área, enquanto o alto índice de vegetação apresentou uma quantia de 43 km² aproximadamente, a ausência de vegetação apresenta 88 Km², um grande avanço em relação a 2010, e o baixo índice de vegetação se apresenta com 359 Km², o médio índice de vegetação ficou com cerca de 300 Km², onde em relação a data anterior houve uma queda em sua taxa.

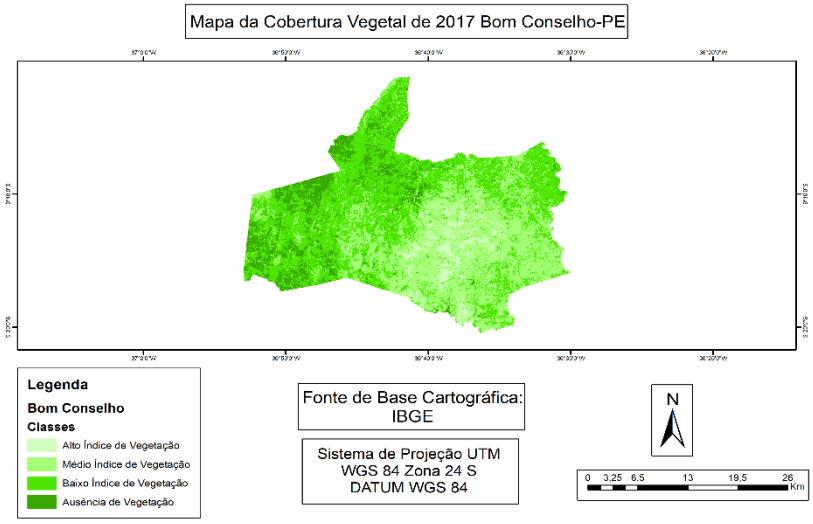


Figura 7 - Classificação da Cobertura Vegetal de 2017. **Fonte**: Ramos (2017)

A mensuração e comparação dos índices de vegetação, a partir do modelo do NDVI, demonstraram uma dinâmica da vegetação, bastante presente em 27 anos, já que as 4 classes estudadas tiveram mudanças extremas, com a queda drástica no alto índice de vegetação. Para mostrar de forma mais clara, foram elaborados um gráfico e uma tabela para demonstrar a dinâmica das 4 classes.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 7 - Gráfico dos Índices de vegetação. **Fonte**: Ramos (2017)

4. CONCLUSÃO

É evidenciado com esse trabalho que o município de Bom Conselho passou por transformações que denotam uma variação acentuada na cobertura vegetal de toda a área territorial, dessa forma a escolha do medidor de índice de vegetação por diferença normalizada foi de suma importância para demonstrar com maior precisão a situação da vegetação, por intermédio da relação da faixa espectral de vermelho e da faixa de infravermelho próximo pode-se distinguir com melhor precisão a vegetação com quatro tipos de classes.

A vegetação de alto índice apresentava uma área de aproximadamente 43 Km², em 1990, e num período de 27 anos, teve uma diminuição de área, que no ano de 2010 tem aproximadamente 5 Km². No ano de 1990, apresenta aproximadamente 14 Km² de ausência de vegetação e 37 Km² em 2010. Demonstrando que o município tem degradações na cobertura vegetal, que são bastante notáveis nesta comparação.

Os resultados da vegetação de baixo índice, foram de aproximadamente 368 Km² de área, no primeiro ano e em 2010, tem uma área bem perto de 463 Km². A vegetação de médio demonstrou em 1990 uma área bem próxima de 371 Km² e no ano de 2010 uma área bem

voltar ao
SUMÁRIO

próxima de 463 Km². Caracterizando uma variância na cobertura vegetal, pois entre os anos, apenas ocorreram aumentos nessas específicas classificações.

No ano 2017 foi possível observar que ocorreu um aumento no alto índice de vegetação, possivelmente ocasionado com a chegada no código florestal brasileiro de 2011, instituído através da lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, entretanto vem a ocorrer um aumento na classe de ausência de vegetação, onde se apresentou mais que o dobro em menos de 10 anos de diferença.

Percebeu-se que o município de Bom Conselho demonstra uma alteração na camada da vegetação do município, mostrando um crescimento da taxa da classe de ausência de vegetação, enquanto ao médio e baixo índice de vegetação só mostram pequenos crescimentos, enquanto o alto índice de vegetação se apresenta maior em localidades de áreas de preservação. O presente artigo não tem o intuito de trazer as explicações para a dinâmica da cobertura vegetal, mas pode servir de base para futuras pesquisas sobre degradação do município de Bom Conselho.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), assim, como também à Universidade de Pernambuco (UPE) pelo incentivo nas pesquisas, à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado e a Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio institucional.

6. REFERÊNCIAS

BENEDETTI, A. C. P.; PEREIRA, R. S.; ALMEIDA, C. M.; CARDOSO, C. D. V.; HENDGES, E. R.; LIPPERT, D. B. **Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do sensor Modis: aplicações para estudos de uso e cobertura da terra na Metade Sul do Rio Grande do Sul.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...**. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6144-6151. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A5H9NS>. Acesso em: 24 out. 2014.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro**

voltar ao
SUMÁRIO

de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 11/04/2018.

COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. **Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. (SBSR), 1996, Salvador. **Anais...**. São José dos Campos: INPE, 1996. p. 121-128. CD-ROM. ISBN 85-17-00014-5. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.16.17>. Acesso em: 24 out. 2014.

EPIPHANIO, J. C. N.; ALMEIDA JR., A. C.; FORMAGGIO, A. R. Desenvolvimento do trigo avaliado com dois índices de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. (SBSR), 1996, Salvador. **Anais...**.São José dos Campos: INPE, 1996. p. 19-24. CD-ROM. ISBN 85-17-00014-5. (INPE-6203-PRE/2292). Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.34>. Acesso em: 24 out. 2014.

MENEZES, Paulo Roberto. ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens em Sensoriamento Remoto**. CNPQ, 2012.

NOVO, E, M, I, M. Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações. 4º Edição. São Paulo. Ed. Blucher, 2010.

ROUSE, J.W.; HAAS JR., R..H.; DEERING, D.W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. Monitoringthe vernal advancementandretrogradation (greenwaveeffect) of natural vegetation, NASA/GSFC type III final report: Greenbelt, Maryland, NASA, 1974..

SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. I. S. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais....** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6305-6312. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.07.17.41>. Acesso em: 24 out. 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretória Técnica, SUPREN, 1977.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 13
MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE COMO FERRAMENTA PARA ESTUDO INTEGRADO DA PAISAGEM: O CASO DA SERRA DA CANABRAVA, CURAÇÁ – BA

GEOMORPHOLOGICAL DETAIL MAPPING AS A TOOL FOR INTEGRATED LANDSCAPE STUDY: THE CASE OF SERRA DA CANABRAVA, CURAÇÁ – BA

Lays Cristhine Santos Barbosa*, Fernando da Silva Alexandre *, Lucas Costa Souza Cavalcanti **.

*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. * Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco, Campus Garanhuns, Brasil. *
Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. ***

RESUMO
O mapeamento geomorfológico é uma importante ferramenta que pode auxiliar na gestão e planejamento da paisagem. Além disso, constitui-se como recurso indispensável para o entendimento do modelado terrestre, possibilitando não apenas a compreensão da paisagem enquanto sistema integrado, mas a espacialização dos elementos que a compõem. O mapeamento geomorfológico da Serra da Canabrava, no município de Curaçá -BA, foi elaborado em escala de detalhe, afim de possibilitar a localização e distribuição espaciais das geoformas e dos processos morfodinâmicos atuantes na área de estudo. A metodologia utilizada no mapeamento baseou-se na proposta elaborada por Cavalcanti, Lira e Corrêa (2016).

Palavras-Chaves: Mapeamento geomorfológico; Paisagem; Geosistema.

ABSTRACT
The mapping geomorphological is an important tool that can assist in the management and planning of the landscape. In addition, it serves as indispensable resource for the understanding of the modeled ground, enabling not only the understanding
of landscape as an integrated system, but the spatialisation of the elements that compose it. The mapping geomorphological Serra da Canabrava, in the municipality of Curaçá -BA, was prepared in scale of detail, in order to enable the location and distribution spatial of the geoformas and processes morfodinâmicos active in the area of study. The methodology used in the mapping was based on the proposal drawn up by Cavalcanti Lira and Corrêa (2016).

Keywords: Geomorphological mapping; Landscape; Geosystem.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A paisagem é um sistema complexo composto por diversos subsistemas que estão estruturados hierarquicamente, ocupando variadas dimensões espaciais (SOCHAVA, 1977; CAVALCANTI; CORRÊA, 2016). Para a apreensão da organização e estrutura da paisagem, bem como dos fluxos de matéria e energia que retroalimentam o sistema, é imprescindível o mapeamento dos tipos das unidades ambientais que ocorrem em dada paisagem.

Nesse aspecto, a Geomorfologia agrega conhecimento à investigação da paisagem ao debruçar-se sobre o estudo das geoformas, sendo essas, elementos preponderantes para o condicionamento da paisagem às variações do relevo, dando subsídio para a delimitação das unidades de paisagem (OLLIER,1981; FLORENZANO,1986; ROSS, 2006, MARQUES NETO, 2014.2016).

Como afirma Christofoletti (1999), se faz necessária a identificação dos variados aspectos que formam os elementos constitutivos do sistema ambiental. Esse reconhecimento inicial possibilitará o entendimento dos processos, fluxos e interações que se dão no sistema bem como as relações de interdependência que são estabelecidas e contribuindo para o entendimento do padrão de resposta dada por esses sistemas ao sofrer dada perturbação ecológica, como também as de natureza antrópica (CAVALCANTI e CORRÊA, 2013).

Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico de detalhe destaca-se como ferramenta que ampara a análise integrada, visto que possibilita o reconhecimento de formas do relevo que condicionarão de forma particular, o desenvolvimento de geossistemas locais, gerando diferenciações na paisagem.

O que foi proposto por Corrêa (1997) ao considerar o mapeamento geomorfológico de detalhe como de grande valia para a investigação, das geoformas, para a definição e para aclarar suas respectivas funções dentro do sistema, reafirma a relevância do mapeamento geomorfológico em escala de detalhe.

Destarte, o mapeamento das geoformas torna-se de suma importância para que a paisagem seja tomada como um todo complexo e integrado, e não como uma mera soma das partes. Ademais, contribui para a elaboração de ações eficazes, no tocante ao planejamento e gestão da paisagem, com vistas à preservação e conservação dos recursos naturais, bem como no ordenamento do uso da terra.

voltar ao
SUMÁRIO

Além disso, de acordo com o que afirma Ross (1992), os conhecimentos geomorfológicos, quando construídos seguindo os métodos e técnicas apropriadas, podem oferecer suporte ao entendimento dos ambientes naturais onde as sociedades humanas toma como substrato para o seu desenvolvimento, bem como influenciam na disposição e nas relações dos elementos naturais que compõem esses ambientes. As modelagens cartográficas auxiliam na compreensão visual das formas e processos atuantes nos geossistemas locais.

As ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto contribuem para conhecer a estrutura e a dinâmica da paisagem (CAVALCANTI, 2014), à medida que colabora para o entendimento da evolução e das dinâmicas do relevo. De acordo com Demek et. al. (1972) "mapas são uma das maneiras mais apropriadas e sintéticas de mostrar a distribuição das formas de relevo, os depósitos da superfície e subsuperfície, os processos que atuam na paisagem e o período de tempo dessa ação".

Diante disso, o objetivo do trabalho foi apresentar o mapeamento geomorfológico em escala de detalhe da Serra da Canabrava, tendo em vista a carência de conhecimento dos geossistemas locais no município de Curaçá- BA, pretendendo identificar, reconhecer e interpretar o significado geomorfológico de determinadas feições.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Área de estudo

A Serra da Canabrava está localizada no município de Curaçá- BA, situado na porção norte do estado da Bahia, região do Submédio do São Francisco, no contexto morfostrutural da Depressão Periférica, sendo essa, uma superfície de pediplanação, com ocorrência de formas residuais. Conforme mostra a figura 01.

A despeito da geologia, a Serra da Canabrava, de acordo com a CPRM, Folha Barro Vermelho, articulação SC-24-V-D-II, faz parte do compartimento geomorfológico Depressão Periférica e Interplanáltica, Grupo Vaza-Barris, formada por rochas neoproterozóicas, constituídas de maneira predominante por metacalcário cristalino cinza-claro a cinza-azulado, fino a muito fino, com raros níveis milimétricos de cor branca, no caso da Formação Olhos

voltar ao
SUMÁRIO

D’água. Já a Formação Frei Paulo, é constituída predominantemente por filito a xsto cinza a esverdeado, localmente com lentes de metacarbonato a metarenito, como indica na figura 02.

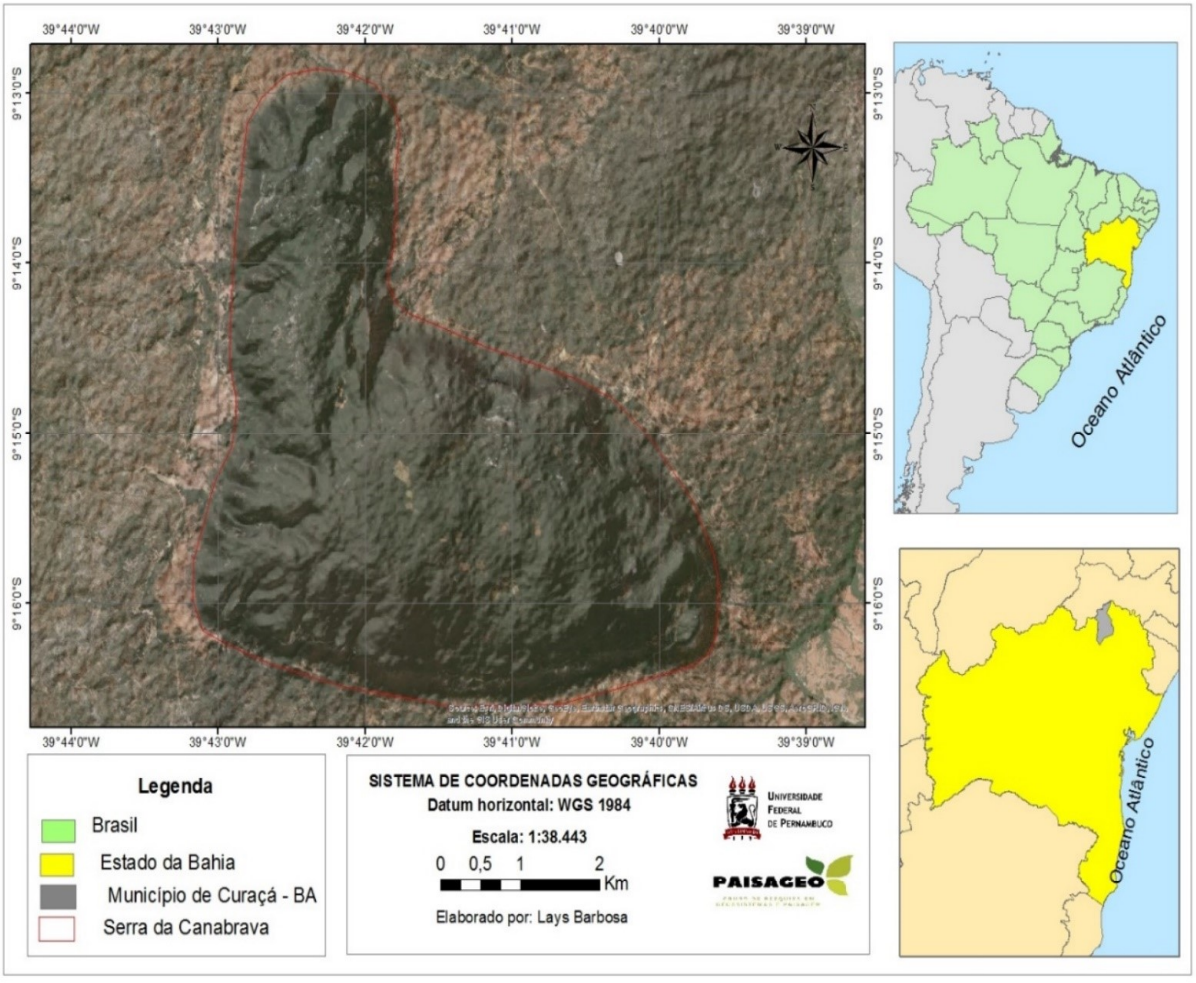


Figura 01 - Localização da Serra da Canabrava, Curaçá (BA). **Fonte:** IBGE, 2015, ESRI,2018.

voltar ao
SUMÁRIO

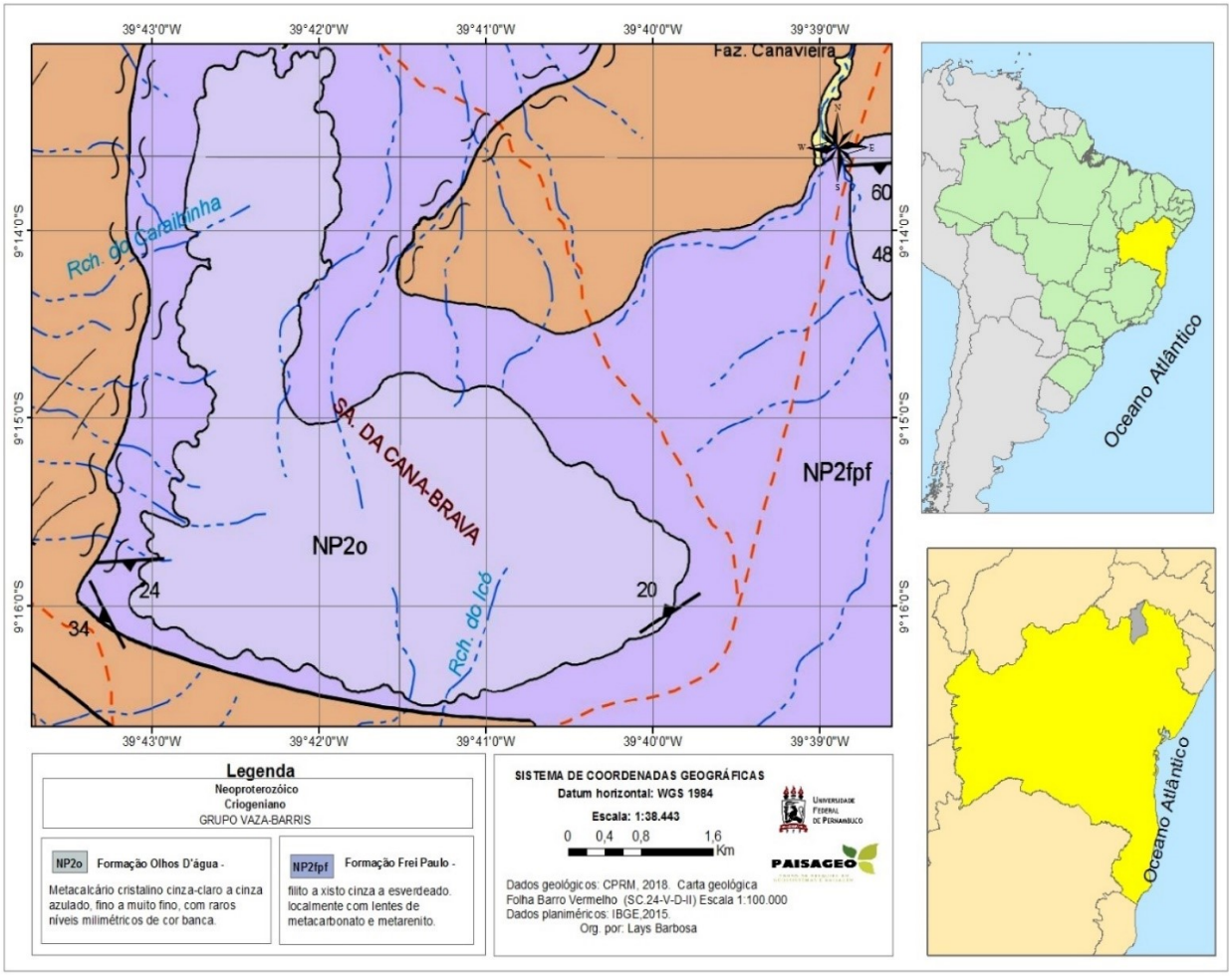


Figura 02 - Mapa geológico da Serra da Canabrava e entorno próximo. **Fonte:** CPRM, 2017.

A Serra da Canabrava está sob a influência de um regime climático do tipo semiárido BShw', de acordo com a classificação de Köppen, ou Subequatorial do tipo Semiárido, na classificação climática proposta por Alisov (1954 apud BUTZER, 1968).

O domínio de vegetação é Caatinga com fisionomia florestada, arborizada e rupestre. A área em que está localizada a Serra da Canabrava é considerada pelo Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da Bahia como área com prioridade alta para conservação da natureza, em virtude da grande extensão de caatinga preservada (BAHIA, 2014).

Os solos são tipo calcários oxidados, bem como, solos aluviais.

2.2 Procedimentos

Inicialmente foi feita uma pesquisa de publicações anteriores sobre a área em que a Serra da Canabrava está inserida. Para a montagem da base de dados, utilizou-se dados do

voltar ao
SUMÁRIO

radar PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar), a bordo do satélite ALOS, com resolução espacial de 12,5 m, para elaboração de MDT (Modelo Digital de Terreno). Foram usados os dados de geologia fornecidos pela CPRM, referentes ao Projeto de Geodiversidade da Bahia, bem como o mapa geológico na escala 1:100.000 (Folha Barro Vermelho – SC-24-V-D-II, escala 1:100.00).

Para identificação e interpretação das geoformas foram utilizadas imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth, ESRI e Bing, acessadas pelo plugin QuickMapperServices do QGIS 2.18., e a composição RGB 843 das bandas 8, 4 e 3, da imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto 217/066, com data de passagem do sensor de 23 de junho de 2015.

Com os dados de elevação foram elaborados modelos numéricos do terreno para representar a hipsometria, declividade, direção e orientação das vertentes e curvas de nível da área de estudo, tendo sido elaborados utilizando as ferramentas do SAGA GIS disponíveis no QGIS 2.18. Todos dados extraídos desses produtos cartográficos, auxiliaram a interpretação visual dos modelados, tomando como base a tipologia proposta por Cavalcanti, Lira e Corrêa (2016).

Para definição das classes de declividade, adotou-se os intervalos propostos por Ebisemiju (1988) que indica o uso de três intervalos: 0° a 3° - relevo plano; 3° a 20° - relevo suave e; >20° - relevos acidentados.

O mapa final foi confeccionado para ser apresentado na escala 1:38.443.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas na área de estudo 09 unidades de paisagem, a partir da identificação de geoformas, em 04 tipos de modelados, como mostra a figura 03 e o quadro 01, com a legenda:

voltar ao
SUMÁRIO

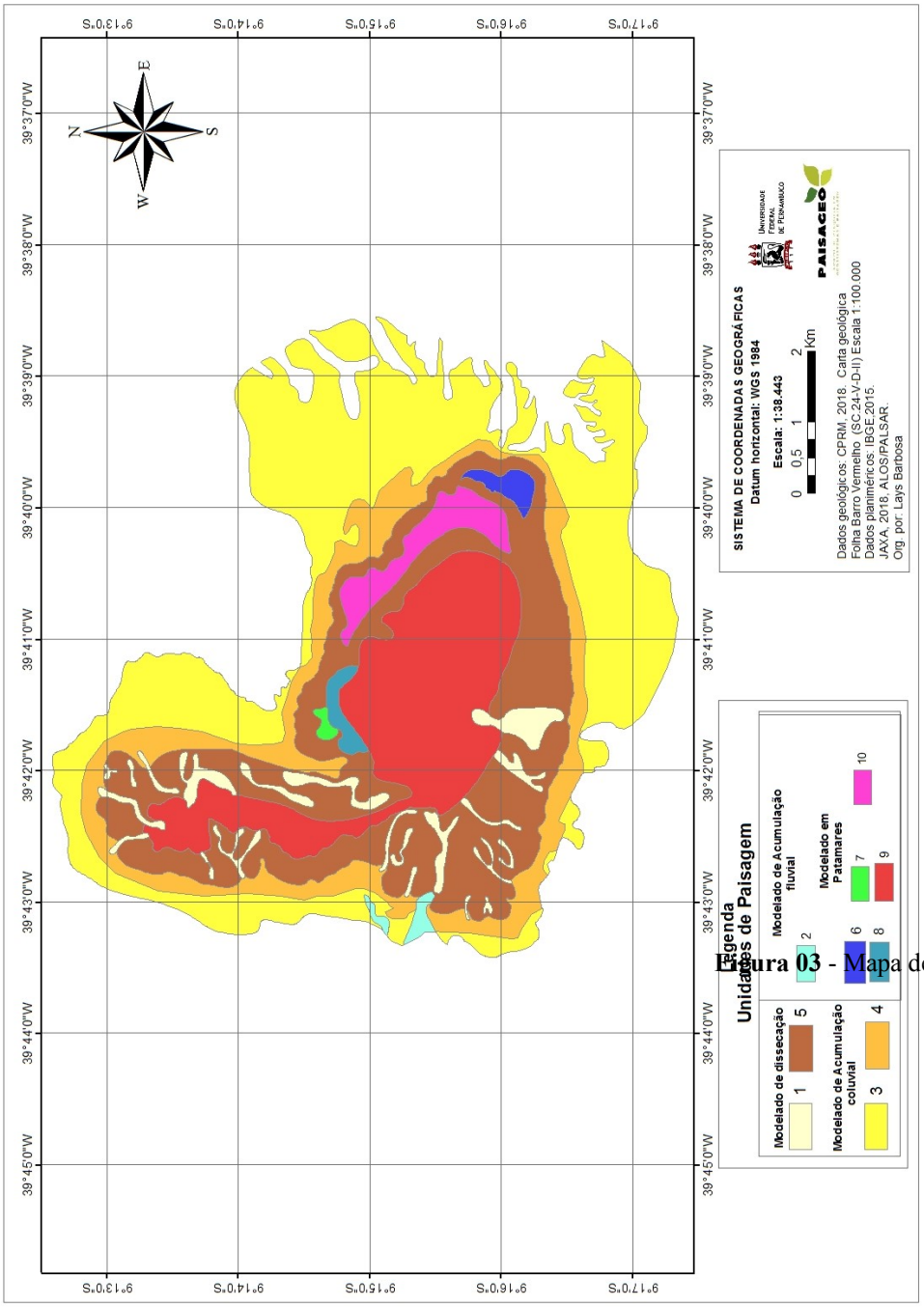


Figura 03 - Mapa de Unidades de Paisagem.

Quadro 01 - Descrição da legenda do mapa de unidades de paisagem do Serra da Canabrava – Curaçá (BA)

Modelado de dissecação	*Modelado de Acumulação coluvial*	*Modelado de acumulação fluvial*	*Modelados em Patamares*

voltar ao
SUMÁRIO

1 – Cicatriz de erosão com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos; 5 – Encosta com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos.	3 – Depósito coluvial com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos; 4 – Depósito de tálus com caatinga florestada fechada e arborizada densa em solos calcários oxidados e afloramentos.	2 – Depósito aluvial com caatinga florestada aberta e arborizada densa em solos aluviais.	6 – Patamar estrutural com caatinga florestada aberta, arborizada aberta, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos; 7 – Patamar estrutural com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos. 8 – Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos; 9 – Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos; 10 - Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos.

Fonte: org. Barbosa, 2018.

3.1 Modelado de dissecação

Encosta com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos: a altimetria varia de 550 a 700 m (figura 04) podendo favorecer o desenvolvimento da vegetação, por propiciar um microclima diferenciado. Além disso apresenta declividade máxima de 20º representando um relevo suave, de acordo com a figura 05, composta por metacalcários cristalinos, com cobertura de colúvio-tálus, e ocorrência de afloramento rochoso. Quanto à direção e a orientação da vertente, observa-se maior e mais intensa dissecação na face está voltada para SSO – OSO – ONO (figura 06). Esses fatores podem contribuir para o desenvolvimento de vegetação de porte mais elevado. A caatinga que recobre essa geoforma tem fisionomia florestada, arborizada e rupestre. Os solos caracterizam-se como calcários oxidados devido ao ambiente originário.

voltar ao
SUMÁRIO

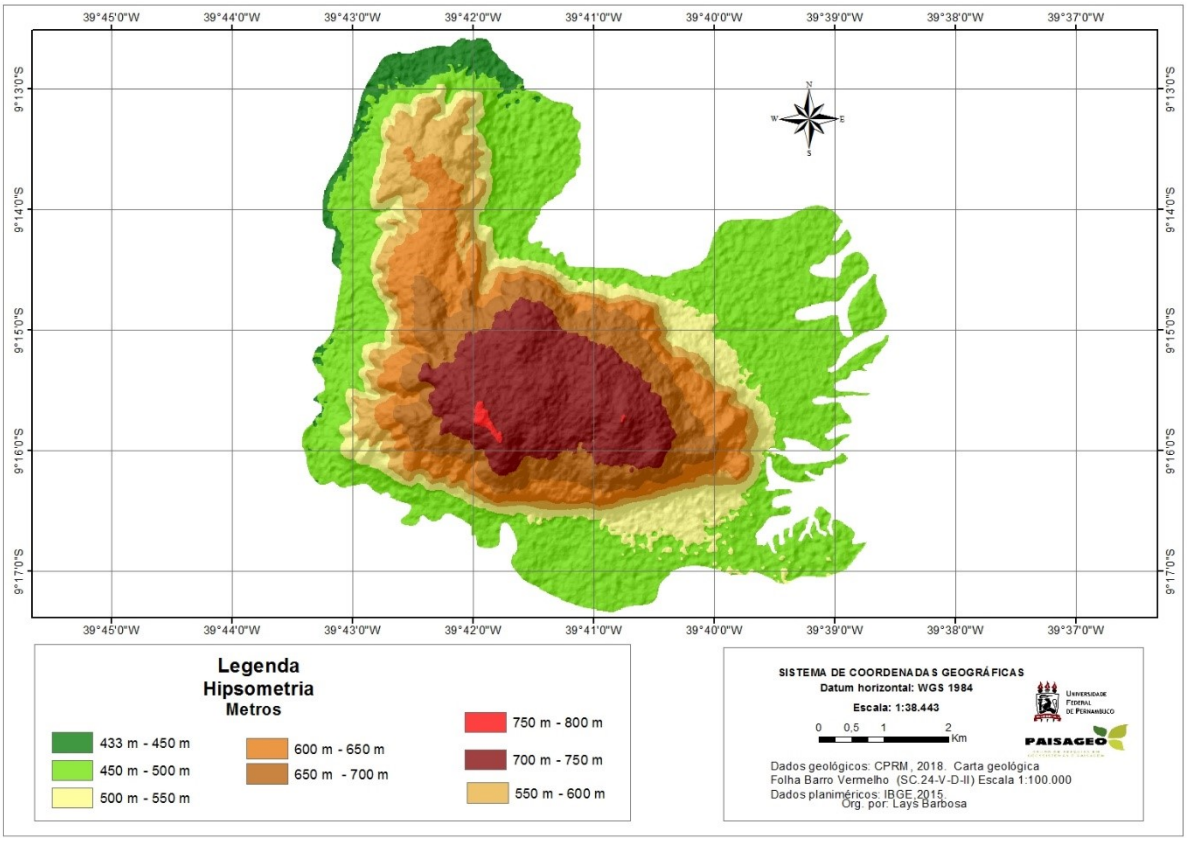


Figura 4 - Hipsometria da Serra da Canabrava, Curaçá (BA).

Cicatriz de erosão com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos: A altimetria varia de 600 a 750 m (figura 04) podendo favorecer o desenvolvimento da vegetação, por originar um microclima diferenciado. Além disso hora ocorre em área que apresenta declividade máxima de 20º, hora em área com declividade maior que 20º, em relevo acidentado, de acordo com a figura 05, composta por metacalcários cristalinos, apresenta cobertura de colúvio-tálus com ocorrência de afloramento rochoso.

voltar ao
SUMÁRIO

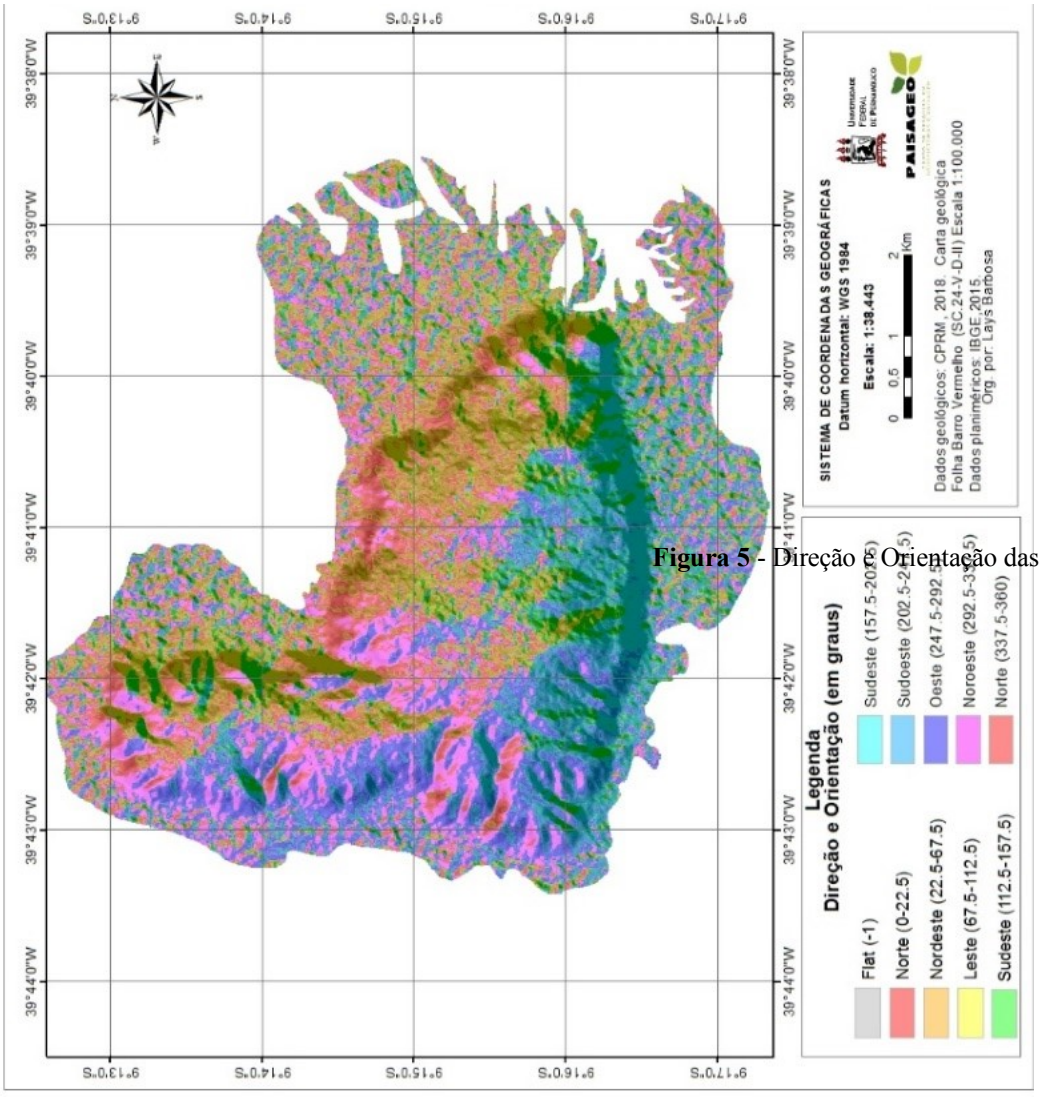


Figura 5 - Direção e Orientação das vertentes da Serra da Canabr

voltar ao
SUMÁRIO

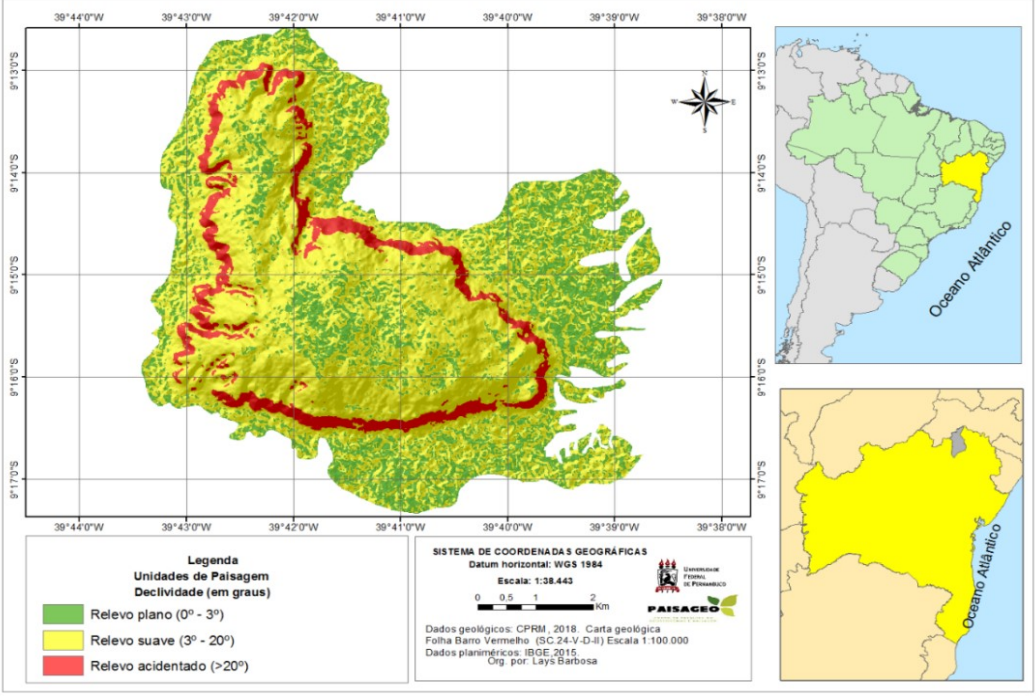


Figura 6 - Declividade da Serra da Canabrava, Curaçá (BA).

3.2 Modelado de acumulação coluvial

Depósito coluvial com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos: ocorre tanto como sopé coluvial, como rampa coluvial, sendo formado pelos detritos e sedimentos carreados encosta abaixo pelo fluxo de gravitacional atuante provocado pelo escoamento superficial. Está disposto em relevo suave, com declividade de até 3º. A altimetria varia de 433 a 500 metros.

Depósito de tálus com caatinga florestada fechada e arborizada densa em solos calcários oxidados e afloramentos: ocorre tanto como sopé coluvial, como rampa coluvial, sendo formado pelos detritos e sedimentos carreados encosta abaixo pelo fluxo de gravitacional atuante provocado pelo escoamento superficial. Está disposto em relevo suave, com declividade de até 3º. A altimetria varia de 450 a 550 metros.

3.3 Modelado de acumulação fluvial

Depósito aluvial com caatinga florestada aberta e arborizada densa em solos aluviais: ocorre no leito do curso d'água, sendo formado pelos detritos e sedimentos carreados pelo

voltar ao
SUMÁRIO

fluxo gerado pela drenagem durante o escoamento, sendo composto também por cascalho e/ou blocosEstá disposto em relevo suave, com declividade de até 3º. A altimetria varia de 450 a 550 metros.

3.4. Modelados em Patamares

Identificou-se quatro patamares escalonados, apresentados como degraus:

Patamar estrutural com caatinga florestada aberta, arborizada aberta, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos: com cotas altimétricas variando de 600 a 650 metros é o patamar mais baixo e voltado para direção sul. É uma superfície pouco dissecada, devido à presença de vegetação e suave, apresenta cobertura sedimentar e poucas áreas com afloramento rochoso.

Patamar estrutural com caatinga florestada fechada em solos calcários oxidados e afloramentos: As cotas altimétricas variam de 650 a 700 metros, sendo uma área pouco ondulada e com bastante dissecação e afloramentos rochosos. O patamar está voltado na direção norte.

Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos: trata-se do patamar localizado na porção central e mais elevada da Serra, com cotas altimétricas que variam de 650 metros a 750 metros. A superfície é suave com pouco afloramento rochoso e pouca dissecação, porém verifica-se uso da terra em áreas pontuais.

Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, arborizada densa, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos: apresenta cotas altimétricas variando de 650 a 800 metros, sendo o topo da Serra. É também uma superfície pouco dissecada, com uma vegetação mais densa. É uma área pouco ondulada, apresenta afloramento rochoso, .

Patamar estrutural com caatinga florestada fechada, rupestre em solos calcários oxidados e afloramentos: apresenta cotas altimétricas variando de 600 a 700 metros, voltado para nordeste. É também uma superfície pouco dissecada, com uma vegetação mais densa. É uma área pouco ondulada, apresenta cobertura sedimentar e, possui maior dissecação e presença de afloramento rochoso.

Verifica-se que a Serra, em sua porção mais alta, contribui como fonte de sedimentos, que são carreados, em direção ao nível topográfico mais baixo, onde ao acumular-se,

voltar ao
SUMÁRIO

associado ao fluxo da drenagem, pode oferecer um ambiente propício para o desenvolvimento de certa cultura, devido a maior capacidade de retenção de água disponível no sopé da encosta. Por essa área, que possui relevo plano, com declividade de até 3º, ser área receptora de sedimento e pelo fato de a morfogênese ser mais intensa, a vegetação não apresentará um porte elevado, e sim, mais arbustivo de porte baixo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento foi possível identificar e espacializar as formas geomorfológicas existentes e as que foram geradas por processos atuantes na Serra da Canabrava.

O trabalho inova quanto à escala de mapeamento, visto que os produtos cartográficos disponíveis sobre a área em que se insere a Serra da Canabrava são o do Zoneamento Ecológico-Econômico da Bahia, na escala de 1:5.500.000, o mapa de geossistemas de Curaçá (CAVALCANTI, 2017), na escala de 1:250.000, contribuindo com maior detalhamento da área.

A partir do mapeamento da Serra da Canabrava foi possível identificar as áreas que tem sofrido que indicam processo de dissecação, como também de acumulação. Essas informações contribuem para futuras pesquisas que investiguem as trocas e o fluxo geoquímico que ocorrem entre as unidades da Serra, como também com a área no entorno imediato.

O mapeamento contribui para a realização de coletas em campo, bem como favorece uma perspectiva do modelado de forma mais completa, somando informação para compreensão e entendimento sobre a estrutura e da dinâmica dessa paisagem. Confirmou-se, nesta pesquisa, mais uma vez o que Tricart (1977) considerou sobre a morfogênese ser uma limitante ao processo de estabilização e desenvolvimento dos solos e da vegetação. Apesar dos a gente de erosão terem seu papel de destaque no processo de desgaste da Serra, como um todo, é de real interesse para ampliação dos conhecimentos sobre este ambiente, que se investigue paleoprocessos e dinâmicas que contribuíram para uma maior e mais intensa dissecação da face da encosta que não está voltada em direção aos ventos mais úmidos.

voltar ao
SUMÁRIO

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro, por meio da concessão de bolsa de iniciação científica.

6 REFERÊNCIAS

ALISOV, B. P. Die Klimate der Erde. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 277 p. 1954.

BAHIA. Zoneamento Ecológico-Econômico da Bahia. Disponível em: <http://www.zee.ba.gov.br/zee/>. acesso em 30 mar 2018.

BUTZER, K. Remarks on a dynamic classification of climates. **El Correo Geográfico.** V. 1. n.1. 17-26. 1968.

CAVALCANTI, L.C.S.; CORRÊA, A.C.B. Geossistemas e Geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. v.61. n.2. 3-33. 2016a.

CAVALCANTI, L.C.S.; LIRA, D.R.; CORRÊA, A.C.B. Tipologia de Geoformas para Cartografia de Detalhe no Semiárido Brasileiro. **XVI Simpósio Nacional de Geomorfologia.** Maringá. 8p. 2016b.

CAVALCANTI, L.C.S. Cartografia de paisagens: fundamentos. São Paulo: Oficina de textos. 96p. 2014.

CAVALCANTI, L. C. S.. Geossistemas de Curaçá, Bahia. CLIO. SÉRIE ARQUEOLÓGICA (UFPE), 2017.

CAVALCANTI, L. C. S.; CORREA, A.C.B.. Problemas de hierarquização espacial e funcional na ecologia da paisagem: uma avaliação a partir da abordagem geossistêmica. Geosul, v. 28, p. 143-162, 2013.

CORRÊA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serrada Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 183p. 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 236p. 1999.

DEMEK, J., et al. (Eds.). **Manual of Detailed Geomorphological Mapping.** International Geographical Union Commission on Geomorphological Survay and Mapping. Academia, Prague. 320 p. 1972.

voltar ao
SUMÁRIO

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. ; MAIA, R. P. ; FERREIRA, B. . Mapeamento Geomorfológico Do Estado Do Rio Grande Do Norte. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, v. 18, 689-701, 2017. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/download/1255/621>. Acesso em: 29 mar. 2018.

FLORENZANO, T.G. **Avaliação de dados MSS-LANDSAT – 4 para o mapeamento geomorfológico no semiárido como suporte ao planejamento Regional: um abordagem integrada (Área-teste: região de Juazeiro – BA).** Tese (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações) – São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 236p. 1986.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual de obtenção de terras e perícia judicial**. Brasília. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/servicos/publicacoes/manuais-e-procedimentos/manual_de_obtencao.pdf>. Acesso em 23/05/2018. 2006.

ROSS, J.L.S..Ecogeografia do Brasil: Subsídios para planejamento ambiental. São Paulo, Oficina de Textos. 2006.

_____. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista de Geografia. IG-USP.** 17-29. 1992.

MARQUES NETO, R.. Fundamentos Para Interpretação E Mapeamento De Geossistemas A Partir Do Relevo: Abordagem Segundo A Escola Russa. **Revista Geonorte,** [S.l.], v. 5, n. 23, 402 - 408, jan. 2014. ISSN 2237-1419. Disponível em: < http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/907/566>. Acesso em: 29 mar. 2018.

MARQUES NETO, R.. Geomorfologia e geossistemas: influências do relevo na definição de unidades de paisagem no maciço alcalino do Itatiaia (MG/RJ). Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 17, 729-742, 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1732>. Acesso em: 29 mar. 2018.

OLLIER, C.D., Terrain Classification methods: Application and principles. In: HAILS, J.R.(Ed.) Applied Geomorphology: A Perspective of the contribution of geomorpholy studies and environmental manegement. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, cap.8, 277-318 p. 1981

SOCHAVA, V.B. O estudo de geossistemas. **Métodos em questão**, n.16, IGUSP. São Paulo, 51 p. 1977.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, FIBGE/SUPREN. 91p. 1977.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 14
O SENSORIAMENTO REMOTO E AS NOVAS AQUISIÇÕES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS RAPIDEYE

THE REMOTE SENSING AND NEW BRAZILIAN ACQUISITIONS: AN ANALYSIS OF RAPIDEYE IMAGES

Pedro Paulo Lima Silva[2], Jadson Freire da Silva[1], Josimar Vieira dos Reis[3], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[4], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[5]

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[2]
Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[3]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[4].
Professora do Instituto Federal do Maranhão – IFMA, Instituto Federal do Maranhão, Brasil[5]

RESUMO
O Sensoriamento Remoto (SR) nos dias atuais é uma relevante ferramenta que contribui com as análises e pesquisas em todo globo. No Brasil não é diferente, usa-se o SR para monitoramentos terrestres, aquáticos e antrópicos. O projeto Landsat, um dos mais antigos em curso, serve de base para pesquisas acadêmicas e trabalhos técnicos; a gratuidade e sua vasta série de dados fizeram deste satélite de total importância para os estudos ecossistêmicos. Entretanto, para análises de territórios de interesse em pequena escala, os satélites gratuitos tal como o Landsat mantêm resultados não satisfatórios, fruto da sua resolução espacial de médio porte. Assim, o Instituto de Pesquisas Espaciais e outros departamentos governamentais brasileiros verificaram a necessidade de fazer aquisições de produtos de alta resolução (RapidEye, Pléiades, SPOT) e junto as novas tecnologias e satélites lançados nos anos 2000, alternativas para estudos aplicados emergem. Diante do contexto, é imprescindível conhecer as características gerais desses novos satélites, para que haja melhor entendimento e compreensão do produto. Em face do exposto, esse trabalho tem objetivo principal de analisar as características gerais do satélite de alta resolução RapidEye, apresentando informações pertinentes no que tange ao SR para o território brasileiro.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Alta Resolução, Brasil.

ABSTRACT
The Remote Sensing (RS) nowadays is a relevant tool that contributes to the analysis and research across the globe. In Brazil, it is no different; RS is used for terrestrial, aquatic and anthropic monitoring. The Landsat project, one of the oldest in progress, serves as the basis for academic research and technical work; the gratuity and its vast series of data made this satellite of total importance for the ecosystem studies. However, for analyzes of small-scale territories of interest, free satellites such as Landsat maintain unsatisfactory results because of their medium-sized spatial resolution. Thus, the Institute for Space Research and other Brazilian government departments verified the need to purchase high-resolution products (RapidEye, Pleiades, and SPOT) and, together with the new technologies and satellites launched in the 2000s, alternatives to applied studies emerge. Given the context, it is imperative to know the general characteristics of these new satellites, so that there is better understanding of the product. In the face of the above, this work has the main objective of analyzing the general characteristics of the satellite of high resolution RapidEye, presenting pertinent information regarding RS for the Brazilian territory.

Keywords: Remote Sensing, High Resolution, Brazil.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

É incontestável a eficiência que o Sensoriamento Remoto proporciona para a sociedade nos dias atuais. A partir dele, diversas funcionalidades tiveram a oportunidade de serem atualizadas, modificadas e melhoradas, gerando desta forma, benesses a sistemas público e privados. Observa-se atuações do Sensoriamento inicialmente na agricultura, estendendo-se para os recursos hídricos, desmatamento, temperatura de superfície, evapotranspiração, análises vegetacionais, entre outras análises (SILVA et al., 2018; BRITO et al., 2017; GOMES et al., 2016; SILVA et al., 2016)

As imagens Landsat, oriunda do projeto da USGS/NASA (Serviço Geológico Norte Americano) desde meados 1970 mantém elevada popularidade no que se refere aos trabalhos com detectação remota. Sua popularidade deu-se pela fácil disponibilidade das informações e a gratuidade das mesmas; desse modo, as imagens Landsat orientaram projetos tais como artigos científicos, relatórios técnicos e outros materiais que utilizaram como base produtos de imagens de satélite. Incentivando a pesquisa brasileira, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE condiciona um vasto arquivo de imagens Landsat para o território, onde os mapeamentos, análises e a geociência geral do Brasil vem desenvolvendo-se de forma contínua.

Contudo, a capacidade do sensor acoplado no satélite em detectar os objetos contidos na superfície da terra (comumente denominada de resolução espacial) dos satélites gratuitos (incluindo o Landsat) são de média ou de baixa resolução, não conseguindo com satisfatoriedade alcançar pequenos alvos de interesse. Realidade esta que vem sendo modificada, uma vez que foram lançados numerosos sensores na atmosfera (de procedência privada/comercial ou pública) onde esses novos mecanismos vêm recebendo notoriedade e dessa forma, sendo utilizado nos materiais técnicos/acadêmicos da segunda década dos anos 2000 com maior frequência. No que concerne ao INPE, o mesmo vem adquirindo diversos imageamentos de diferentes satélites, todavia, a disponibilidade do produto ainda não é tão popular (BRASIL, 2016; PROCESSAMENTO DIGITAL, 2016).

Um dos satélites que vem recebendo grande aprovação no Brasil é o RapidEye; essa aprovação provém de sua capacidade em detectar alvos de interesse junto a necessidade de uma parcela de empreendedores de regularização de suas áreas. Observando as melhorias e as

voltar ao
SUMÁRIO

novidades que o Sensoriamento Remoto vem a receber em âmbito global e suas especificidades no Brasil, é de extrema necessidade conhece-las para que haja uma adequada utilização da ferramenta, contemplando desse modo, a verificação de diversos critérios sensíveis como por exemplo disponibilidade de dados para região, gratuidade, rapidez e detalhe específico. Isto posto, esse trabalho tem como objetivo analisar as características do satélite RapidEye e suas contribuições para o território brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A utilização da revisão de literatura e a coleta de informações/dados sobre as imagens dos satélites em seus respectivos sítios virtuais são os principais norteadores dos procedimentos metodológicos desta pesquisa. A revisão bibliográfica tem o objetivo principal de descrever e representar os documentos de uma forma unificada e sistemática para facilitação de sua recuperação. Iglesias e Gomes (2004) corrobora com o tema apontando o objetivo da revisão bibliográfica sendo a representação da informação contida, possibilitando assim, seu conteúdo. Foi realizado, desta forma, uma busca para obtenção dos documentos acadêmicos usando os sítios eletrônicos CAPES, Scielo, Google Academics e Latindex. Sobre as imagens de satélite, foram coletados do satélite Landsat a imagem da data 05/10/2013 (Path 217, Row 67); sendo disponíveis gratuitamente no site *https://earthexplorer.usgs.gov*. A imagem RapidEye foi coletada gratuitamente do sítio virtual *http://www.dgi.inpe.br/catalogo/#* na data: 06/10/2013 (order number 241918).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2008, a missão que consistiu no projeto RapidEye foi iniciada. Sendo carregada na base de um foguete russo, cinco (05) microssatélites foram lançados em orbita terrestre; o pioneirismo personificado na leveza, agilidade e robustez dos microssatélites seguiu e apontou conceitos para as empresas do ramo, onde essas características deram a possibilidade de lançamento de outros satélites em forma conjunta. Mesmo com a vida útil prevista para o projeto RapidEye de aproximadamente sete (07) anos, o sucesso do primeiro lançamento e os ótimos resultados oriundos dos produtos faz dele relevante para pesquisas acadêmicas e trabalhos privados até os dias atuais (EMBRAPA, 2013).

voltar ao
SUMÁRIO

Mais rápido, o RapidEye tem capacidade de imagear a mesma área num intervalo médio de 6 dias (5,5 dias nadir; diário off-nadir); a resolução espacial, por sua vez, alcança os 6,5 metros para o nadir e 5 metros para ortoimagens, valores estes que superam significadamente quando comparados as características do Landsat 5, 7 e 8. O sensor acoplado nos satélites, denominado REIS - *RapidEye Earth Imaging System* possuem 5 bandas espectrais, estas contemplando a faixa do azul (Blue - B), verde (Green - G), vermelho (Red - R), red edge / vermelho da margem [tradução] (RE) e Infravermelho Próximo (*Near Infrared Region* - NIR), destacando a faixa do red edge, onde essa consegue obter sensibilidade a clorofila das plantas (EMBRAPA, 2013) (Tabela 01).

Tabela 01 – Características do satélite RapidEye

RapidEye		
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral
REIS (*RapidEye Earth Imaging System*)	Azul	440 - 510 nm
	Verde	520 - 590 nm
	Vermelho	630 - 690 nm
	Red-Edge	690 - 730 nm
	Infravermelho próximo	760 - 880 nm

Fonte: EMBRAPA, 2013.

As particularidades verificadas nas imagens RapidEye a fizeram uma grande aliada nas análises ambientais, podendo investigar a nível de detalhe regiões agrícolas; passiveis de danos antrópicos; zonas urbanas; unidades de conservação, dentre outros. A inclusão e a manipulação por meio de *softwares* específicos podem ainda promover a atualização de usos de solos e ocupações de terra, além dar suporte a modelagens e simulações de áreas sensíveis. Segundo Mengatto Junior e Silva (2014), a popularidade das imagens RapidEye no Brasil deu-se por intermédio da obrigatoriedade (sob a luz da lei 12.651 de 2012) de todas as propriedades rurais obterem o CAR – Cadastro Ambiental Rural, no qual, convênios entre o Governo Federal e entidades competentes foram executados e os produtos RapidEye disponibilizados na forma gratuita (BRASIL, 2012). O Ministério do Meio Ambiente – MMA e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE também obtiveram a cobertura nacional

voltar ao
SUMÁRIO

e através de requerimentos as imagens podem ser disponibilizadas para pesquisas científicas (BRASIL, 2016). A Figura 1 exemplifica visualmente a qualidade das imagens RapidEye.

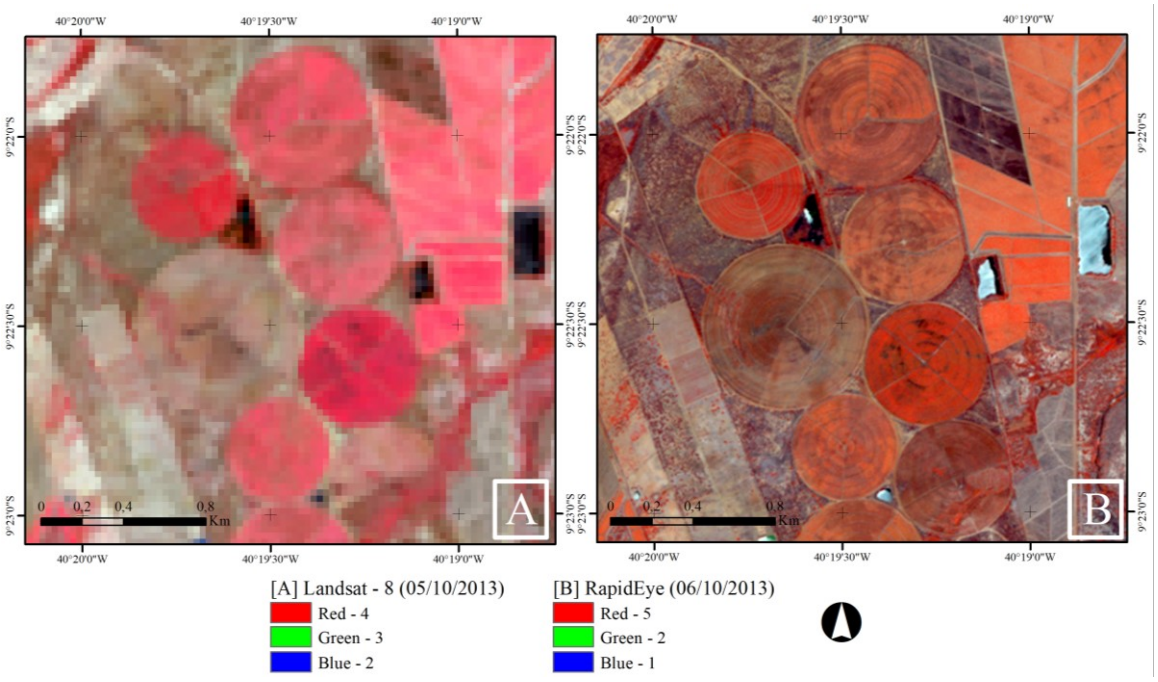


Figura 1 – Comparação da qualidade de resolução espacial dos Satélites Landsat 8 (A) e RapidEye (B) – Perímetros Irrigados de Petrolina – Pernambuco. Fonte: INPE.

Observando a Figura 1, nota-se o grau elevado de detalhes das imagens RapidEye quando são comparadas com as populares Landsat. No mundo, Kin e Yeom (2014) detectam com satisfatoriedade as culturas e as áreas com potencial ao cultivo do arroz a partir das imagens RapidEye; Schuster et al. (2015) monitoraram com excelência os habitats de pastagens no leste de Berlin, Alemanha. Por fim, Roslani et al. (2014) aplicaram índices de Sensoriamento Remoto nas imagens RapidEye mapeando desta forma espécies de manguezais na Malásia, constatando o uso eficiente das imagens de alta resolução em ambientes agrícolas e em conservação. Todavia, a utilização das imagens não é limitada apenas para estes usos (Figura 2).

voltar ao
SUMÁRIO

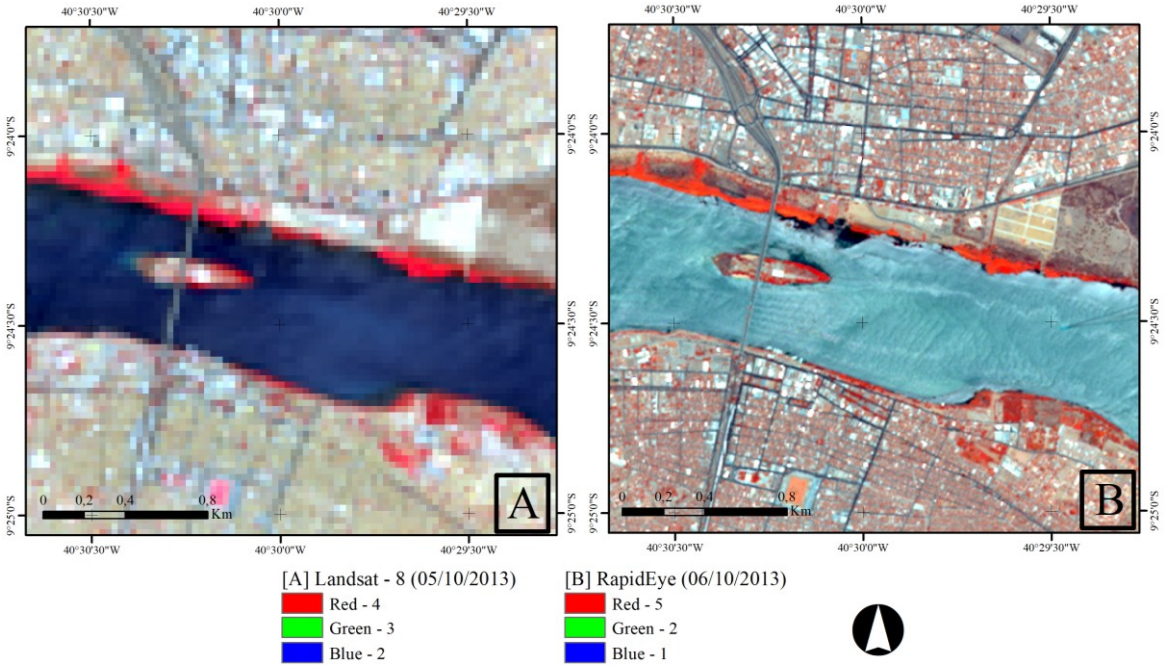


Figura 2 – Comparação da qualidade de resolução espacial dos Satélites Landsat 8 (A) e RapidEye (B) – Região de Petrolina/Juazeiro – Pernambuco/Bahia. Fonte: INPE.

A Figura 2 compara visualmente as imagens Landsat 8 e RapidEye para a região de Petrolina / Juazeiro (Pernambuco/Bahia), onde verifica-se novamente a superioridade da imagem RapidEye. Nota-se na figura 2A, referente ao Landsat-8 a baixa nitidez na detectação das especificidades da área urbana local; características que não concomitam com a figura 2B, onde o corpo hídrico, vegetação urbana, estradas e suas respectivas quadras são distinguidas. Corroborando com os escritos, Tigges Lake e Hostert (2013) detectaram e classificaram a vegetação urbana com as imagens RapidEye manifestando os benefícios dos satélites de alta resolução para monitoramentos urbanos. Maxwell et al. (2014) e Maxwell et al. (2014) por sua vez, fizeram das imagens de alta resolução, ortofografias e o LiDar (*Light Detection And Ranging*) suporte para mapear pontos de mineração e tomar decisões acerca das recuperações de minas. Doravante, com a inclusão das imagens de alta resolução nas plataformas governamentais brasileiras, contemplamos um período de perspectivas positivas no campo das análises mais especificas, e assim, proporcionando benefícios a pesquisa brasileira e a gestão territorial eficiente.

4. CONCLUSÃO

voltar ao
SUMÁRIO

A utilização dos satélites de alta resolução espacial tal como o RapidEye vem a trazer para a segunda década dos anos 2000 novas oportunidades no que tange as pesquisas que envolvem o monitoramento, verificação e análises ambientais como um todo. Contudo, as imagens de média resolução e sua vasta série temporal gratuita (Landsat, MODIS) não deve ser postergada, uma vez que ainda se observa diversas limitações de disponibilidade e cobertura para as imagens RapidEye no território nacional, por exemplo. A união entre imagens de média/alta resolução e a aplicação adequada de índices do sensoriamento remoto poderão reformular e remodelar as análises no Brasil, ampliando horizontes e melhorando dessa forma, a qualidade social, defesa e conservação das protegidas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos com estima o Laboratório de Pesquisas Geográficas NUVEM pelo devido apoio a pesquisa e as orientações dadas.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL - LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm >. Acesso em: 31/01/2018.

BRASIL – MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Imagens de satélites auxiliam no planejamento da administração pública**. 2016. Disponível em: < http://www.planejamento.gov.br/assuntos/assuntos-economicos/noticias/imagens-de-satelites-auxiliam-no-planejamento-da-administracao-publica >. Acesso em: 31/01/2018.

BRITO, P. V. S.; MORAIS, Y. C. B; FERREIRA, H. S; SILVA, J.F; GALVINCIO, J. D. Análise comparativa da umidade da vegetação de áreas de caatinga preservada, agricultura irrigada e sequeiro. **Journal of Environmental Analysis and Progress,** v. 2, p. 493-498, 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **RapidEye**. 2013. Disponível em: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_rapideye.html >. Acesso em: 31/01/2018.

GOMES, V. P; GALVÍNCIO, J. D; FERREIRA, P. S; SILVA, J.F; FERREIRA, H. S. Hyperspectral analysis in areas of Caatinga degraded in the municipality of Sertânia - PE. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 6, p. 262-269, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

IGLESIAS, M. E. D; GÓMEZ, A. M. M. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED, **Ciudad de La Habana**, Vol. 12, Num. 2, 2004. p. 1-5.

KIM, HYUN-OK; YEOM, JONG-MIN. Effect of red-edge and texture features for object-based paddy rice crop classification using RapidEye multi-spectral satellite image data. **International Journal of Remote Sensing**. 2014.

MAXWELL, A.E; STRAGER, M.P; WARNER, T.A.;ZÉGRE, N.P; YUILL, C.B. Comparison of NAIP orthophotography and RapidEye satellite imagery for mapping of mining and mine reclamation. **GIScience & Remote Sensing** Vol. 51, Iss. 3, 2014.

MAXWELL, AARON E.; WARNER, TIMOTHY A.; STRAGER, MICHAEL P.; PAL, MAHESH. Combining RapidEye Satellite Imagery and Lidar for Mapping of Mining and Mine Reclamation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, n. 2, pp. 179-189(11), 2014.

MENGATTO-JUNIOR, E.A; SILVA, J.S. Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p.513 -5 2 2, 2014.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **INPE disponibiliza imagens de alta resolução para o planejamento urbano**. 2016. Disponível em: < http://www.processamentodigital.com.br/2016/10/14/inpe-disponibiliza-imagens-de-alta-resolucao-para-o-planejamento-urbano/ >. Acesso em: 28/01/2018.

ROSLANI, M. A; MUSTAPHA, M. A; LIHAN, T; WAN JULIANA, W. A. Applicability of rapideye satellite imagery in mapping Mangrove vegetation species at Matang Mangrove Forest Reserve, Perak, Malaysia. **Journal of Environmental Science and Technology**, 7(2), 123-136, 2014.

SCHUSTER, C; SCHMIDTB, T;CONRADC, C; KLEINSCHMITB, B; FÖRSTER, M. Grassland habitat mapping by intra-annual time series analysis –Comparison of RapidEye and TerraSAR-X satellite data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** 34, 25–34, 2015.

SILVA, J.F; SILVA, E. R. A. C.; FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; BARBOZA, K. M. N.; CANDEIAS, A. L. B. Spatial-temporal evolution analysis of the vegetation in the Chapadinha microregion (Maranhão, Brazil) through remote sensing. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 6, p. 329-337, 2016.

SILVA, J.F; SILVA, R. K. A.; PAZ, Y. M; REIS, J. V.; FERREIRA, H. S; CANDEIAS, A. L. B. Avaliação do sensoriamento remoto termal para monitoramento de aterros sanitários. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, p. 37-48, 2018.

TIGGES, J.; LAKE, T; HOSTERT, P. Urban vegetation classification: Benefits of

voltar ao
SUMÁRIO

multitemporal RapidEye satellite data. **Remote Sensing of Environment** 136, p. 66–75, 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 15
SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL E AS NOVAS ALTERNATIVAS PARA OBTENÇÃO DE IMAGENS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A PLATAFORMA EEFLUX - EARTH ENGINE EVAPOTRANSPIRATION FLUX

THE REMOTE SENSING IN BRAZIL AND NEW ALTERNATIVES FOR OBTAINING IMAGES: CONSIDERATIONS ABOUT THE EEFLUX - EARTH ENGINE EVAPOTRANSPIRATION FLUX

Jadson Freire da Silva[1], Pedro Paulo Lima Silva[2], Pâmela Barcelar Ferreira Gomes da Silva[3], Mariana Caroline Gomes de Lima[4], Josimar Vieira dos Reis[5]

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[2]
Mestranda em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[3]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[4]
Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[5]

RESUMO
O Sensoriamento Remoto vem modificando-se ao longo dos anos e assim apresentando novas formas de aplicação, desenvolvimento e processamento. Na segunda década do século XXI imagens de alta resolução ganham notoriedade e satélites consolidados também se modificam. Observando a necessidade do conhecimento das novidades para o território brasileiro, este trabalho tem como objetivo apresentar a plataforma EEFLUX junto as suas informações gerais pelo intermédio de uma revisão. Os produtos disponíveis na plataforma, tais quais o mapa básico, composições coloridas, modelo digital de elevação, temperatura de superfície, mapas de uso e produtos oriundos da evapotranspiração são verificados na plataforma. A rapidez e a tangibilidade dos resultados para o território brasileiro mantêm a importância do satélite Landsat nas análises territoriais, assim sendo um valioso aliado no suporte e tomada de decisão de autarquias governamentais e privadas para ambientes de interesse.

Palavras-Chaves: Landsat, Geoprocessamento, METRIC - EEFLUX.

ABSTRACT
The Remote Sensing has been changing over the years and thus presenting new forms of application, development and processing. In the second decade of the 21st century, high resolution images gain notoriety and consolidated satellites also change. Observing the need to know the news for the Brazilian territory, this work aims to present the EEFLUX platform with its general information through a review. The products available, such as the basic map, colored compositions, digital elevation model, surface temperature, use maps and evapotranspiration products are verified on the platform. The rapidity and tangibility of the results for the Brazilian territory maintains the importance of the Landsat satellite in the territorial analyzes, thus being a valuable ally in the support and decision making of governmental and private autarchies for environments of interest.

Keywords: Landsat, Geoprocessing, METRIC - EEFLUX.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Nos dias presentes, nota-se pesquisas acadêmicas mais arrojadas no que se refere a aplicação do Sensoriamento Remoto (SR) no meio ambiente. Trabalhos utilizando imagens hiperespectrais, de alta resolução e através de veículos não tripulados (VANT's) ou drones são observados atualmente e podem ser levantados como claros exemplos dessa sofisticação (BINI et al., 2018; JACOBS et al., 2016; ODINI et al., 2017). Ainda acerca das modificações do SR ao longo dos anos, verifica-se melhoria nos algoritmos matemáticos (intitulado comumente de índices) sobre a aplicação das imagens e produtos dos satélites. Essa modificação atende a demandas específicas, tal como lavoura sob altas altitudes, ou então mais gerais, como por exemplo o ajuste de um índice para biomas ou grandes regiões (GALVÍNCIO et al., 2013; GUERRERO et al., 2012; KATAOKA et al., 2003).

Satélites consolidados por intermédio de seus densos bancos de dados de imagens disputam espaço com novos satélites e o conjunto auxiliam no fomento de pesquisa, suporte em ambientes sob risco, conservação e preservação de áreas verdes, monitoramento, entre outros. Diante desse cenário de mudanças no SR ao longo do tempo, a necessidade da atualização de satélites mais antigos é verificada; o SPOT - *Système Pour l´Observation de la Terre*, por exemplo, iniciou em meados de 1980 sendo considerado um satélite de resolução espacial média e nos dias atuais, representado pelos satélites SPOT 6 e 7, alcançou o patamar da alta resolução (LACROIX, 2016; VALDERRAMA-LANDEROS et al., 2018).

O satélite Landsat, fruto dos maiores e bem-sucedidos projetos de SR do mundo, manteve-se, no que se refere a sua resolução espacial, estável. Os trinta metros de resolução espacial nas faixas espectrais somadas ao seu vasto banco de dados, gratuidade e uma série de índices desenvolvidos a partir dos seus produtos não o deixaram entrar na obsolescência; contudo, devido a sua característica espacial, processamentos em pequenos ambientes de interesse podem resultar em respostas não satisfatórias.

Em contraposição, na vanguarda do SR os satélites de alta resolução vêm ganhando popularidade na segunda década dos anos 2000, entretanto a sua disponibilidade de forma gratuita ainda é um percalço no Brasil, uma vez que muitos satélites são oriundos de projetos comerciais e por este motivo, a aquisição dos produtos traz consigo elevadas quantias de recursos. O governo federal brasileiro sendo representado pelos grandes órgãos nacionais

voltar ao
SUMÁRIO

(Ministério do Meio Ambiente – MMA, INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) vem mudando esse cenário, onde estes adquiriram uma série de produtos promovidos pelos satélites de alta resolução (Pléiades, RapidEdye, Ikonos), contudo, o fornecimento desses produtos ainda não é universal no território, também não sendo tão popular quanto a do Landsat (BRASIL, 2016). Uma atualização que pode ser apontada para o Landsat, na segunda década dos anos 2000, é o lançamento da plataforma de imagens processadas automaticamente, denominada *Earth Engine Evapotranspiration Flux* ou METRIC-EEFLUX.

O METRIC EEFlux é a versão do METRIC - *Mapping Evapotranspiration at high Resolution with Internalized Calibration* operado na plataforma do Sistema Google Earth. É fruto do consórcio entre a Universidade de Nebraska-Lincoln, o Instituto de Pesquisa do Deserto e a Universidade de Idaho, apoiado financeiramente pelo Google. Na plataforma EEFlux é processada automaticamente imagens Landsat de diferentes lugares do globo. Os produtos resultantes são diversificados: mapa básico, composições de cores, albedo, NDVI, modelo digital de elevação, mapa de uso, temperatura de superfície e evapotranspiração (ALLEN et al., 2015; EEFLUX, 2018).

Entendendo a importância que o SR possibilita para o ambiente na atualidade e sua relevância para a verificação do território brasileiro, é primordial conhecer as novidades do tema bem como as características sensíveis nele contidas; ou seja, é fundamental observar critérios (gratuidade, intervalos espectrais, disponibilidade de dados, resolução espacial e resolução temporal) e como eles podem ser compreendidos, para que assim haja uma adequada manipulação da ferramenta. Diante do exposto, esse trabalho como objetivo apresentar as características da plataforma virtual EEFlux, explanando informações pertinentes para auxiliar na aplicação dos produtos no território brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se baseia no procedimento metodológico denominado revisão bibliográfica. Segundo Iglesias e Gomes (2004) o objetivo desse procedimento é evidenciar, relatar, descrever e facilitar a consulta de um compilado de artigos sobre um tema específico, sem descaracterizar a visão anterior. Desta forma, realizou-se uma busca para obtenção de artigos científicos utilizando as bases de dados como o Google Academics e Elsevier com as

seguintes palavras chaves: EEFLUX, METRIC – EEFLUX. Sobre as figuras, coletou-se da plataforma EEFLUX, a partir do sítio virtual *https://eeflux-level1.appspot.com* diversas fotos, sendo essas agrupadas através do software livre Paintbrush.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De fácil entendimento, a plataforma EEFlux (*https://eeflux-level1.appspot.com*) remete o sítio virtual das imagens do satélite Landsat – USGS/Earth Explorer (*https://earthexplorer.usgs.gov*), apresentando uma interface bastante resumida e didática. Ao escolher a área (movendo o cursor vermelho) e o período de interesse (Figura 1A), este variando do ano de 1986 até os dias atuais, é possível extrair e baixar diversas informações pré processadas pelo website (Figura 1B).

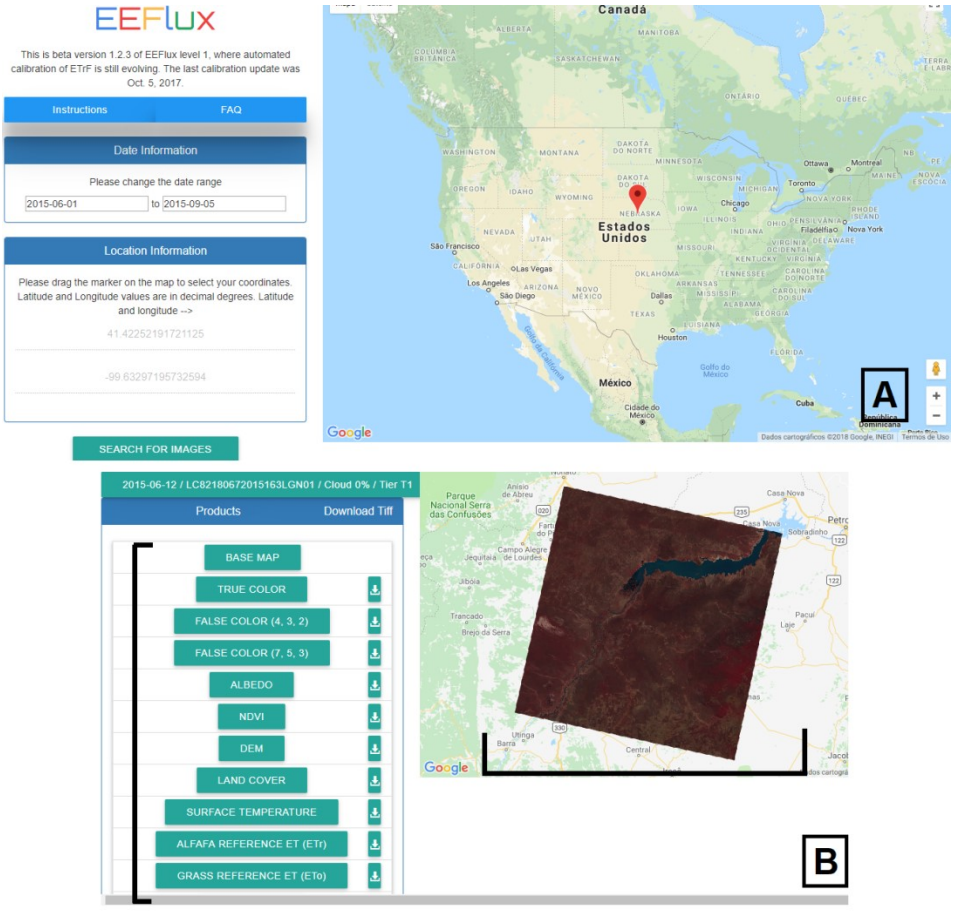


Figura 1 – Interface inicial da plataforma EEFLUX. Fonte: EEFLUX, 2018

voltar ao
SUMÁRIO

No geral, os produtos resultantes da plataforma METRIC – EEFlux são constituídos por duas divisões de complexidade: a básica e a alta. Na básica complexidade os resultados provem de uma manipulação de bandas espectrais, não sendo aplicada equações matemáticas nas imagens; desta forma, a baixa complexidade inclui-se produtos acerca das composições de cores (cor verdadeira, falsa cores) e a imagem base (Figura 2).

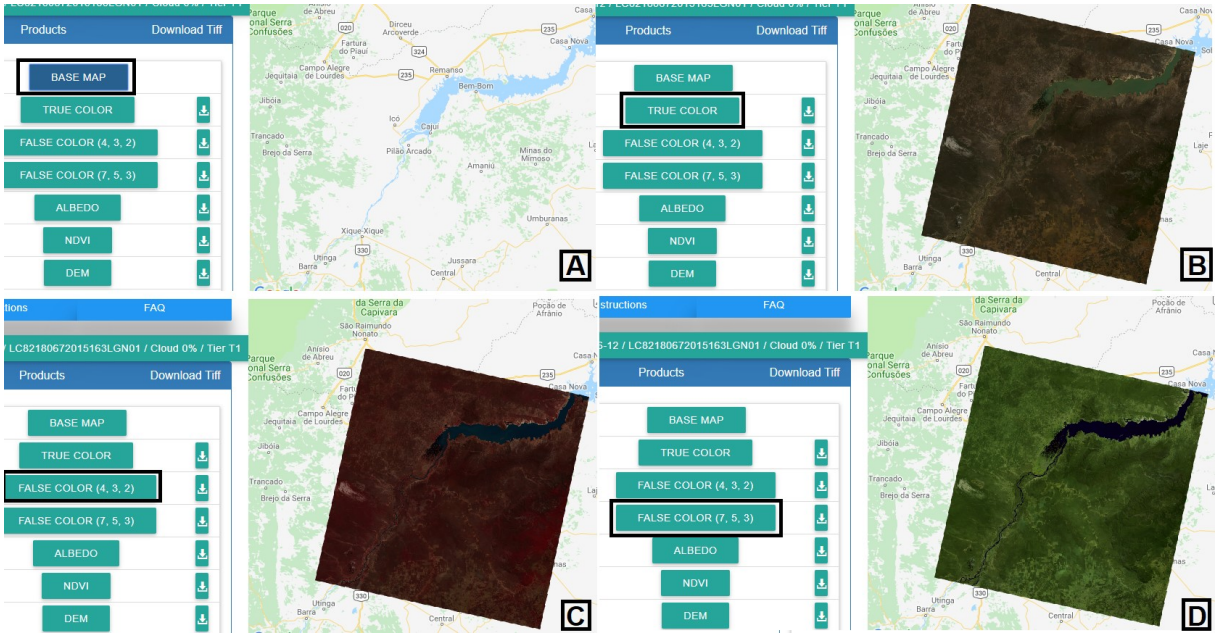


Figura 2 – Visualização dos produtos disponíveis para download na plataforma EEFlux (mapa básico, cor verdadeira e falsas cores). Fonte: EEFLUX, 2018.

O mapa base/imagem base (Figura 2a) revela as estradas, unidades florestais, corpos hídricos e cidades no padrão de mapas do Google. A imagem de cor verdadeira (Figura 2b), as bandas RGB (vermelha, verde e azul, traduzido do inglês) estão organizadas e exibidas na mesma forma. As duas imagens de falsa cor (false color) são organizadas da seguinte forma: a banda do infravermelho próximo – IVP (NIR – *Near Infrared*, em inglês), o vermelho e o verde estão exibidos nas composições RBG (Figura 2c) e as duas bandas curtas, também conhecidas como banda do infravermelho médio (SWIR - *Shortwave Infrared*, em inglês), junto a banda do vermelho estão organizadas e exibidas no RGB (Figura 2d). Sabe-se que a manipulação adequada das bandas espectrais nas faixas RGB é de grande relevância,

voltar ao
SUMÁRIO

pois através dessa manipulação é possível realçar alvos de interesse (FIGUEIREDO, 2005), tais como áreas agrícolas, ambientes em exposição ou corpos hídricos, por exemplo.

Como explicitado anteriormente, os produtos de complexidade elevada envolvem equações aplicadas sobre as imagens de satélite Landsat. O albedo, o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), o modelo digital de elevação – SRTM (DEM), mapa de uso e cobertura do solo, temperatura de superfície e evapotranspiração são os resultados gerados a partir da plataforma EEFlux (Figura 03). Em razão da aplicação de formulas nas imagens observa-se diferentes classificações para cada produto explícito, concomitante a literatura acadêmica sobre os temas.

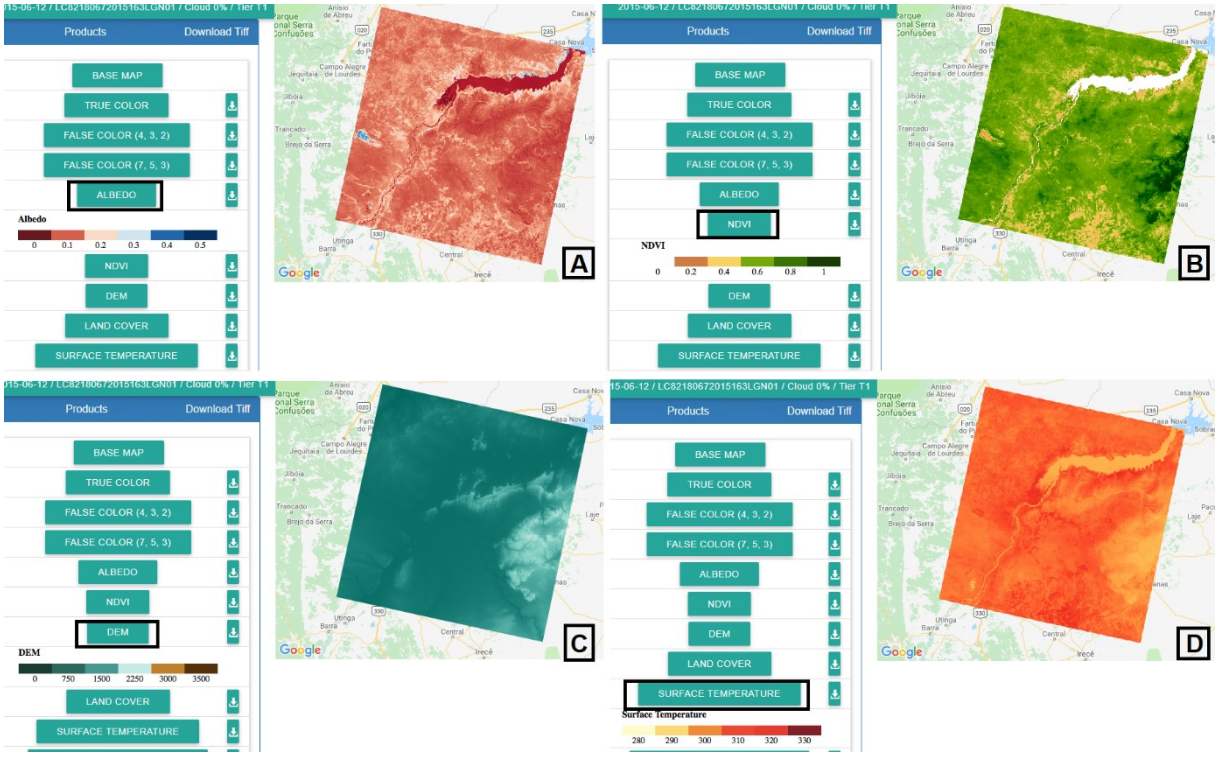


Figura 03 – Visualização dos produtos disponíveis para download na plataforma EEFlux (albedo, NDVI, DEM e temperatura de superfície). Fonte: EEFLUX, 2018.

Usado em grandes áreas da ciência, o albedo é definido como o poder de reflexão de uma superfície, sendo representado pela razão das radiações refletidas e incidentes na terra (GALE, 2003). No EEFlux, o albedo foi baseado no trabalho de Tasumi et al. (2008), sendo classificado numa escala de 0 a 0,5 (Figura 3a).

voltar ao
SUMÁRIO

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) é um dos mais populares índices do sensoriamento remoto; desenvolvido por Rouse et al. (1973) a formulação é aplicada até os dias atuais no monitoramento e análise de ambientes de vegetação nativa ou agrícola. O NDVI é calculado pela razão da reflectância das bandas do infravermelho próximo e vermelho, variando de -1 a 1, onde os valores próximos a zero apresentam ambientes sem vegetação e próximos a um (1) com vegetação densa. No EEFlux é calculado a partir da reflectância observada no trabalho de Tasumi et al. (2008), sendo classificado numa escala de 0 a 1, onde valores próximos de 0,15 indicam solo exposto e valores próximos ao 0,75 indicam vegetação densa e/ou cheia (Figura 3b).

O modelo digital de elevação (no inglês, *Digital Elevation Model* – DEM) foi baseado no projeto SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, lançado no ano de 2000 para adquirir um conjunto de imagens que retratavam as elevações do globo (30 metros de resolução espacial) (USGS, 2015). No EEFlux a DEM está classificada em intervalos de 750 metros (0 a 3500). Além de utilizar a DEM para ajustar a temperatura da superfície antes da estimativa do fluxo de calor sensível no METRIC, usa-se o modelo digital de elevação para extração de mapas de declividades e outros trabalhos que envolvem como variável a altimétrica 1ocal (Figura 3c).

A temperatura de superfície é um excelente produto de monitoramento e análise de diversos parâmetros, sobretudo os que envolve o clima e suas mudanças. No EEFlux a temperatura de superfície é explanada na escala de Kelvin (Figura 3d). Ademais, observa-se a disponibilidade de mapas de uso e cobertura do solo, estes extraídos das bases de dados NLCD (*National Land Cover Database (NLCD) Land Cover Collection*) e da agência espacial europeia. Além dos produtos descritos anteriormente, a plataforma EEFLux disponibiliza uma série de evapotranspirações (ETr - Referencia Alfafa; ETo - Referencia Grama, ETrF - padrão, EToF - padrão, ET atual – padrão), tendo como base equações gerais do METRIC desenvolvida por Allen et al. (2007) sendo também encontrada no trabalho de Irmak et al. (2012).

Sobre o satélite Landsat, suas caraterísticas gerais modificaram ao longo dos anos; o aumento de bandas espectrais e os ajustes nos sensores podem ser exemplos genéricos a serem levantados. As tabelas 1, 2 e 3 explanam as mudanças acerca das características do

voltar ao
SUMÁRIO

satélite Landsat no que se refere os sensores acoplados, as bandas espectrais, resolução espectral, espacial e temporal (EMBRAPA, 2013; USGS, 2018; BARSI et al., 2014).

Tabela 1 – Características gerais do Satélite Landsat 5

Landsat 5				
Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal
TM (Thematic Mapper)	Azul	0.45 - 0.52 µm	30 m	16 dias
	Verde	0.52 - 0.60 µm	30 m	
	Vermelho	0.63 - 069 µm	30 m	
	Infravermelho próximo	0.76 - 0.90 µm	30 m	
	Infravermelho médio	1.55 - 1.75 µm	30 m	
	Infravermelho termal	10.4 - 12.5 µm	120 m	
	Infravermelho médio	2.08 - 2.35 µm	30 m	

Fonte: EMBRAPA, 2013, USGS, 2018.

Tabela 2 – Características gerais do Satélite Landsat 7

Landsat 7				
Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	Azul	0.45-0.515 µm	30 m	16 dias
	Verde	0.525-0.605 µm	30 m	
	Vermelho	0.63 - 069 µm	30 m	
	Infravermelho próximo	0.76 - 0.90 µm	30 m	
	Infravermelho médio	1.55 - 1.75 µm	30 m	
	Infravermelho termal	10.4 - 12.5 µm	60 m	
	Infravermelho médio	2.09 - 2.35 µm	30 m	
	Pancromática	0.52 - 0.90 µm	15 m	

Fonte: EMBRAPA, 2013, USGS, 2018.

Tabela 3 – Características gerais do Satélite Landsat 8

Landsat 8				
Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal
OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor)	Super azul (costeiro)	0.433 - 0.453 µm	30 m	16 dias
	Azul	0.450 - 0.515 µm	30 m	
	Verde	0.525 - 0.600 µm	30 m	
	Vermelho	0.630 - 0.680 µm	30 m	
	Infravermelho próximo	0.845 - 0.885 µm	30 m	
	Infravermelho médio	1.560 - 1.660 µm	30 m	
	Infravermelho médio	2.100 - 2.300 µm	30 m	
	Pancromática	0.500 - 0.680 µm	15 m	
	Cirrus	1.360 - 1.390 µm	30 m	
	Infravermelho termal	10.30 - 11.30 µm	100 m	
	Infravermelho termal	11.50 - 12.50 µm	100 m	

voltar ao
SUMÁRIO

Fonte: BARSI et al. 2014; USGS, 2018.

As mudanças contidas no Landsat refletem no histórico do satélite, no qual, inicia-se em meados de 1970. Importantes pesquisas foram desenvolvidas a partir das imagens produzidas em diferentes âmbitos: levantamentos na agricultura (MORSE et al., 2004; DUTTA et al., 2015), evapotranspiração de florestas (NUMATA et al., 2017), albedo (HE et al., 2018) e em corpos hídricos (ONI et al., 2015) e áreas urbanas (CHEN et al., 2006; MOHAN; KANDYA, 2015) são pontuações que constatam a relevância destas imagens para a pesquisa científica atual.

A capacidade de se obter de forma automática imagens processadas respalda e permite que pequenas e grandes organizações mantenham pesquisas sobre determinado interesse sem conhecer as avançadas formulas que fazem parte do escopo de desenvolvimento dos produtos. A tangibilidade para análise, avaliação e monitoramento de regiões brasileiras é verificada, todavia, a resolução temporal de 16 dias do satélite bem como sua resolução espacial de 30 metros podem ser percalços para investigações específicas.

4. CONCLUSÃO

O projeto METRIC - EEFLUX vem a trazer com sua utilização na segunda década dos anos 2000 novas alternativas no que se refere a remodelação das pesquisas que envolvem o monitoramento, análises e verificações ambientais no geral. A dificuldade em se obter imagens de alta resolução em território brasileiro faz das imagens de resolução média, tal qual a Landsat, importantes no que tange a ampliação das pesquisas ambientais, trazendo à tona uma atualização de trabalhos anteriores. Desta forma, a melhoria atingirá não só a ciência, mas a qualidade econômica, social e a defesa, conservação e preservação de ambientes protegidos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos com estima os Laboratórios de Análise e Processamento de Imagens – APRI/UFPE, de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SERGEO/UFPE e do

voltar ao
SUMÁRIO

Laboratório Independente de Pesquisas Geográficas NUVEM pelo devido apoio a pesquisa e as orientações dadas.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; MORTON, C.; KAMBLE, B.; KILIC, A.; HUNTINGTON, J.; THAU, D.; RATCLIFFE, I. EEFlux: A Landsat-based evapotranspiration mapping tool on the Google Earth Engine. In **Proceedings** of the ASABE/IA Irrigation Symposium, Long Beach, CA, USA, 10–12 November 2015.

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. **ASCE J. Irrig. Drain. Eng** 133, 380–394, 2007.

BARSI, J.A.; LEE, K.; KVARAN, G.; MARKHAM, B.L.; PEDELTY, J.A. The Spectral Response of the Landsat-8 Operational Land Imager. **Remote Sens**. v 6, p. 10232-10251, 2014.

BINI, M.; ISOLA, I.; ZANCHETTA, G.; RIBOLINI, A.; CIAMPALINI, A.; BANESCHI, I.; MELE, D.; D'AGATA, A. Identification of Leveled Archeological Mounds (Höyük) in the Alluvial Plain of the Ceyhan River (Southern Turkey) by Satellite Remote-Sensing Analyses. **Remote Sens**, n.10, v. 241, 2018.

BRASIL – MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Imagens de satélites auxiliam no planejamento da administração pública**. 2016. Disponível em: < http://www.planejamento.gov.br/assuntos/assuntos-economicos/noticias/imagens-de-satelites-auxiliam-no-planejamento-da-administracao-publica >. Acesso em: 31/01/2018.

CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P.X.; YIN, Z.Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, 104 (2), 133–146, 2006.

DUTTA, D.; KUNDU, A.; PATEL, N.R.; SAHA, S.K; SIDDIQUI, A.R. Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences** 18, 53-63, 2015.

EEFLUX - EARTH ENGINE EVAPOTRANSPIRATION FLUX. **Instructions**. 2018. Disponível em: < https://eeflux-level1.appspot.com>. Acesso em: 14/04/2018.

EMBRAPA. **Missão Landsat**. 2013. Disponível em: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html >. Acesso em: 15/04/2018.

voltar ao
SUMÁRIO

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos do Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf >. Acesso em: 01/03/2018.

GALE, T. **Environmental Encyclopedia**. Science In Context, Editora Gale, Edição 3, 1641 páginas, 2003.

GALVÍNCIO, J. D et al. LAI Improved to Dry Forest in Semiarid of the Brazil. *International* **Journal of Remote Sensing Application** 3 (4), 193, 2013.

GUERRERO, J.M.; PAJARES, G.; MONTALVO, M.; ROMEO, J.; GUIJARRO, M. Support vector machines for crop/weeds identification in maize fields. **Exp. Syst. Appl**. 39, 11149–11155, 2012.

HE, T.; LIANG, S.; WANG, D.; CAO, Y.; GAO, F.; YU, Y.; FENG, M. Evaluating land surface albedo estimation from Landsat MSS, TM, ETM+, and OLI data based on the unified direct estimation approach. **Remote Sens. Environ**, v. 204 (Suppl. C), p. 181–196, 2018.

IGLESIAS, M. E. D; GÓMEZ, A. M. M. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED, **Ciudad de La Habana**, Vol. 12, Num. 2, 2004. p. 1-5.

IRMAK, A.; ALLEN, G.R.; KJAERSGAARD, J.L.; HUNTINGTON, J.; KAMBLE, B.; TREZZA, R.; RATCLIFFE, I. Operational Remote Sensing of ET and Challenges. In **Evapotraspiration—Remote Sensing and Modeling**; Irmak, A., Ed.; INTECH: Manhattan, NY, USA, 2012; Chapter 21.

JACOBS, L.; MAES, J.; MERTENS, K.; SEKAJUGO, J.; THIERY, W.; LIPZIG, N.; POESEN, J.; KERVYN, M.; DEWITTE, O. Reconstruction of a flash flood event through a multihazard approach: focus on the Rwenzori Mountains, Uganda. **Nat Hazards**, v.84, p.851–876, 2016.

KATAOKA, T.; KANEKO, T.; OKAMOTO, H.; HATA, S. Crop growth estimation system using machine vision. In: 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. **Proceedings**, b1079–b1083, 2003.

LACROIX, P. Landslides triggered by the Gorkha earthquake in the Langtang valley, volumes and initiation processes. **Earth, Planets and Space**, v.68, n.46, 2016.

MOHAN, M., KANDYA, A. Impact of urbanization and land-use/land-cover change on diurnal temperature range: A case study of tropical urban airshed of India using remote sensing data. **Science of the Total Environment** 506-507, 453–465, 2015.

MORSE, A.; KRAMBER, W.J.; ALLEN, R.G.; TASUMI, M. Use of the METRIC Evapotranspiration Model to Compute Water Use by Irrigated Agriculture in Idaho. **Proceedings** of the 2004 IGARSS Symposium, Anchorage, AK, 2004.

voltar ao
SUMÁRIO

NUMATA, I.; KHAND, K.; KJAERGAARD, J.; COCHRANE, M.A.; SILVA, S.S. Evaluation of Landsat-based METRIC modeling to provide high-spatial resolution evapotranspiration estimates for Amazonian forests. **Remote Sens**. 2017, 9, 46.

ODINDI, J.; ADAM, E.; ABDEL-RAHMAN, E.; MUTANGA, O. Testing the spectral resolutions of the new multispectral sensors for detecting Phaeosphaeria leaf spot (PLS) infestations in maize crop. **South African Journal of Geomatics**, Vol. 7. No. 1, AARSE 2017 Special Edition, January 2017.

ONI, S. K.; FUTTER, M. N.; BUTTLE, J.; DILLON, P. J. Hydrological footprints of urban developments in the Lake Simcoe watershed, Canada: a combined paired-catchment and change detection modelling approach, **Hydrol. Process**., 29, 1829–1843, 2015.

ROUSE J. W.; HAAS Jr, R. H.; SCHELL J. A. and D. W. DEERING, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, **NASA** SP-351 I, 309–317, 1973.

TASUMI, M.; ALLEN, R.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. **J. Hydrol. Eng**, 13, 51–63, 2008.
USGS - United States Geological Survey. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. 2015. Disponível em:< https://lta.cr.usgs.gov/SRTM >. Acesso em: 15/04/2018.

USGS - United States Geological Survey. **What are the band designations for the Landsat satellites?** 2018. Disponível em: < https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites >. Acesso em: 15/04/2018.

VALDERRAMA-LANDEROS, L.; FLORES-DE-SANTIAGO, F.; KOVACS, J. M.; FLORES-VERDUGO, F. An assessment of commonly employed satellite-based remote sensors for mapping mangrove species in Mexico using an NDVI-based classification scheme. **Environ Monit Assess**, v.190, n. 23, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 16
SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE NA AVALIAÇÃO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: OBSERVAÇÃO DO RIO DOCE NA TRAGÉDIA DE MARIANA (MG)

REMOTE SENSING AS A SUPPORT IN THE EVALUATION AND MANAGEMENT OF WATER ENVIRONMENTS: OBSERVATION OF THE DOCE RIVER IN THE TRIANGLE OF MARIANA (MG)

Rutt Keles Alexandre da Silva[1], Jadson Freire da Silva[2], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[3], Antônio Hélton Vasconcelos dos Santos[4], Josimar Vieira dos Reis[5]

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[2]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[3]
Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[4]
Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[5]

RESUMO
Em novembro de 2015 o Brasil vivenciou um desastre ambiental sem precedentes em sua história, a maior catástrofe ambiental hídrica do país: a "Tragédia de Mariana". A lama tóxica comprometeu o rio Doce em sua extensão, danificando fauna, flora e processos socioeconômicos. Diante disso, o sensoriamento remoto emerge como ferramenta de suporte para avaliação, monitoramento e análise de ambientes sob processos antrópicos. Nesse sentido esse trabalho tem o objetivo de analisar a utilização do Sensoriamento Remoto como suporte na avaliação e gestão dos recursos hídricos, tendo como exemplo a tragédia hídrica de Mariana (MG) onde o Rio Doce foi o principal impactado. Utilizou-se imagens do Google Earth e do Landsat – 8 para realizar os procedimentos metodológicos de análise. Observa-se a partir das imagens em estudo que o rio Doce antes da tragédia antrópica mantinha uma coloração diferente das imagens do período pós tragédia, o que já foi observado em literatura para outros ambientes sob processos de sedimentação, eutrofização e com propagação de plantas daninhas. Assim, constata-se a eficiência do Sensoriamento Remoto no que tange ao monitoramento de ambientes hídricos, este seja na manipulação simples das imagens ou na aplicação de índices consagrados nas pesquisas sobre o tema; em ambos os casos, a finalidade é promover para a gestão pública ou privada subsídios de tomada de decisão e de melhoria da qualidade de vida da sociedade como um todo.

Palavras-Chaves: Rio Doce, Recursos Hídricos, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT
In November 2015, the Brazil experienced an unprecedented environmental disaster in its history, the country's biggest water disaster: the "Tragedy of Mariana". The toxic mud compromised the river Doce in its extension, damaging fauna, flora and socioeconomic processes. Therefore, remote sensing emerges as a support tool for evaluation, monitoring and analysis of environments under anthropic processes. In this sense, this work has the objective of analyzing the use of Remote Sensing as a support in the evaluation and management of water resources, taking as an example the water tragedy of Mariana (MG) where the Rio Doce was the main impacted. The Images of Google Earth and Landsat-8 were used to perform the methodological procedures of analysis. It is observed from the images under study that the river Doce before the anthropic tragedy maintained a different coloration of the images of the post-tragedy period, which has already been observed in literature for other environments under sedimentation, eutrophication and weed propagation. Thus, the efficiency of Remote Sensing in the monitoring of water environments, whether in the simple manipulation of the images or in the application of indexes established in the researches on the subject, is verified. in both cases, the purpose is to promote for public or private management decision-making subsidies and for improving the quality of life of society as a whole..

Keywords: Rio Doce, Water Resources, Remote Sensing.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Em novembro de 2015 o Brasil vivenciou um desastre ambiental sem precedentes em sua história, a maior catástrofe ambiental hídrica do país: a "Tragédia de Mariana". A Barragem do Fundão, localizada no município de Bento Rodrigues (MG) (Figura 1) e de responsabilidade da mineradora Samarco ao romper, deixou um rastro de destruição avassalador quilômetros afora do território de Minas Gerais. No curso do Rio Doce a partir de então não resistiria qualquer tipo de vida saudável, pois esta já estava comprometida pela lama densa em resíduos minerais. Os reflexos desastrosos deste acontecimento tornaram alguns ambientes irrecuperáveis, é o que ratificaram Silva e Andrade (2016) em seus escritos, quando observaram milhares de plantios e outras atividades produtivas impactadas. Quem dependia da economia pesqueira e seus fluxos diretos e indiretos foi ao encontro do desemprego e viu de perto a destruição do Rio Doce, berço de diversas espécies marinhas.

Figura 1 – Município de Bento Rodrigues (MG) e a exploração mineral. **Fonte:** Google Earth, 2017.

A partir de então, a pergunta que paira sobre as cabeças de muitos ambientalistas é a mesma: "*É realmente possível sabermos com precisão todos os impactos, em longo prazo, que o rompimento da barragem pode causar*? ". Diversos documentos conseguiram discutir os possíveis impactos que esse desastre causou/causará em curto e longo prazo (PINTO-

voltar ao
SUMÁRIO

COELHO, 2015; LACAZ; PORTO; PINHEIRO, 2017; MINAS GERAIS, 2016) mas infelizmente, novos problemas podem eclodir na área no futuro, como também requerer alternativas para mitigação, recuperação e monitoramento. Para este último, tem-se o sensoriamento remoto atuando sobre os corpos hídricos atingidos. A facilidade da sociedade civil em obter *softwares* que conseguem retratar a superfície terrestre na atualidade facilitaram os meios de comunicação a alertar e acompanhar a lama contaminada até a foz do rio. Além disso, a possibilidade do desenvolvimento de relatórios técnicos e artigos científicos embasados pelas aquisições das imagens de satélites auxiliam no arcabouço documental deste desastre, permitindo a sua comparação com os anteriores de menores proporções.

O Sensoriamento Remoto é datado da década de 1970 e mesmo sendo relativamente antigo este consegue se renovar e acompanhar com grande relevância as mudanças e as dinâmicas atuais. Os variados índices oriundos do sensoriamento e suas aplicações, sejam eles para detectar vegetação, hidrologia ou processos antrópicos ainda continuam sendo usados com excelência, encorpando pesquisas e auxiliando nos variados diagnósticos. A manipulação dos intervalos espectrais via *softwares* arrojados é suficiente, em certos casos, para detectar mudanças antrópicas ou naturais, levantando assim, a necessidade de solucionar tais casos, suprindo com o sistema mais adequado.

Um bom exemplo sobre a aplicação do Sensoriamento Remoto nos recursos hídricos é retratado na pesquisa de Candeias et al. (2015a) os quais, através de imagens oriundas do Google Earth e Landsat examinaram os materiais em suspensão, sedimentos, macrófitas e algas na região onde se localiza o Reservatório de Itaparica, Pernambuco. Além disso, a vegetação proliferada inclusa à ambientes hídricos pode causar sérios problemas, tais como a eutrofização ou redução de navegabilidade, características que por intermédio do geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto pode se verificar e analisar (CANDEIAS et al., 2015b). O caso do desastre ambiental de Mariana (MG), pela sua magnitude, facilita a visualização da sociedade civil do grande estrago causado pelo homem, porém, observa-se casos específicos em que a verificação remota é uma influente ferramenta para conservação de ambientes de interesse.

A partir das informações levantadas, este trabalho tem como objetivo analisar a utilização do Sensoriamento Remoto como suporte na avaliação e gestão dos recursos hídricos, tendo como exemplo a tragédia hídrica de Mariana (MG) onde o Rio Doce foi o

voltar ao
SUMÁRIO

principal impactado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Rio Doce faz parte dos maiores rios do Brasil em extensão, contendo aproximadamente 853 quilômetros e cortando os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Além disso, o mesmo percorre 222 municípios, onde estão alocados um contingente populacional de 3,1 milhões de indivíduos (70% sendo população urbana) sendo que a maioria dependia diretamente do rio para ter água na torneira (GAZETA DO POVO, 2015).

2.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos propostos nesta pesquisa consistem na revisão bibliográfica e na manipulação de softwares editores de imagens de satélite. A revisão bibliográfica é definida como um artifício identificador, verificador e apreciador de trabalhos e documentos para uma finalidade específica, onde a identificação deve ser coletada das fontes originais sem que haja supressão dos documentos, estes devem estar em mostra, localizados e organizados para que se tenha, em dúvida, a avaliação minuciosa de cada estudo (BARDIN, 2004).

Utilizou-se os softwares *Google Earth*, ERDAS imagine e ArcGis no desenvolvimento do trabalho. As imagens *Google Earth* foram utilizadas para obtenção de figuras com resolução espacial alta, uma vez que, o software mantém em seu banco de dados diversas figuras de variados satélites comerciais e não comerciais. A necessidade do software ERDAS imagine deveu-se pela importância das imagens Landsat nas análises temporais; procedimentos essenciais de manipulação dessas imagens, como o empilhamento e a reprojeção foram executados através do ERDAS. Além disso, figuras oriundas de sítios virtuais de credibilidade sobre o caso foram extraídas para comparação com as imagens de satélite. A Tabela 1 expõe informações sobre as imagens adquiridas.

Tabela 1 – Informações sobre as imagens adquiridas.

Imagens	**Informações**		
	Path (Ponto)	Row (Orbita)	Data

voltar ao
SUMÁRIO

Landsat	215	74	30/01/2015
	215	74	01/01/2016
	217	74	05/08/2014
	217	74	10/08/2016
	Mês	Ano	
Google Earth	Maio	2014	
	S/m	2017	

A inclusão de pontos essenciais para a criação do mapa, a manipulação das imagens Landsat pré-processadas, a exportação e consolidação do mapa propriamente dito foi por intermédio do ArcGis 9.2 e suas ferramentas relevantes para o geoprocessamento no geral.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No desastre de Mariana, os rios Gualaxo do Norte, do Carmo e o Rio Doce, da montante até a sua foz, foram diretamente avariados pela a lama oriunda da extração do minério das empresas, afetando a diversidade do ecossistema do entorno, seja na forma da fauna e flora como o da sociedade civil: 35 (trinta e cinco) municípios do estado de Minas Gerais e 4 (quatro) no Espírito Santo (aproximadamente 1,2 milhões de pessoas) tiveram a qualidade da água, que usara para consumo humano e atividades econômicas, prejudicadas (MINAS GERAIS, 2016) (Figura 2).

voltar ao
SUMÁRIO

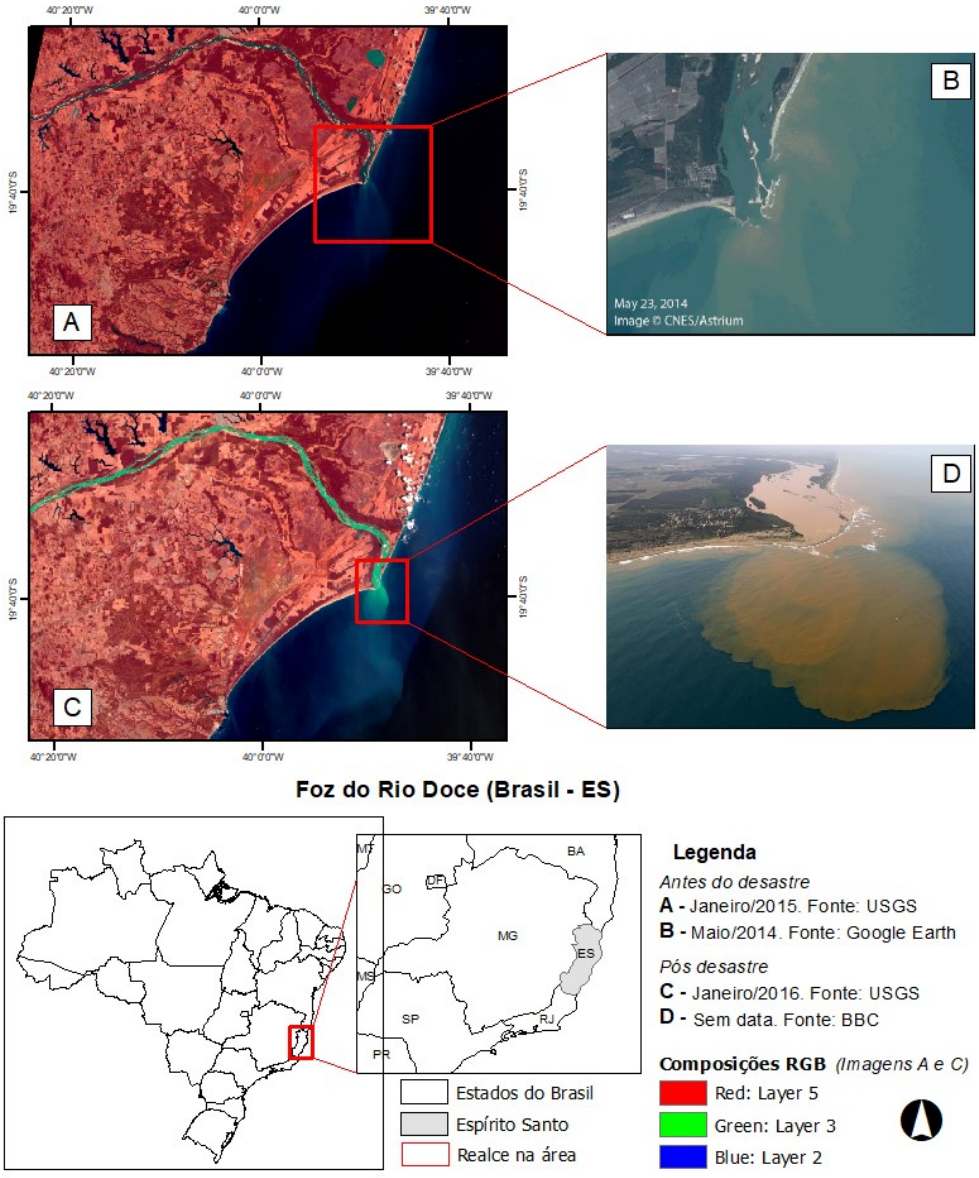


Figura 2 – Foz do Rio Doce (Brasil – ES) no período anterior e posterior da tragédia de Mariana. **Fonte:** Dados Extraídos da USGS, Google Earth e BBC. **Design**: Desenvolvido pelos Autores, 2017.

Analisando a Figura 2, verifica-se que o rio transforma seu tom de cor (tornando-se mais claro) em datas posteriores ao do desastre (Figura 2C); esse resultado é observado no trabalho de Candeias et al. (2015b) e é decorrente da alta presença de sedimentos em suspensão nos corpos hídricos. Além disso, é notório através da Figura 2C e constatado pela Figura 2D que o rejeito de mineração vem sendo dispersado por toda faixa costeira, comumente denominada como "língua" do rio, causando mais danos a sociedade, economia e ambiente natural; situação não observada no período anterior a tragédia de Mariana (Figura

voltar ao
SUMÁRIO

2A e 2B).

Os canais de comunicação e mídias sociais, pela magnitude do desastre e repercussão obtida, levantaram relevantes reflexões de como estão sendo tratados os recursos naturais no Brasil e sua relação com o mercado financeiro; afinal, o quanto a natureza perdeu com essa catástrofe? O quanto custará para a empresa a reparação total? Quantas famílias perderam seu sustento? Quanto tempo durará para a recuperação completa do entorno impactado? Quando os moradores voltarão a beber a água do Rio Doce? Estes são os questionamentos que a sociedade junto as entidades governamentais ambientais emitem através das mídias e as autoridades responsáveis ainda não detém respostas tangíveis para tranquilizar a população (TERRA, 2017; ESTADÃO, 2017; EL PAÍS, 2017abcdef; G1, 2017; BBC, 2017). Sabe-se que os rejeitos de minério de ferro quando secarem, inviabilizará a permeabilização do solo e a perpetuação da matéria orgânica original, modificando a vegetação nativa e a possibilidade do manejo agropecuário, comprometendo uma área de 1.430 hectares e necessitando de anos para recuperação (Figura 3) (MINAS GERAIS, 2016; LOPES, 2016).

Através das imagens de satélite e pelo elevado dano aos recursos naturais, é possível observar por uma simples manipulação dos canais espectrais RGB as mudanças ocorridas, todavia, é factível detectar presença de indícios de poluição em corpos hídricos através dos índices desenvolvidos no Sensoriamento Remoto e seus limiares propostos na literatura acadêmica, tais como os índices denominados: Índice de água por diferença normalizada - NDWI (MCFEETERS, 1996), Índice de Lagoas por Diferença Normalizada – NDPI (LACAUX et al., 2007) ou a Modificação do Índice de água por diferença normalizada - MNDWI (XU,2006), por exemplo. Uma das benesses promovidas pelos índices anteriormente citados é a capacidade de analisar os resultados para casos mais específicos, uma vez que a sensibilidade e as classificações já existentes em artigos científicos e relatórios técnicos dão arcabouço para um diagnóstico mais preciso e consequentemente uma tomada de decisão eficaz e sustentável.

voltar ao
SUMÁRIO

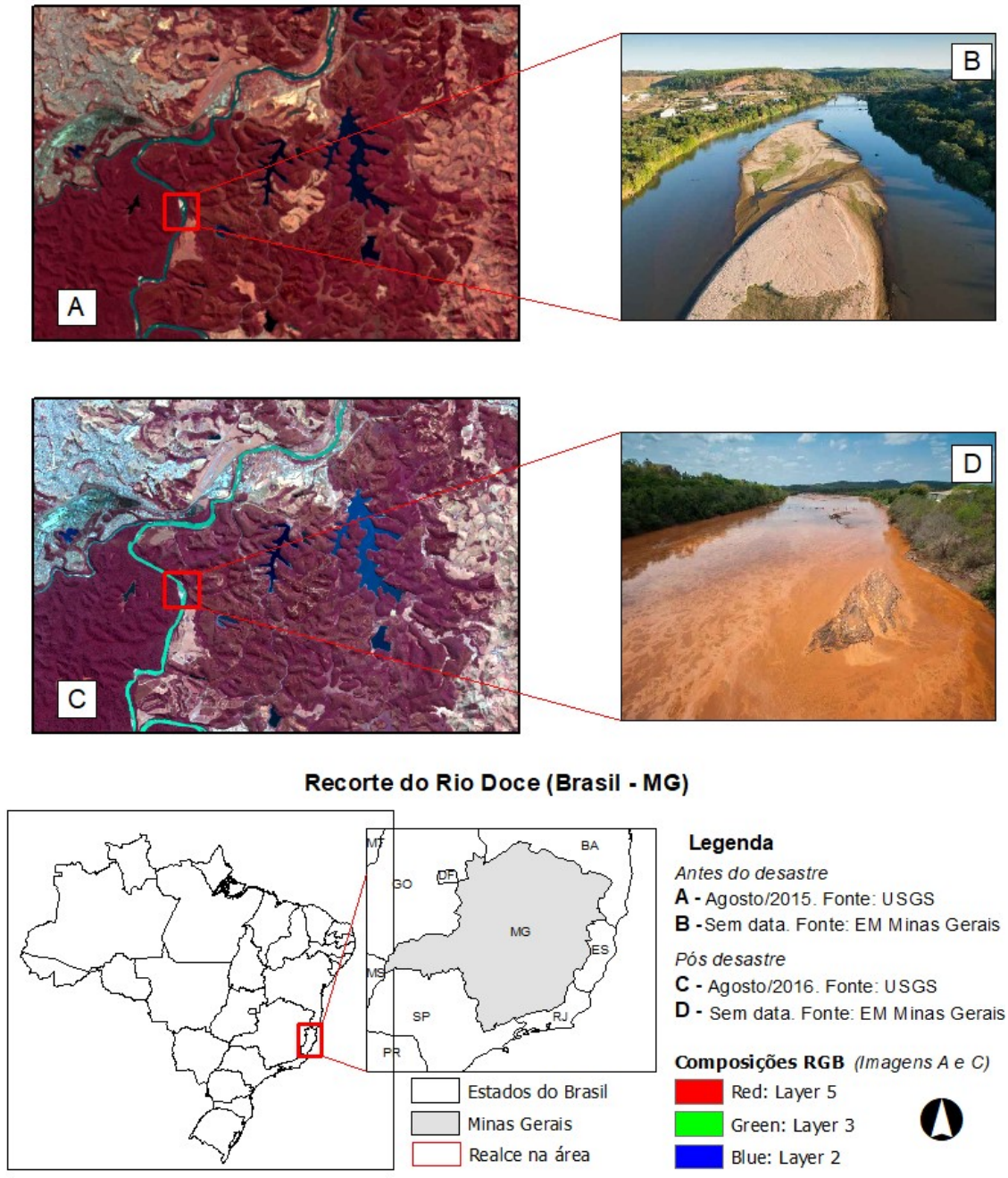


Figura 3 – Recorte do Rio Doce (Brasil – MG) no período anterior e posterior da tragédia de Mariana. **Fonte:** Dados Extraídos da USGS e EM Minas Gerais. **Design:** Desenvolvido pelos Autores, 2017.

Na Figura 3 é revelada um recorte do Rio Doce no seu transcurso natural (Figura 3A) junto a corpos hídricos que obtiveram ou não, influência da lama tóxica da barragem, onde nota-se que a manipulação R5G3B2 revelou visíveis diferenciações nos momentos antes e pós desastre (Figura 3C). As lagoas do Piau e Silvana, localizadas à leste do Rio Doce

voltar ao
SUMÁRIO

mantiveram colorações semelhantes ao do rio Doce no período anterior ao acidente e discrepantes pós, uma vez que estas não foram contaminadas. Todavia, a foz do Rio Piracicaba exibe por intermédio da Figura 3C cores parecidas ao Rio Doce (azul claro), visto que o mesmo desagua e sofre interferência do rio contaminado, porém, esta contaminação é denominada pela Lei Nº. 6.938/1981 do ministério do Meio Ambiente – MMA/CONAMA como secundária, onde o meio impactado por contaminantes provém de uma fonte primária, assim, não sendo comparada com as do Rio Gualaxo, parte do Ipiranga e o próprio Rio Doce (G1, 2015).

Os desastres naturais de grande porte, tal como o do Rio Doce vem a ressaltar a importância para gestões privadas e públicas no que tange ao controle remoto de ambientes de interesse, bem como os rios, reservatórios, lavouras e cidades. O controle estratégico voltado as técnicas do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento coloca o gestor vigente consciente dos problemas gerados e herdados da região, os solucionando da forma mais transparente possível e proporcionando desta forma, melhor qualidade de vida para sociedade e meio físico.

4. CONCLUSÃO

Por mais que sejam baixas as probabilidades, os desastres podem ocorrer sendo estes oriundos de formas naturais (tsunamis, terremotos) ou tendo o homem como o principal articulador. Mesmo sendo de origem natural, o impacto pode acarretar destruição e mais desequilíbrio ambiental (acidente nuclear de Fukushima I, por exemplo); por serem em áreas de interesse, os impactos antropogênicos tendem a manter elevado grau de destruição de ambientes sensíveis, todavia, ambos conseguem gerar, em escalas diferentes, a diminuição da fauna, flora e redução das atividades econômicas locais, como observado no caso de Mariana (MG).

Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto vem como ferramenta essencial para avaliação e monitoramento desses ambientes impactados; motivos como a extensão da área, a dificuldade de locomoção e o perigo eminente de novos acidentes emerge a necessidade de observações remotas, estas podendo ser oriundas de satélite ou utilizando as novas tecnologias promovidas pelos drones. No trabalho, a mescla de uso das imagens Landsat junto as do

voltar ao
SUMÁRIO

Google Earth transmitiram satisfatoriedade no que foi pedido, avaliando os ambientes impactados e auxiliando, dessa forma, numa possível gestão para a área de interesse.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Geoprocessamento de Sensoriamento Remoto – SERGEO/UFPE e do independente Laboratório de Pesquisa Geográfica NUVEM, pelo incentivo e espaço dado a pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo** (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trads.). Lisboa: Edições. 2006. p.70.

BBC. **Após dois anos, impacto ambiental do desastre em Mariana ainda não é totalmente conhecido**. 2017. Disponível em: < http://www.bbc.com/portuguese/brasil-41873660 >. Acesso em: 18/01/2018.

CANDEIAS, A. L. B. et al. Análise espacial do reservatório de Itaparica dos anos 1978 e 2014. **Anais** ..., In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015b.

CANDEIAS, A. L. B. et al. Ferramentas para a gestão do Reservatório de Itaparica utilizando imagens de sensoriamento remoto. **Anais**..., In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015a.

EL PAÍS. **Desastre de Mariana – tag**. 2017a.Disponível em: < https://brasil.elpais.com/tag/desastre_mariana/a >. Acesso em 18/01/2018.

EL PAÍS. **Desastre de mariana: a vila de pescadores onde não se pode pescar**. 2017b. Disponível em: < https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/01/politica/1509570721_708218.html >. Acesso em: 18/01/2018.

EL PAÍS. **Dois anos de lama**. 2017d. Disponível em: < https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/01/album/1509570094_626630.html >. Acesso em:18/01/2018.

EL PAÍS. **Moradores já não confiam no rio doce e preferem comprar água**. 2017e. Disponível em: < https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/01/politica/1509554221_308432.html >. Acesso em: 18/01/2018.

EL PAÍS. **Prazo para punir a Samarco é longo, mas é um trabalho de complexidade ímpar**. 2017f. Disponível em: <

voltar ao
SUMÁRIO

https://brasil.elpais.com/brasil/2017/08/10/politica/1502388130_370220.html >. Acesso em: 18/01/2018.

EL PAÍS. **Quero seguir a vida em outro lugar. Isso foi um sonho que já está destruído**. 2017c. Disponível em: < https://brasil.elpais.com/brasil/2017/11/03/politica/1509724681_829176.html >. Acesso em: 18/01/2018.

ESTADÃO. **Desastre de Mariana, 2 anos: em busca da própria história e de reparação**. 2017. Disponível em: < http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,desastre-de-mariana-2-anos-em-busca-da-propria-historia-e-de-reparacao,70002072236 >. Acesso em: 18/01/2018.

G1. **Desastre ambiental em Mariana**. 2017. Disponível em: < https://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/apos-dois-anos-impacto-ambiental-do-desastre-em-mariana-ainda-nao-e-totalmente-conhecido.ghtml >. Acesso em: 18/01/2018.

G1. **Lama de barragens de Mariana chega ao Rio Doce, no Leste de Minas**. 2015. Disponível em: < http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia/2015/11/lama-de-barragens-de-mariana-chega-ao-rio-doce-no-leste-de-minas.html >. Acesso em: 18/01/2018.

GAZETA DO POVO. **Com desastre em Mariana (MG) o rio Doce morreu sim mas pode ser ressuscitado**. 2015. Disponível em: < http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/com-desastre-em-mariana-mg-rio-doce-morreu-sim-mas-pode-ser-ressuscitado-4a62e053b1jhgolwesngy3a9d#ancora-1 >. Acesso em: 18/01/2018.

LACAUX, J.P; TOURRE, Y.M; VIGNOLLES, C; NDIONE, J.A; LAFAYE, M. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, **Remote Sensing of Environment**, 106 (1):66–74, 2007.

LACAZ, F. A. C.; PORTO, M. F. S.; PINHEIRO, T. M. M. Tragédias Brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.42, n.9, 2017.

LOPES, L. M. N.O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, 5 (1), jun 1-14, 2016.

MCFEETERS, S.K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features**. International Journal of Remote Sensing**, 17, pp. 1425–1432, 1996.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. **Relatório**: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. Belo Horizonte: Sedru; 2016. 289 p

PINTO-COELHO, R. M. Existe governança das águas no Brasil? Estudo de caso: O rompimento da Barragem de Fundão, Mariana (MG). **Arquivos do museu de História Natural e Jardim Botânico**, v.24, n.1/2, 2015

voltar ao
SUMÁRIO

SILVA Jarbas Vieira da; ANDRADE Maria Júlia Gomes. Introdução. **Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição**. Org. Bruno Milanez e Cristiana Losekann. Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016.

TERRA. **Após dois anos, impacto ambiental do desastre em Mariana ainda não é totalmente conhecido**. 2017. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/brasil/apos-dois-anos-impacto-ambiental-do-desastre-em-mariana-ainda-nao-e-totalmente-conhecido,b8b9bf6f1fd9884ef8e06fa6df23d200oyw9m2gf.html >. Acesso em: 18/01/2018.

XU, H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 27(14):3025–3033, 2006.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 17
SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL E AS NOVAS PERSPECTIVAS: UMA ANÁLISE DAS IMAGENS SPOT 6-7

THE NEW PERSPECTIVES OF THE REMOTE SENSING IN BRAZIL: ANALYSIS OF THE SPOT (6 and 7) IMAGES

Jadson Freire da Silva[1], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[2], Pâmela Barcelar Ferreira Gomes da Silva[3], Mariana Caroline Gomes de Lima[4], Josimar Vieira dos Reis[5]

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[2]
Mestranda em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[3]
Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[4]
Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[5]

RESUMO
O Sensoriamento Remoto (SR) nos dias atuais é uma relevante ferramenta que contribui com as análises e pesquisas em todo globo. No Brasil não é diferente, usa-se o SR para monitoramentos terrestres, aquáticos e antrópicos. O projeto Landsat, um dos mais antigos em curso, serve de base para pesquisas acadêmicas e trabalhos técnicos; a gratuidade e sua vasta série de dados fizeram deste satélite de total importância para os estudos ecossistêmicos. Entretanto, para análises de territórios de interesse em pequena escala, os satélites gratuitos tal como o Landsat mantêm resultados não satisfatórios, fruto da sua resolução espacial de médio porte. Assim, o Instituto de Pesquisas Espaciais e outros departamentos governamentais brasileiros verificaram a necessidade de fazer aquisições de produtos de alta resolução (RapidEye, Pléiades, SPOT) e junto as novas tecnologias e satélites lançados nos anos 2000, alternativas para estudos aplicados emergem. Diante do contexto, é imprescindível conhecer as características gerais desses novos satélites, para que haja melhor entendimento e compreensão do produto. Em face do exposto, esse trabalho tem objetivo principal de analisar as características gerais do satélite de alta resolução SPOT 6 e 7, apresentando informações pertinentes no que tange ao SR para o território brasileiro.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Alta Resolução, Brasil.

ABSTRACT
The Remote Sensing (RS) nowadays is a relevant tool that contributes to the analysis and research across the globe. In Brazil, it is no different; RS is used for terrestrial, aquatic and anthropic monitoring. The Landsat project, one of the oldest in progress, serves as the basis for academic research and technical work; the gratuity and its vast series of data made this satellite of total importance for the ecosystem studies. However, for analyzes of small-scale territories of interest, free satellites such as Landsat maintain unsatisfactory results because of their medium-sized spatial resolution. Thus, the Institute for Space Research and other Brazilian government departments verified the need to purchase high-resolution products (RapidEye, Pleiades, and SPOT) and, together with the new technologies and satellites launched in the 2000s, alternatives to applied studies emerge. Given the context, it is imperative to know the general characteristics of these new satellites, so that there is better understanding of the product. In the face of the above, this work has the main objective of analyzing the general characteristics of the satellite of high resolution SPOT 6 and 7, presenting pertinent information regarding RS for the Brazilian territory.

Keywords: Remote Sensing, High Resolution, Brazil.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A necessidade em detectar pequenos ambientes de interesse no Brasil por intermédio do sensoriamento remoto (SR) cada vez mais aumenta nos dias atuais. Essa exigência acompanha a amplificação dos estudos ambientais no país; isto é, o monitoramento de áreas em preservação ou territórios que mantém importância econômica, como as áreas de conservação permanente ou zonas agrícolas, por exemplo, são fatores que impulsionam pesquisas nesse âmbito. Observando essa nova carência utiliza-se, pela popularidade e gratuidade, satélites de média ou baixa resolução para o monitoramento (Série Landsat, MODIS); todavia, estes satélites não conseguem abarcar com grande satisfatoriedade pequenas áreas, devido a sua resolução espacial, impedindo análises a nível de detalha específico.

Nota-se no começo do século XX até os dias de hoje o surgimento de uma nova vanguarda do Sensoriamento Remoto no Mundo, consistida no lançamento de diversos satélites de média e alta resolução em orbita, ganhando assim, notoriedade suficiente para sua inserção em pesquisas, relatórios e documentos no setor acadêmico e privado. Satélites como RapidEye, Pléiades, Sentinel, CBERS-04, dentre outros podem ser levantados, entretanto, a disponibilidade gratuita de alguns destes ainda não é possível, e por esse motivo, a aquisição de alguns produtos oriundos de satélites de alta resolução demanda elevadas quantias de recursos financeiros.

Observando a relevância das imagens de alta resolução para as análises terrestres, o governo federal brasileiro sendo representado pelos grandes órgãos nacionais (Ministério do Meio Ambiente – MMA, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE) vem modificando este cenário através da aquisição de diversos produtos de alta resolução (Pléiades, RapidEdye, SPOT), contudo, o fornecimento dessas imagens ainda é concentrada para os profissionais federais (professores, pesquisadores) (BRASIL, 2016). A sua não universalização não impede que pesquisadores utilizem os produtos adquiridos pela esfera federal, uma vez que está incluso no livre acesso as universidades federais, por exemplo.

Um dos satélites que fazem parte do conjunto de imagens adquiridas é o SPOT - *Système Pour l'Observation de la Terre*, projeto iniciado desde a década de 1980, aprimorando-se até a atualidade, atingindo desta forma a escala da alta resolução; liderado

voltar ao
SUMÁRIO

pela França (*Centre National d´Etudes Spatiales* - CNES), Suécia e Bélgica, o SPOT nos dias de hoje vem trazendo uma nova visão para o SR no mundo e no Brasil. A sua aplicação em território nacional não é recente, sendo utilizado (SPOT- 4/5) para mapeamentos agrícolas, acompanhamento da vegetação, promovendo mapas de localização em precisão, analisando áreas de impactos antrópicos, verificando áreas de preservação contínuas (EMBRAPA, 2013). Seus novos lançamentos, os satélites SPOT 6 e 7 mantém características específicas em excelência que o faz potencial alvo para uma infinidade de pesquisas na segunda década dos anos 2000.

Entendendo a magnitude do SR no que se refere a promoção de melhorias nas regiões e sua relevância para a verificação do território brasileiro, é essencial explorar as novas alternativas que o tema explana, bem como as características sensíveis neles contidas. Isto é, é fundamental que parâmetros como intervalos espectrais, disponibilidade de dados, resolução espacial e resolução temporal dos novos satélites sejam compreendidas, para que assim haja uma manipulação apropriada da ferramenta. Diante do exposto, esse trabalho como objetivo apresentar as características do satélite SPOT 6 e 7, revelando informações que possam auxiliar a aplicação dos produtos no território brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se baseia no procedimento metodológico denominado revisão bibliográfica.

Segundo Iglesias e Gomes (2004) o objetivo principal desse procedimento é evidenciar, relatar, descrever e facilitar a consulta de um compilado de artigos sobre um tema específico, sem descaracterizar a visão anterior. Desta forma, realizou-se uma busca para obtenção de artigos científicos utilizando as bases de dados como o Google Academics e Elsevier com as seguintes palavras chaves: satélite SPOT, SPOT 6, SPOT 7. Sobre as imagens de satélite, coletou-se para o satélite Landsat a cena da data 10/11/2015 (Path: 217, Row 76) e 16/06/2016 (Path: 216, Row 73); sendo disponíveis gratuitamente no site *https://earthexplorer.usgs.gov*. As imagens SPOT (SPOT 6) foram adquiridas de forma gratuita no sítio virtual *http://www.dgi.inpe.br/catalogo/#* para áreas referentes a cidade de Amoirés (Minas Gerais) e para o aglomerado urbano do Rio de Janeiro (dando o enfoque no Parque Olímpico) para as datas de 09/10/2016 e 26/12/2015, respectivamente.

voltar ao
SUMÁRIO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Historicamente, a missão SPOT é tão antiga tal como o projeto Landsat, consolidado mundialmente através de pesquisas e popularizado pela gratuidade. Concomitante ao projeto Pléiades, o SPOT é liderado pela França em parceria com diversas entidades e outros países amigos. Antigo, é um dos pioneiros projetos de sensoriamento remoto de longa duração da Europa (registros datados de meados de 1970) e mantém um vasto banco de dados que se inicia com o envio dos primeiros satélites em 1986 (SPOT 1), 1990 (SPOT 2), 1993 (SPOT 3) e 1998 (SPOT 4), lançados em Kourou, Guiana Francesa (EMBRAPA, 2013).

Os anos 2000 marcam uma nova era para o satélite SPOT: a ativação dos SPOT 5, 6 e 7. Herdando características dos satélites anteriores, sobretudo do SPOT 4, o SPOT 5 oferece uma resolução espacial de 10 metros em conjunto ao sensor VEGETATION - 2 (criado para dar suporte a monitoramentos terrestres, climáticos e dos oceanos). Sua resolução temporal (SPOT 5) data de 26 dias para cobrir a mesma área imageada (60x60 km), tendo uma resolução radiométrica de 8 bits. O sensor VEGETATION-2 que auxilia o SPOT – 5 mantém resolução temporal de 24 horas, com resolução espacial de 1 quilometro e área imageada de 2.250 km (EMBRAPA, 2013; ASTRIUM, 2012).

Lançado em Sriharikota (Índia) no ano de 2012, as características gerais do satélite SPOT 6, alvo do presente estudo abarca uma resolução espacial de 1,5 metros para a banda pancromática e 6 metros para as faixas espectrais; resolução que mesmo sendo de alta resolução, perde para satélites como o Pléiades (2 metros), o QuickBird e aproxima-se da resolução do RapiEye. A área imageada compreende a 60 quilômetros e a resolução temporal varia entre 1 a 5 dias, um tempo excelente para manter monitoramentos específicos. As bandas do satélite SPOT – 6 são divididas em 4 (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo) somada com a banda pancromática (EMBRAPA, 2013; SATIMAGINGCORP, 2017). A Tabela 1 exemplifica as características gerais do satélite.

Tabela 1 – Características gerais do Satélite SPOT – 6/7

		SPOT 6/7		
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal

voltar ao
SUMÁRIO

P	PAN	450-745 nm	1,5 m	1 a 5 dias
MS	Azul	450-520 nm	6 m	
	Verde	530-590 nm		
	Vermelho	625-695 nm		
	Infravermelho próximo	760-890 nm		

Fonte: EMBRAPA, 2013; SATIMAGINGCORP, 2017.

Mesmo sendo lançado dois anos depois que o SPOT – 6, o SPOT – 7 mantém as mesmas características do seu antecessor; ressaltando que ambos operam na mesma orbita que os satélites de alta resolução Pléiades, combinação ideal para possível monitoramento diário e ausente de nuvens. Uma das grandes vantagens observadas no SPOT – 6/7 que também é verificada no satélite Pléiades sãos as formas de imageamento promovidos, estes foram definidos a partir de uma série de estudos que envolveram espaços específicos, complexidade, capacidade de processamento e utilização das imagens. A partir do manual disponibilizado pelo EADS Astrium (2012), os modos de imageamentos compreendem a coleta de dados padrão e o método de passagem única (*Standard data collection – Single pass*), junto as suas especificidades.

Para o método de coleta de dados padrão, observa-se a divisão entre o método de faixa longa (Long strip) e o de alvo (Target). O método de faixa longa proporciona um imageamento contínuo de uma faixa norte sul até 600 quilômetros de comprimento; no método de alvo, é possível que o satélite capte imagens de ambientes específicos, isto é, esse método permite que se obtenha imagens de orbitas diferentes numa devida faixa de quilômetros, e isso é tangível pela alta agilidade do satélite. No método de passagem única, são observadas três modalidades: múltiplas faixas, corredor e capacidade estéreo (ASTRIUM, 2012).

O modo de múltiplas faixas (*Multi-strip collection*) consiste no imageamento de diversas faixas em uma única passagem, permitindo o monitoramento de áreas de interesse de diferentes tamanhos; o modo corredor (*Corridor collection*), foi criado para monitoramento de regiões de interesse em linhas não norte-sul, sendo ideal para áreas de bordas tais como fronteiras, tubulações, rios e margens; a habilidade de adquirir três (3) imagens na mesma órbita é intitulado como o modo de capacidade estéreo (*Stereo capability*), no qual, o produto é concretizado por intermédio de uma trilha deslize (frente – nadir – verso), visando a acurácia de produtos 3D, modelos digitais de elevação e outros estudos que envolvam

voltar ao
SUMÁRIO

altimetria aplicada, dessa forma, o SPOT junto ao Pléiades, que também faz parte da constelação orbital, é um relevante satélite com produtos importantes para análises ambientais no geral (AIRBUS, s/d; ASTRIUM, 2015). A figura 1 exemplifica a superioridade da resolução espacial de uma imagem SPOT junto a Landsat 8.

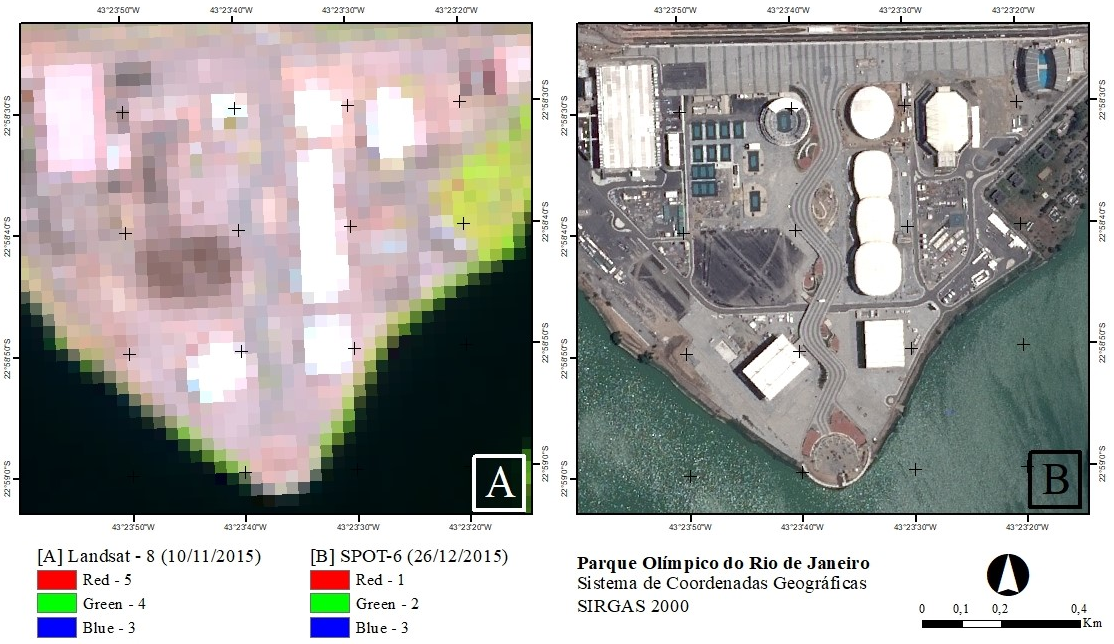


Figura 1 – Parque Olímpico do Rio de Janeiro, visualização espacial das imagens Landsat – 8 (A) e SPOT – 6 (B). Fonte: INPE.

A proeminência da resolução espacial do SPOT é observada mediante a visualização da Figura 1 sendo também constatada nos trabalhos de Lacroix (2016) quando monitorou com imagens SPOT os deslizamentos de terra oriundos de terremotos no vale de Langtang (Nepal), Bini et al. (2018) na verificação de Montículos Arqueológicos Nivelados (Höyük) na planície aluvial do rio Ceyhan (Turquia), Shikhov e Chernokulsky (2018) observando os tornados não declarados em regiões florestais e Hayati e Dyatmika (2017) quando avaliaram a qualidade das imagens comprimidas sobre os dados do sensoriamento remoto em diferentes resoluções espaciais. Todavia, é percebida a empregabilidade das imagens em outras temáticas (Figura 2).

voltar ao
SUMÁRIO

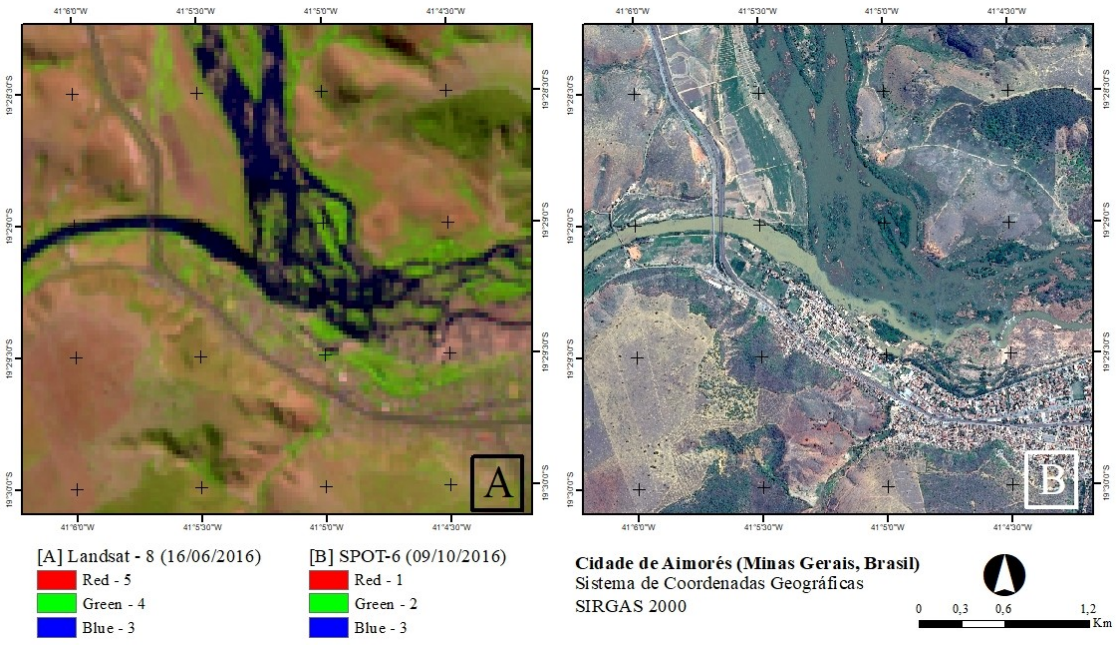


Figura 2 – Cidade de Aimorés (Minas Gerais – MG) Visualização espacial das imagens Landsat – 8 (A) e SPOT - 6 (B). **Fonte**: INPE.

A Figura 2 retrata a cidade de Aimorés (Minas Gerais) e o rio doce, é vizinho da cidade. Analisando a Figura 2, observa-se que as combinações executadas no Landsat (2A) proporcionam um realce sobretudo na vegetação e água; todavia, a imagem SPOT – 6 (2B) revela diferenciações no que se refere a junção dos corpos hídricos (Rio Manhuaçu e Rio Doce), a área urbana e suas delimitações com mais clareza. Outras aplicações das imagens SPOT para temas voltados ao meio ambiente são encontrados em Valderrama-Landeros (2018) na detectação de áreas de mangue no México; Silveira et al. (2017) analisando a paisagem ambiental heterogênea; e na cultura do milho (ODINDI et al., 2017).

Trabalhos em recursos hídricos também são verificados, uma vez que se aplicou imagens SPOT para modelagem do fenômeno de inundação (JACOBS, 2016) e no estudo aplicado para proposta metodológica de monitoramento batimétrico via sensoriamento remoto (MANESSA et al., 2017). As diferentes manipulações constatam a relevância destas imagens para a pesquisa científica atual.

4. CONCLUSÃO

voltar ao
SUMÁRIO

O SPOT tal como o RapidEye, Pléiades e outros satélites de alta resolução vem a trazer com sua utilização na segunda década dos anos 2000 novas alternativas no que se refere a remodelação das pesquisas que envolvem o monitoramento, análises e verificações ambientais no geral. Contudo, as imagens de médio ou baixa resolução e suas grandes séries temporais devem ser consultadas, visto que se verifica no Brasil dificuldades em se obter diversas imagens de alta resolução gratuitas, por exemplo. A união das imagens de média/alta resolução e a manipulação adequada do geoprocessamento nestes poderão ampliar o campo das pesquisas ambientais e trazer à tona uma atualização de trabalhos anteriores; assim, a melhoria atingirá não só a ciência, mas a qualidade econômica, social e a defesa, conservação e preservação de ambientes protegidos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos com estima os Laboratórios de Análise e Processamento de Imagens – APRI/UFPE, de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SERGEO/UFPE e do Laboratório Independente de Pesquisas Geográficas NUVEM pelo devido apoio a pesquisa e as orientações dadas.

6. REFERÊNCIAS

AIRBUS. **Intelligence: SPOT 6 | SPOT 7 High Resolution, Broad Coverage**. S/d. Disponível em: <http://www.intelligence-airbusds.com/files/pmedia/public/r2928_9_int_012_spot6-7_en_low-2.pdf>. Acesso em: 28/03/2018.

ASTRIUM. **SPOT 6 | SPOT 7 Technical Sheet**. 2012. Disponível em: < https://www.intelligence-airbusds.com/files/pmedia/public/r12317_9_spot6-7_technical_sheet.pdf > . Acesso em 28/03/2018.

BINI, M.; ISOLA, I.; ZANCHETTA, G.; RIBOLINI, A.; CIAMPALINI, A.; BANESCHI, I.; MELE, D.; D'AGATA, A. Identification of Leveled Archeological Mounds (Höyük) in the Alluvial Plain of the Ceyhan River (Southern Turkey) by Satellite Remote-Sensing Analyses. **Remote Sens**, n.10, v. 241, 2018.

BRASIL – MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Imagens de satélites auxiliam no planejamento da administração pública**. 2016. Disponível em: < http://www.planejamento.gov.br/assuntos/assuntos-economicos/noticias/imagens-de-satelites-auxiliam-no-planejamento-da-administracao-publica >. Acesso em: 31/01/2018.

voltar ao
SUMÁRIO

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Missão SPOT**. 2013. Disponível em: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_spot.html >. Acesso em: 28/03/2018.

HAYATI, A.; DYATMIKA, H. The effect of jpeg2000 compression on remote sensing data of different spatial resolutions. **International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences**. v.14, n.2, 2017.

IGLESIAS, M. E. D; GÓMEZ, A. M. M. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED, **Ciudad de La Habana**, Vol. 12, Num. 2, 2004. p. 1-5.

JACOBS, L.; MAES, J.; MERTENS, K.; SEKAJUGO, J.; THIERY, W.; LIPZIG, N.; POESEN, J.; KERVYN, M.; DEWITTE, O. Reconstruction of a flash flood event through a multihazard approach: focus on the Rwenzori Mountains, Uganda. **Nat Hazards**, v.84, p.851–876, 2016.

LACROIX, P. Landslides triggered by the Gorkha earthquake in the Langtang valley, volumes and initiation processes. **Earth, Planets and Space**, v.68, n.46, 2016.

MANESSA, M.; HAIDAR, M.; HASTUTI, M.; KRESNAWATI, D. Determination of the best methodology for bathymetry mapping using spot 6 imagery: a study of 12 empirical algorithms. **International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences** Vol.14 No. 2 December 2017: 127 – 136, 2017.

ODINDI, J.; ADAM, E.; ABDEL-RAHMAN, E.; MUTANGA, O. Testing the spectral resolutions of the new multispectral sensors for detecting Phaeosphaeria leaf spot (PLS) infestations in maize crop. **South African Journal of Geomatics**, Vol. 7. No. 1, AARSE 2017 Special Edition, January 2017.

SATIMAGINGCORP - SATELLITE IMAGING CORPORATION. **Satellite sensors: SPOT 7**. 2017. Disponível em: < https://www.satimagingcorp.com/satellie-sensors/spot-7/ >. Acesso em: 28/03/2018.

SHIKHOV, A.; CHERNOKULSKY, A. A satellite-derived climatology of unreported tornadoes in forested regions of northeast Europe. **Remote Sensing of Environment** (In press), 2018.

SILVEIRA, E.; MELLO, J.; ACERBI JÚNIOR, F.; REIS, A.; WITHEY, K.; RUIZ, L. Characterizing landscape spatial heterogeneity using semivariogram parameters derived from ndvi imAGES. **Cerne**, v. 23 n. 4, p. 413-422, 2017.

VALDERRAMA-LANDEROS, L.; FLORES-DE-SANTIAGO, F.; KOVACS, J. M.; FLORES-VERDUGO, F. An assessment of commonly employed satellite-based remote

voltar ao
SUMÁRIO

sensors for mapping mangrove species in Mexico using an NDVI-based classification scheme. **Environ Monit Assess**, v.190, n. 23, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 18
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS AO ESTUDO DE CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DO MUNICIPIO DE SANTA CRUZ DE BAXA VERDE, PE.

USE OF GEOPROCESSING TOOLS APPLIED TO THE PHYSIOGRAPHICAL CHARACTERISTICS STUDY OF THE SANTA CRUZ DE MUNICIPAL DE BAXA VERDE, PE.

Ubiratan Joaquim da Silva Junior[1], Rayane Cavalcanti da Fonseca[2].

Departamento de Engenharia Cartográfica e Agrimensura - DECART, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Brasil. [1]
Departamento de Engenharia Cartográfica e Agrimensura - DECART, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil. [2]

RESUMO
Regiões que fazem parte do semiárido, como Santa Cruz de Baixa Verde - PE, área de estudo deste trabalho, são caracterizadas por apresentarem elevadas altitudes e uma irregularidade de pluviosidade no tempo e espaço, por tanto, um estudo integrado dos recursos ambientais que a compõem, contribuem para uma compreensão destes processos. Dentre as técnicas que podem ser utilizadas, esta o sensoriamento remoto. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo analisar de forma integrada os índices de vegetação: NDVI, NDWI e SAVI, por meio de imagens Landsat TM, obtidas através do banco de dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), modeladas com uso do software livre de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), que se trata de uma ferramenta ampla e de complexa análise em que é possível analisar o comportamento das características fisiografias da área, com a aplicação de cada índice as imagens. Os resultados indicaram que com uso do software foi possível identificar o comportamento da distribuição da vegetação, uso e ocupação do solo e recursos hídricos, a partir de sua distribuição na região, bem como a relação entre esses fatores e altimetria presente na área.

Palavras-Chaves: semiárido, Sensoriamento Remoto, SIG.

ABSTRACT
Regions that are part of the semi - arid, such as Santa Cruz de Baixa Verde - PE, study area of this work, are characterized by high altitudes and an irregularity of rainfall in time and space, therefore, an integrated study of the environmental resources that compose it, contribute to an understanding of these processes. Among the techniques that can be used, this is remote sensing. The objective of this work is to analyze vegetation indices: NDVI, NDWI and SAVI, using Landsat TM images, obtained through the INPE (National Institute of Space Research) database, modeled using the free software of GIS (Geographic Information Systems), which is a comprehensive tool and complex analysis in which it is possible to analyze the behavior of the physiographic characteristics of the area, with the application of each index the images. The results indicated that with the use of the software it was possible to identify the vegetation distribution behavior, land use and occupation and water resources, from the distribution in the region, as well as the relationship between these factors and altimetry present in the area.

Keywords: semi-arid, remote sensing, GIS

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a gestão das bacias hidrográficas e o gerenciamento dos recursos hídricos tem assumido uma considerável importância no cenário mundial. O planejamento adequando do uso o do uso das águas é fundamental para a manutenção dos recursos que nutrem as atividades econômicas.

A gestão dos recursos hídricos tem nas bacias hidrográficas um conjunto de medidas estratégicas que visam por assegurar a qualidade ambiental, e seus respectivos ecossistemas aquáticos. Para este processo de gestão e planejamento diversas ferramentas são empregadas, com a finalidade de possibilitar a integração dos dados, e uma análise dos fatores que contribuem para a segurança desses indicadores, dentre elas as ferramentas de SIG – Sistema de Informações Geográficas, a partir do geoprocessamento.

O uso do geoprocessamento é crescente para estudos ambientais isto se deve à capacidade de considerar de forma integrada diferentes variáveis no espaço e suas alterações temporais em uma base de dados georreferenciada (FERREIRA, 2011).

As ferramentas de SIG e geoprocessamento aliadas a outras tecnologias, como modelagem de dados, podem contribuir de forma eficiente para o gerenciamento e tomada de decisão. O sensoriamento ferramenta de geoprocessamento, possui dentre suas aplicações, os índices espectrais de vegetação, que analisam a resposta singular da vegetação em relação ao solo e outros alvos através de intervalos numéricos (FERNANDES et al, 2016). Dentre os índices destacam-se o Índice de Vegetação na Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), Índice da Água da Diferença Normalizada (NDWI).

Portanto, objetivou-se neste trabalho estudar a aplicação das técnicas de geoprocessamento como ferramenta para o gerenciamento dos recursos ecossistêmicos associados ao município de Santa Cruz de Baixa Verde, a partir de software livre SIG, identificando um padrão de resposta espectral em imagens de satélite através dos índices de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

voltar ao
SUMÁRIO

O município de Santa Cruz da Baixa Verde está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco, limitando-se geograficamente, ao norte, com o Estado da Paraíba, ao sul, com os municípios de Calumbi e Serra Talhada, a leste com Triunfo e, a oeste, com Serra Talhada, cuja área municipal ocupa 99 km², como mostra a figura 1. (CPRH, 2005)

Esta região onde esta localizada a área de estudo, as cotas altimétricas decrescem em direção ao Rio São Francisco formando, em relação ao Planalto da Borborema, uma área de depressão relativa. As formações geomorfológicas predominantes são os inselbergues, serras e chapadas, estas últimas aparecendo em áreas sedimentares.

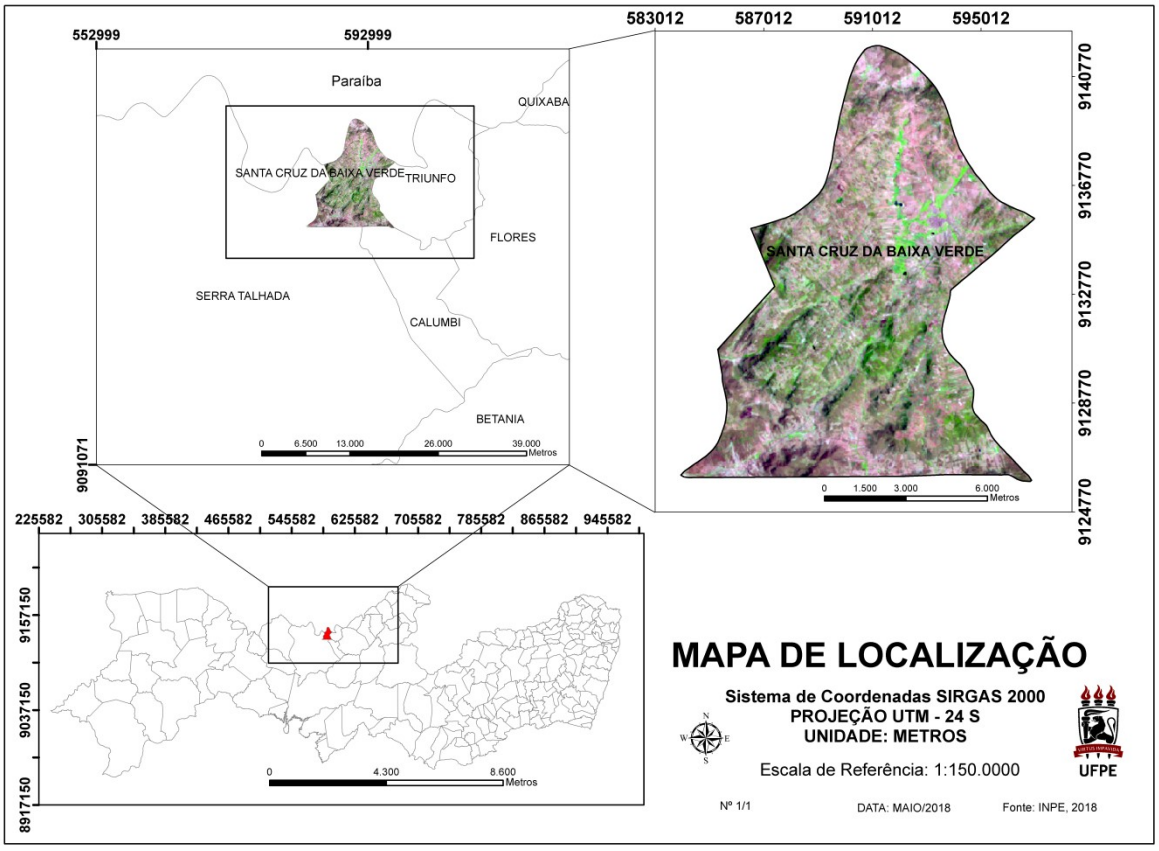


Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo. **Fonte**: O Autor.

2.2 Materiais

Foram utilizadas imagens coletadas na base de dados do INPE, adquirindo-se, respectivamente, imagens de satélites do sensor TM Landsat 5, datadas de 21 de Setembro de

voltar ao
SUMÁRIO

2008, com ângulo de elevação de 59,51 graus. Utilizou-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 correspondente as faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. Também obteve-se imagens do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), carta 03-SB-24-Z-C, com o Modelo Digital do terreno disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Para o suporte computacional foram utilizados os softwares: Qgis 2.18.4 e Microsoft Office Excel.

2.3 Métodos

A metodologia desenvolvida foi concebida a partir da associação da aplicação dos indicadores espectrais ao software de SIG, a fim de analisar o comportamento dos recursos naturais presentes na região e sua relação com as altitudes características da mesma, como apresentado na figura 2, o fluxograma foi compreendido em três etapas: planejamento, processamento dos dados e elaboração de produtos cartográficos.

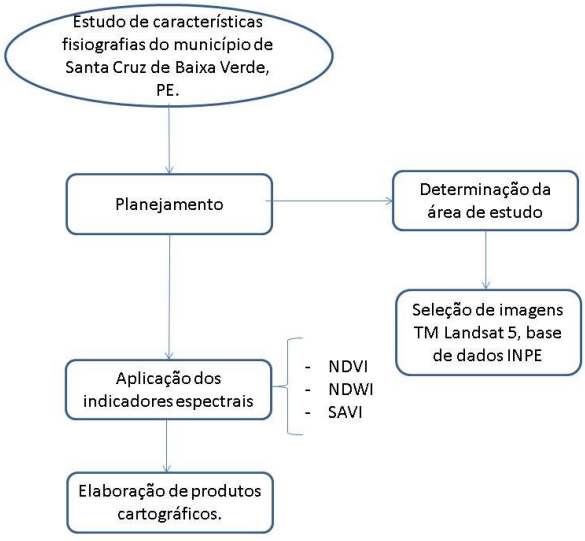


Figura 2 – Fluxograma metodológico. **Fonte**: O Autor.

2.3.1 Planejamento

Iniciado com levantamentos de dados bibliográficos (publicações existentes, tais como: livros, periódicos, dissertações, arquivos e mapas diversos), onde a partir daí obteve-se as imagens multiespectrais do TM/Landsat - 5 referente à órbita 216 e ponto 66, de 1 de novembro de 2008, referentes à região do município de Santa Cruz de Baixa Verde, escolhida

voltar ao
SUMÁRIO

por se tratar de um área , que faz parte do semiárido nordestino, cujo tipo de cobertura vegetal predominante é a caatinga caracterizada por possuir um baixo índice de pluviosidade e alta evapotranspiração, apresentando períodos críticos de prolongadas estiagens.

2.3.2 Aplicação dos indicadores espectrais

Para este trabalho foram utilizados os seguintes índices de vegetação: NDVI, NDWI e SAVI, conforme Rouse et al. (1973), Gao (1996) e Huete (1988), aplicados ao QGIS através da ferramenta calculadora raster, após serem aplicadas a radiância e refletância as imagens também com a calculadora raster, os valores do coeficientes utilizados foram obtidos com a partir da tabela da tabela de calibração radielétrica, encontrada em Chander et al. (2009), para as bandas do mapeador temático (TM) do Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a; radiância máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

- Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI)

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) é um índice de vegetação cujos valores variam de -1 a +1 e é utilizado para diferenciar os níveis de crescimento da vegetação é obtido utilizando as bandas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. (MORAIS et al, 2011)

O NDWI é obtido a partir da curva de reflectância da água e requer o uso de uma banda situada na região de comprimento da onda próxima da cor verde (± 490 a 580 nm) e de uma banda situada no comprimento de onda do infravermelho próximo (± 760 a 1000 nm). (MENEZES, 2012)

Para elaboração do NDVI e NDWI foi necessário executar a transformação do sistema de coordenadas das imagens do TM Landsat 5 para o sistema SIRGAS 2000 zona 24S que corresponde ao fuso de localização da área de estudo e transformar os Números Digitais (ND) das bandas 3, 4 e 5 do satélite (utilizadas no cálculo dos índices) para radiância é a medida radiométrica mais precisa em sensoriamento remoto, e consiste na intensidade radiante por unidade de área-fonte projetada numa direção específica (JESEN, 2009) e reflectância, que

trata-se da razão do fluxo da radiância refletida e a incidente, obtidas, respectivamente, pela aplicação das equações Markham & Baker (1987) [(1)] e Allen et al. (2002) [(2)]:

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que L corresponde à radiância espectral de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), aos coeficientes "a" e "b" de calibração obtidos por Chender et al (2009), ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a cada banda e; i = cada banda do TM Landsat 5.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{\kappa_{\lambda i} . \cos Z . d_r} \quad (2)$$

Em que $\rho_{\lambda i}$ corresponde a reflectância monocromática de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), L à radiância espectral de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), k à irradiância solar espectral de cada 0banda no topo da atmosfera (Wm-2 µm-1), Z = ângulo zenital solar e dr = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol (r) obtido através da equação (3) a partir do dia do ano (DSA) considerando cos(Z) igual ao sen (E), onde "E" equivale ao ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

$$d_r = 1 + 0{,}33 . cos\left(\frac{DSA . 2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

O NDVI e NDWI foram computados pixel a pixel através da razão das reflectâncias das bandas 4 e 3, e 4 e 5, respectivamente.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{4-} \rho_3}{\rho_{4+} \rho_3} \quad (4)$$

Onde, ρ_4 = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância aplicada a banda4) e ρ_3 = reflectância da banda do vermelho (reflectância aplicada a banda3).

$$\text{NDWI} = \frac{\rho_{4-} \rho_5}{\rho_{4+} \rho_5} \quad (5)$$

voltar ao
SUMÁRIO

Onde, ρ_4 = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectancia aplicada a banda4) e ρ_3 = reflectância da banda do vermelho (reflectância aplicada a banda3).

- Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (SAVI)

O Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (SAVI) leva em consideração efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, conforme (Huete, 1988):

$$\text{SAVI} = \frac{(1+L)(\rho_{4-}\ \rho_5)}{(L+\rho_{4+}\ \rho_5)} \quad (6)$$

Onde, L = fator de ajuste senso mais utilizado L = 0,50; ρ_4 □= reflectância da banda do infravermelho próximo e ρ_5 = reflectância da banda do vermelho.

O valor de L sendo igual à zero tem-se que o SAVI apresenta-se igual ao NDVI. Segundo Menezes, para áreas de cobertura vegetal intermediária, L é tipicamente em torno de 0,5 e o fator (1+L) assegura que o intervalo de valores do SAVI é o mesmo que o do NDVI, isto é, entre -1 e 1.

O uso do SAVI é importante neste estudo, pois o NDVI não confirma ser um bom indicador de biomassa de vegetação, se o terreno uma cobertura pobre de vegetação, como em áreas semiáridas ou áridas, afirmam Hauete e Jackson (1987) *apud* MENEZES (2012).

2.3.3 Elaboração de produtos cartográficos

Como produtos cartográficos, foram elaborados mapas de declividade e relevo sombreado que foram associadas aos mapas produzidos a partir da aplicação dos indicadores espectrais as imagens, com a finalidade de ampliar a compreensão do comportamento das características fisiografias da região, através da análise integrada dos índices e sua resposta com relação ao relevo da área.

A partir do Modelo Digital de Elevação MDE da área, foram extraídas curvas de nível com espaçamento de 50 metros, obtidas através da ferramenta raster > extrair > contorno, em formato *shapefille,* sendo assim, possível analisar a variação de altitude da área e as

declividades máximas e mínimas encontradas ao serem sobrepostas ao mapa de declividade em porcentagem, elaborado através da função declividade, comando analise de terreno, como mostra a figuras 4, ainda neste, obteve-se o relevo sombreado, com a função sombreamento, que trata-se de um arquivo raster gerado pelo software de SIG, em que as áreas de maior altitude detém uma maior incidência de luminosidade e as de baixa altitude menor incidência, evidenciados com a sobreposição as curvas de nível de produzidas.

3.0 Resultados

Uma das formas utilizadas para de identificar o relevo e seus aspectos foi por meio dos indicadores de altitude: curvas de nível de 50 metros e a declividade em porcentagem, integrada a estes indicadores a fim de analise, utilizou-se o relevo sombreado.

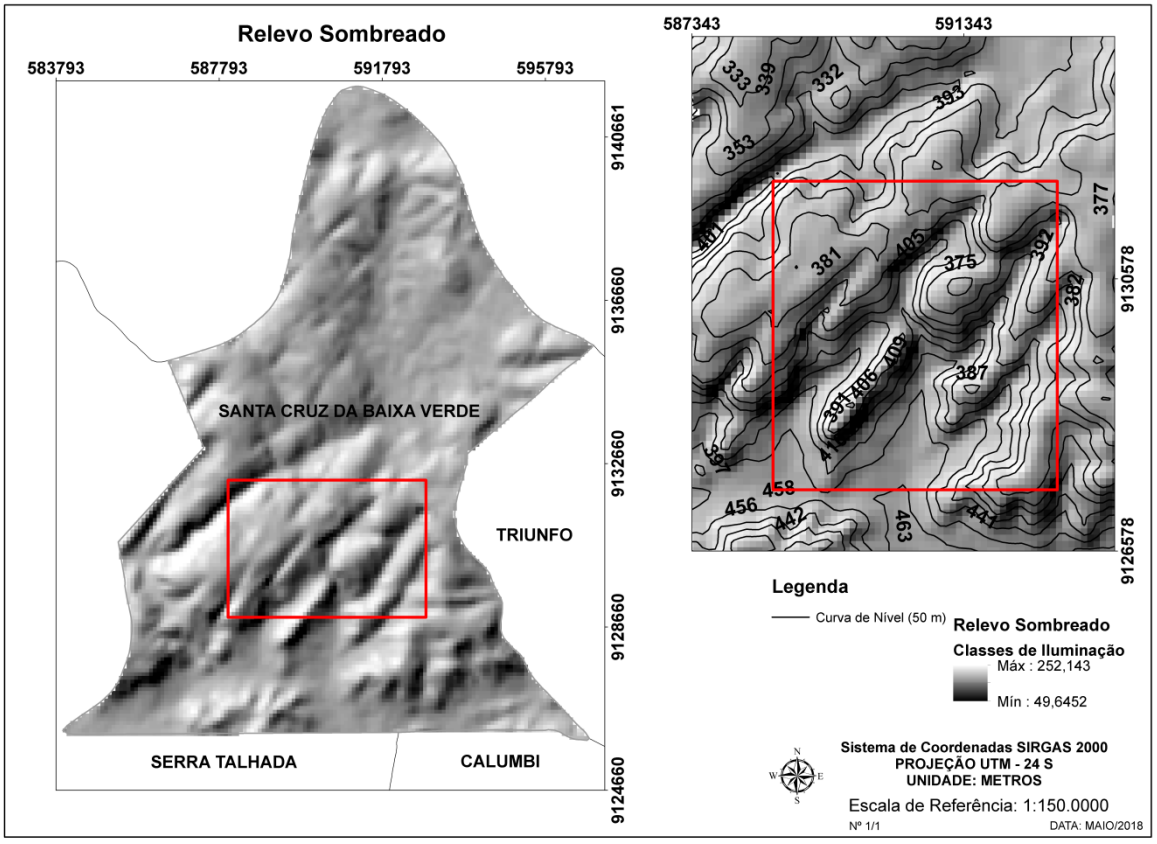


Figura 3 – Relevo Sombreado. Fonte: O Autor.

Com o relevo sombreado foi possível perceber que a região possui em sua grande

voltar ao
SUMÁRIO

parte de território elevações. As áreas de maior altitude possuem maior iluminação, estando localizadas em maior parte na região central. Os valores mínimo e máximo de iluminação correspondem a 49,6452 e 252,143 metros, como mostra a figura 3.

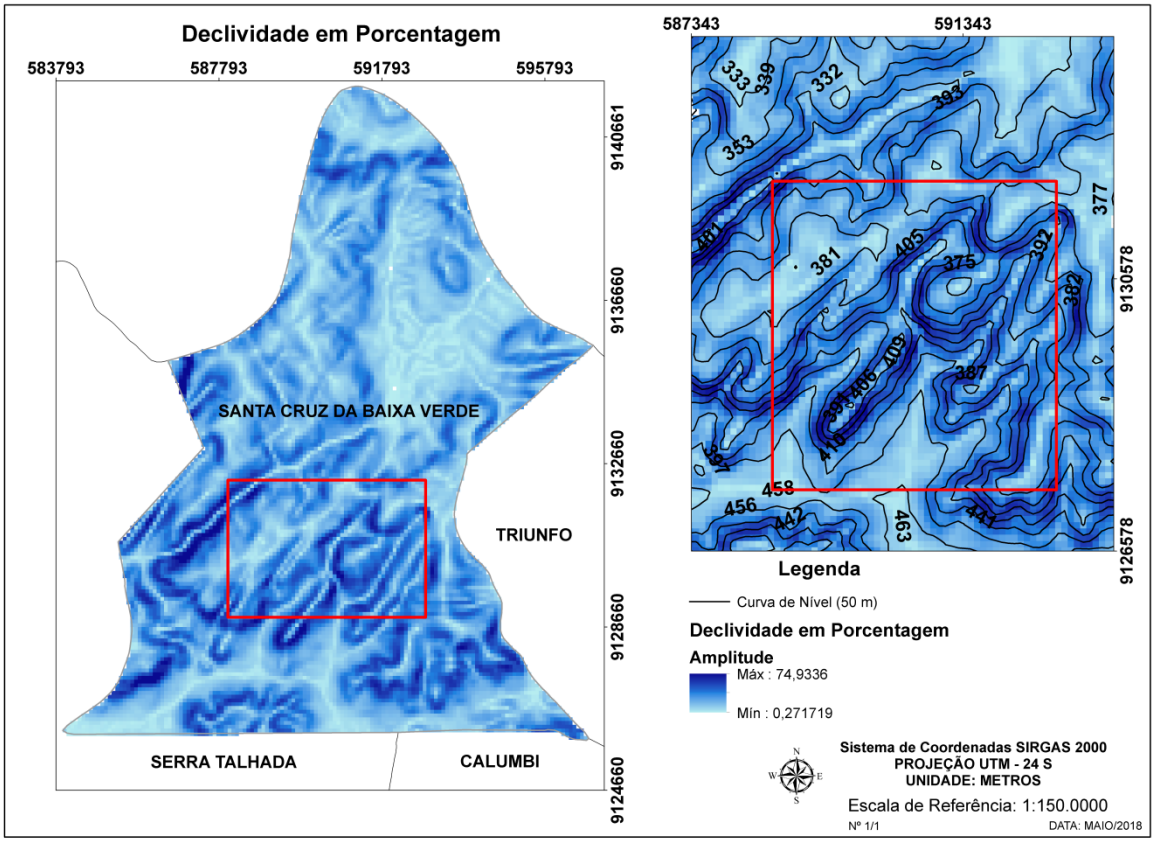


Figura 4 – Declividade em porcentagem. Fonte: O Autor.

O mapa de declividade mostra uma maior concentração da elevação na região central da região, e uma baixa concentração na área nordeste, como mostra a figura 4. As zonas de maior índice de declividade assimilam-se as destacadas em análise feita através do relevo sombreado. A região caracteriza-se, portanto, como uma área de relevo acentuado, classificada no intervalo de declividade alta.

voltar ao
SUMÁRIO

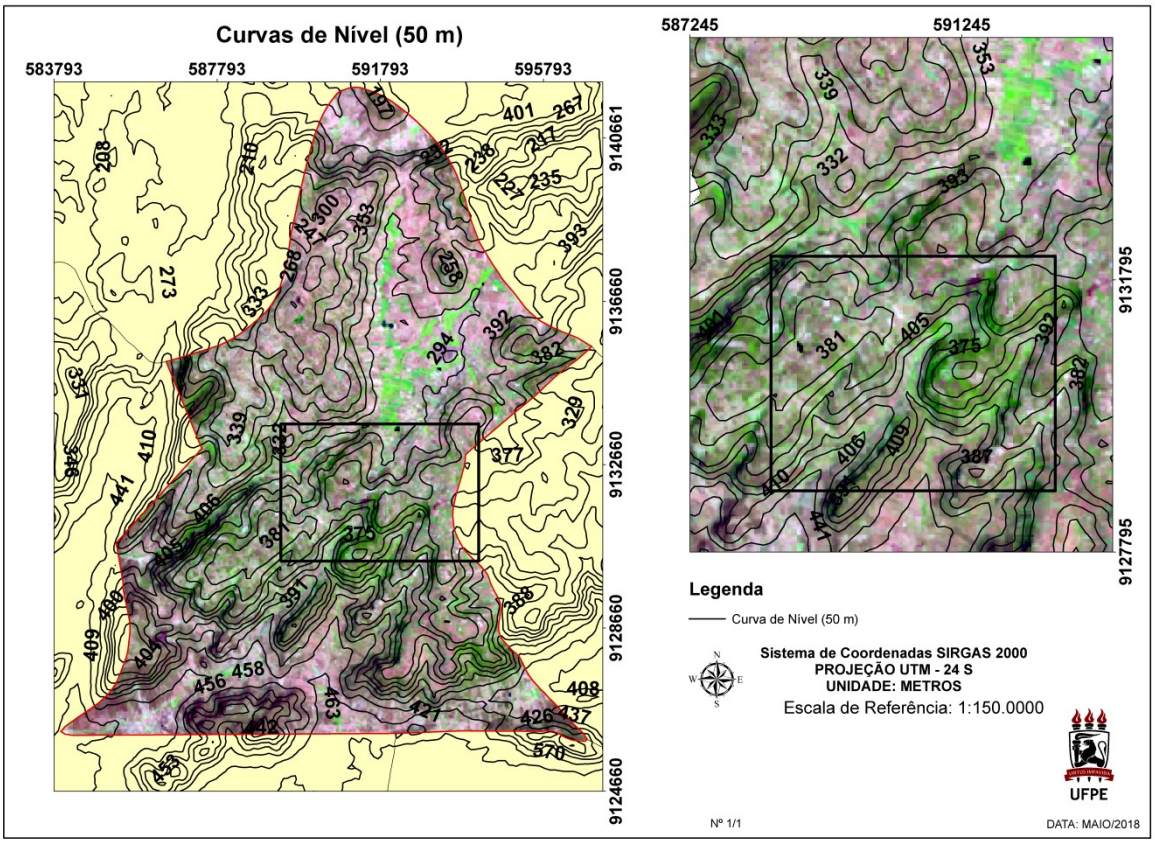


Figura 5 – Curvas de nível de 50m. **Fonte**: O Autor.

Os resultados obtidos com a extração das curvas de nível, apresentaram coerência com os apresentados com o relevo sombreado, e ao serem sobrepostos a ele, as curvas de maior cota, conecentraram-se nas regiões de maior iluminação.

Segundo, Epiphanio et al. (1996), os índices de vegetação realçam o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. Seus valores variam entre -1 e +1, onde quanto maior ao valor apresentado maior incidência de vegetação, o NDVI (figura 6) obtido para a área de estudo assumiu valores em sua amplitude de 0.0562 a 0.7586, respectivamente, ao ser comparado com as altitudes presentes na região, conclui-se que os valores do NDVI são inversamente proporcionais a altitude. Em regiões de baixas altitudes, existe uma maior quantidade de água no perfil solo, onde é perceptível a presença de valores elevados do índice. Áreas de mudança brusca de altitude que caracterizam divisores de água, também apresentaram valores consideráveis. Porém em locais em que os valores do SAVI apresentaram maior amplitude, caracterizados por regiões de solo exposto e elevadas

voltar ao
SUMÁRIO

altitudes, o NDVI assumiu valores mais próximos de zero, o que classifica uma cobertura de vegetação seca, com pouca vegetação (densa ou rala). A avaliação do NDVI em função do relevo sombreado mostrou uma menor amplitude de variação entre as classes de maior iluminação, essa relação, tende a causar uma maior segmentação entre os valores de NDVI associados a cada condição de iluminação.

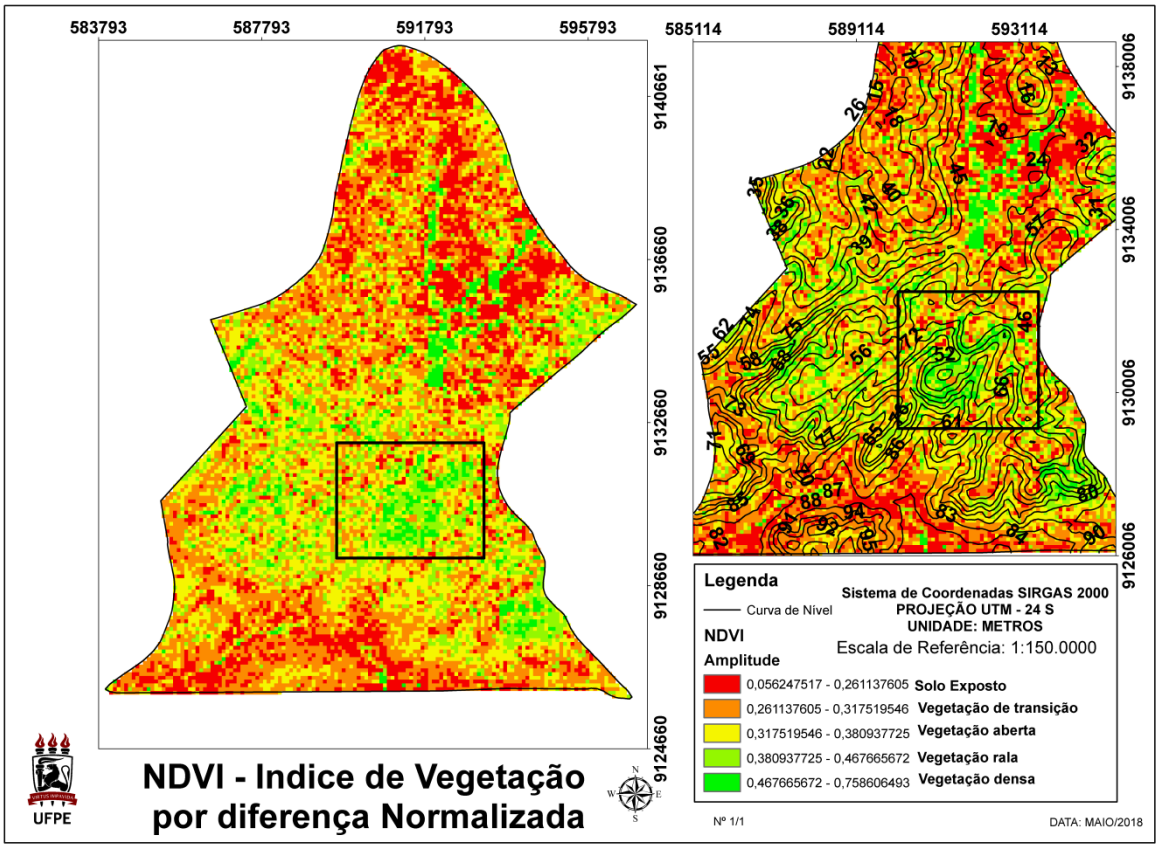


Figura 6 – NDVI. **Fonte**: O Autor.

O NDWI (figura 7) assumiu valores mínimos e máximos entre -0,2793197 e 0,4671349, tendo maiores amplitudes em regiões de menores altitudes e ao ser comparado com o relevo sombreado, tem-se maior incidências em classes de menor iluminação nestas áreas foi possível, a identificação de pequenos reservatórios hídricos naturais, formados por um afluente do Rio Pajeú. Foi o índice de vegetação que sofreu maior interferência de solo exposto e das diferenças de relevo, em decorrência da baixa incidência de vegetação e recursos hídricos na região.

voltar ao
SUMÁRIO

O SAVI (figura 8), que aborda o fator de correção do solo, assumiu valores de amplitude 0,0168 a 0,6049 destacou mais a influência do solo exposto, muito presente na região em decorrência da presença de uma vegetação e recursos hídricos em baixos índices. Ao ser comparado com os produtos cartográficos que retratam o relevo presente, apresenta índices elevados em regiões de grandes altitudes. Ao ser comparado com o relevo sombreado as classes de maior luminosidade apresentaram maior resposta ao índice, caracterizando extensas regiões de solo exposto.

O SAVI tem um melhor desempenho para áreas com baixa cobertura vegetal, ou seja, com presença natural de exposições de solo, e que se mostra sensível às variações de solo. (MENEZES, 2012).

Os valores obtidos para: radiância, reflectância, e índices de vegetação foram obtidos através do Microsoft Excel, em que todos os valores apresentaram sem ausência de discrepância ao serem comparados.

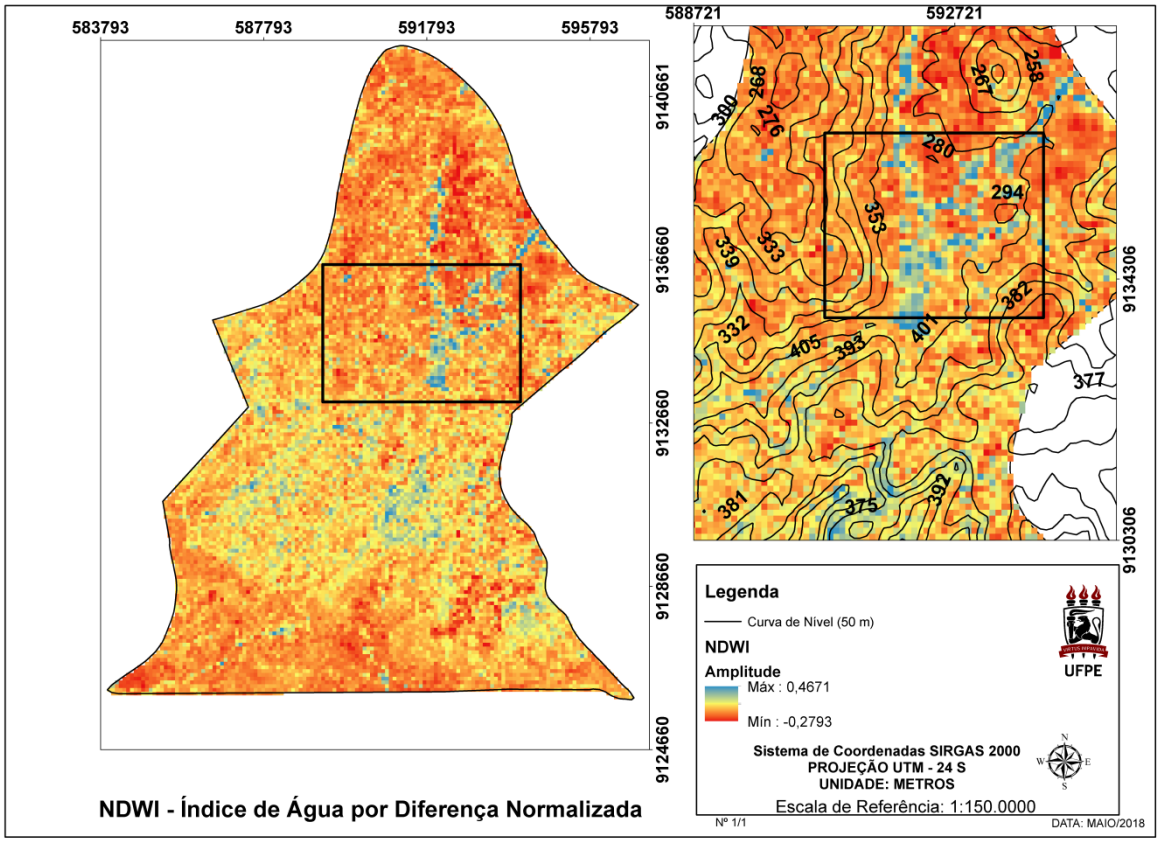


Figura 7 – NDWI. **Fonte**: O Autor.

voltar ao
SUMÁRIO

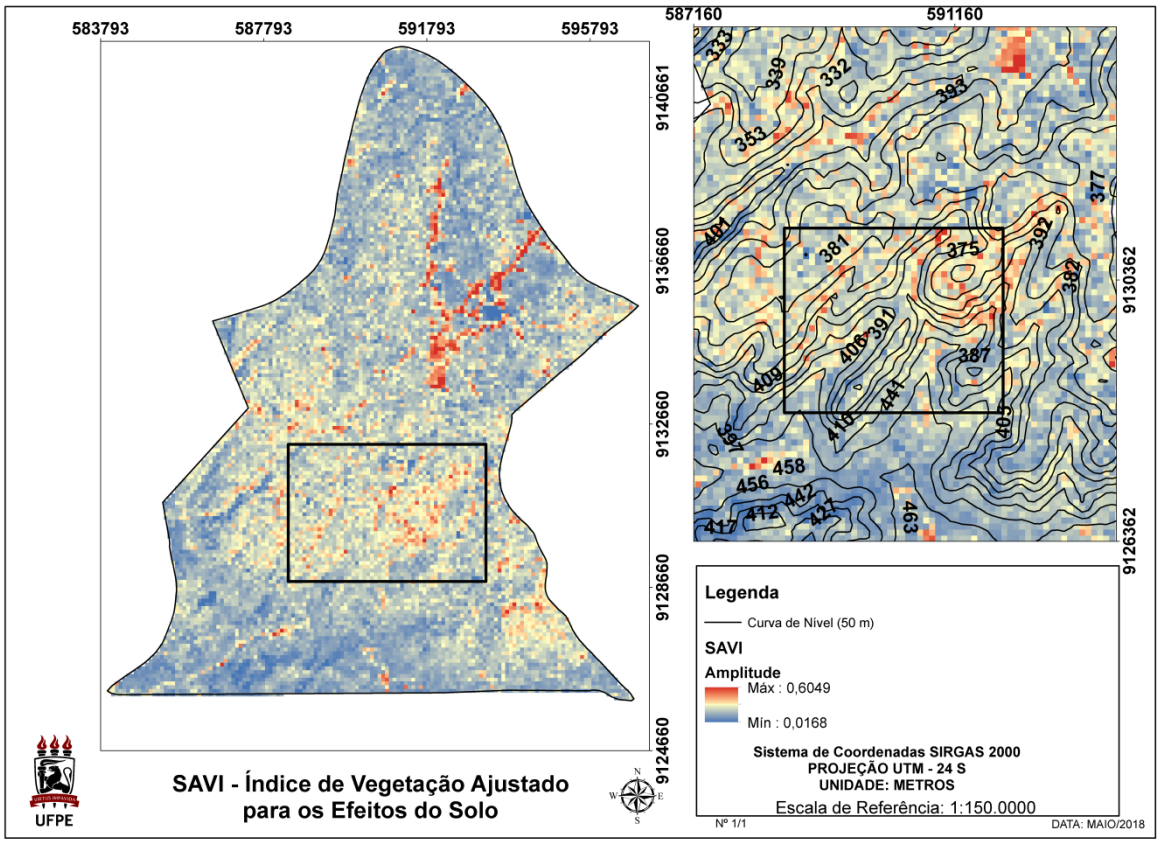


Figura 8 – SAVI. **Fonte**: O Autor

3. CONCLUSÃO

Com os resultados do NDVI foi possível identificar, uma área formada por uma cobertura vegetal: rala, de transição e densa, caracterizada pelo bioma Caatinga presente, com aumento considerável de biomassa, em baixas altitudes. O solo exposto teve sua presença ligada principalmente atividades agrícolas desenvolvidas na região e elevadas altitudes, evidenciados também no NDWI. Concluindo-se que Santa Cruz de Baixa Verde, apresenta poucas áreas ocupadas por vegetação, sendo maior proporção formada por uma vegetação rala e/ou solo exposto. Sendo de grande importância o controle das áreas formadas por cobertura vegetal nativa, ainda presentes.

Durante a análise foi possível observar que o uso do sensoriamento remoto através dos índices de vegetação possibilitaram uma análise do comportamento de elementos ambientais presentes na região como a vegetação que respondeu através do NDVI, e o solo exposto ao SAVI observou-se que com a associação desses elementos é possível além de analisar o

voltar ao
SUMÁRIO

comportamento de uma região num determinado período de tempo, também contribuir para diversas tomadas de decisão a serem aplicadas na área.

De modo geral, os resultados obtidos em todas as etapas deste trabalho mostraram-se satisfatórios e confirmam a importância do geoprocessamento e sensoriamento remoto para o estudo de características fisiograficas ecossistêmicos a partir da integração dos índices de vegetação e sua correlação com o relevo da área, para contribuir com o gerenciamento dos recursos naturais e ocupação do solo, visando subsidiar as politicas publicas.

4. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – PPGCTG.

Ao Laboratório de Cartografia Costeira - LACCOST.

Ao Departamento de Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; BASTIAANSSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Surface energy balance algorithms for land (SEBAL), Idaho implementation – **Advanced training and users manual**, version 1.0, 2002. 97p.

CHANDER, G.; MARKHAM, B.L. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 41, 2674- 2677, 2009.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Santa Cruz da Baixa Verde, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16691/Rel_Santa%20Cruz%20da%20Baixa%20Verde.pdf?sequence=3Acesso em: 30/03/2018. 2005.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FERNANDES A.C.G.; COUTINHO N. A. M.; SANTOS G.V.; NASCIMENTO R.C.; **Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperatura da superfície para detecção de queimadas**. Caderno Ciências Agrárias, Minas Gerais, v. 8, n. 2, p. 30-40, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

FERREIRA L. I., **O Geoprocessamento na gestão de Recursos Hídricos: a análise espacial na proposta de enquadramento dos corpos de água.** Monografia (Especialização em Geoprocessamento), 2011. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

GAO, B.C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p.257-266, 1996.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p.295-309, 1988.

JENSEN, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos. SP. 2009

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. **Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances**. International Journal of Remote Sensing, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MENEZES R. P.; Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasilia. DF. 2012

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring **vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309–317, 1973

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 19
UTILIZAÇÃO DA FUSÃO DE IMAGENS NA GERAÇÃO DE MAPEAMENTO DE CONTORNOS DE ALVOS COM MAIOR DETALHAMENTO: ESTUDO DE CASO SOBRADINHO-BA

UTILIZATION OF IMAGE FUSION IN THE GENERATION OF MAPPING OF CONTOURS OF TARGETS WITH GREATER DETAIL: CASE STUDY SOBRADINHO-BA

Laízy de Santana Azevedo *, Ana Lúcia Bezerra Candeias*, Leonardo Carlos Barbosa**, Luiz Filipe Campos do Canto**, Inessa Rancine Gomes de Araújo**

*Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil **
*Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Brasil ***

RESUMO
Este trabalho apresenta os resultados de como a fusão de imagem pode gerar detalhamento na escala de representação dos alvos. Como área teste, observa-se um trecho do Reservatório de Sobradinho-BA para setembro de 2016 e agosto de 2017 com ênfase nas variações do nível da água para essas duas épocas. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel 2 (resolução espacial de 20 metros) e a banda pancromática do CBERS – 4 (resolução espacial de 5 metros) de duas épocas diferentes, setembro 2016 e agosto de 2017. Na metodologia do trabalho foi aplicada uma das técnicas de realce, a fusão por IHS (intensidade, matiz e saturação), a fim de obtermos uma imagem com maior resolução espacial. Após a geração das imagens sintéticas foi feita a vetorização manual do nível d'água e posterior cálculo da área para detecção de mudanças nesses níveis em um período aproximado de um ano.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Imagens de Satélite, Processamento de imagens, Detecção de Mudanças, Recursos Hídricos.

ABSTRACT
This paper presents the results of how image fusion can generate detail on the target representation scale. As a test area, we observe a stretch from the Sobradinho-BA reservoir for September 2016 and August 2017, with emphasis on water level variations for these two seasons. Images of the Sentinel 2 satellite (spatial resolution of 20 meters) and the panchromatic band of CBERS - 4 (spatial resolution of 5 meters) of two different periods, September 2016 and August 2017 were used. In the methodology of the work we did: enhancement techniques, IHS fusion (intensity, hue and saturation) in order to obtain an image with higher spatial resolution. After the generation of the synthetic images, the water level was vectorized and the area was later calculated to detect changes at these levels over a period of approximately one year.

Keywords: Remote Sensing, Satellite Imagery, Image Processing, Change Detection, Water Resources.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

As imagens de sensoriamento remoto são importantes em estudos ambientais, especificamente, na detecção de mudanças. Gao; Birkett e Lettenmaier (2012) destacam que a imagem sensoriamento remoto pode imagear grandes áreas e que isso pode auxiliar na estimação do armazenamento de água em grandes reservatórios.

Mugabe, Hodnett e Senzanje (2003) analisam que quantidade de água e gerenciamento de recursos hídricos é fundamental principalmente em regiões semiáridas.

Segundo Souza et al. (2017) a água é um recurso essencial à vida e nesse contexto os reservatórios desempenham um papel importante para o seu armazenamento, e por isso, devem ser monitorados constantemente para que possam atender as demandas necessárias e auxiliar nos processos de tomada de decisão.

A escolha das imagens para análise dessas áreas dependerá das resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais dos sensores que geram essas imagens. A escala de representação dos eventos está diretamente ligada ao detalhamento do que é observado no terreno. O mapeamento dessas áreas requer múltiplas escalas e muitas vezes, o contorno das regiões estudadas. A fusão de imagens, que é um processamento de imagem, pode auxiliar na geração de um produto sintético que possui informações espaciais e espectrais para um maior detalhamento da área analisada. E por consequência, gerar um mapeamento em escalas maiores. Isso pode ser interessante quando se deseja obter contornos mais definidos.

Neste trabalho foram empregadas imagens do satélite Sentinel 2 e CBERS-4 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) de duas épocas distintas. Foram utilizadas três bandas do satélite Sentinel 2 com resolução de 20 metros e a banda pancromática do CBERS-4 com resolução de 5 metros tanto do período de setembro de 2016 como do período de agosto de 2017.

As imagens dos dois satélites foram fusionadas por IHS para que houvesse uma melhora na resolução espacial de 20 metros para 5 metros. Esta é uma poderosa técnica que combina imagens de diferentes sensores com diferentes resoluções espaciais. Seu principal objetivo é aumentar a resolução espacial das imagens multiespectrais de baixa resolução espacial, utilizando-se de uma imagem de alta resolução espacial, tal como a banda pancromática ou imagem de radar (MENESES; ALMEIDA,2012).

voltar ao
SUMÁRIO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a representação do território, através de mapas e cartas, é insumo essencial no desenvolvimento e na gestão territorial. A existência e o grau de atualização do mapeamento, dão subsídios a muitos processos decisórios.

Muitas vezes é difícil representar graficamente as informações associadas às diferentes escalas do Sistema Cartográfico Nacional, principalmente nas escalas maiores como 1:25.000 e 1:50.000. Isso ocorre devido a dinâmica constante a qual o território está sujeito gerando dificuldades quanto a manutenção das informações e constante atualização por parte dos órgãos produtores do mapeamento sistemático.

Após o melhoramento das imagens foi feita a vetorização manual do nível d'água e posterior cálculo da área para detecção de mudanças na variação desses níveis num período aproximado de um ano.

Neste contexto, o presente artigo apresenta os resultados de um estudo relacionado a análise estimativa da variação do nível da água de reservatórios a partir de operações de sensoriamento remoto, processamento de imagens e geoprocessamento. A área de estudo escolhida foi um trecho do reservatório de Sobradinho-BA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho empregou-se a seguinte metodologia:

voltar ao
SUMÁRIO

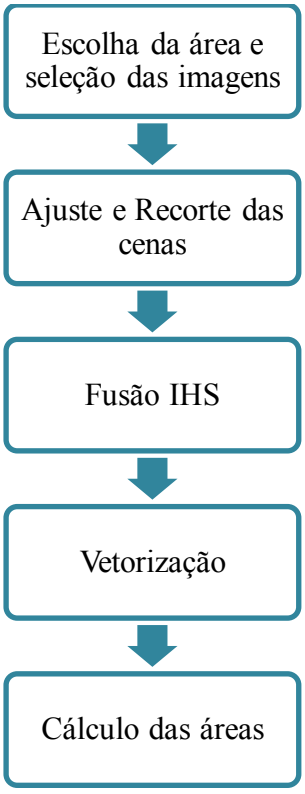


Figura 1 – Fluxograma da metodologia. **Fonte**: o autor (2018).

A área de estudo escolhida foi um trecho do entorno do Reservatório de Sobradinho, BA (figura 2). Esta escolha se deu devida a baixa ocorrência de nuvens nas imagens desta região. Foram escolhidas três bandas do satélite Sentinel 2 (resolução espacial de 20 metros) e a banda pancromática do CBERS – 4 (resolução espacial de 5 metros) para as datas de setembro 2016 e agosto de 2017. Os softwares envolvidos na execução das fases desta pesquisa foram: QGIS versão 2.8.9, Spring versão 5.4.3 e AutoCAD versão estudantil.

voltar ao
SUMÁRIO

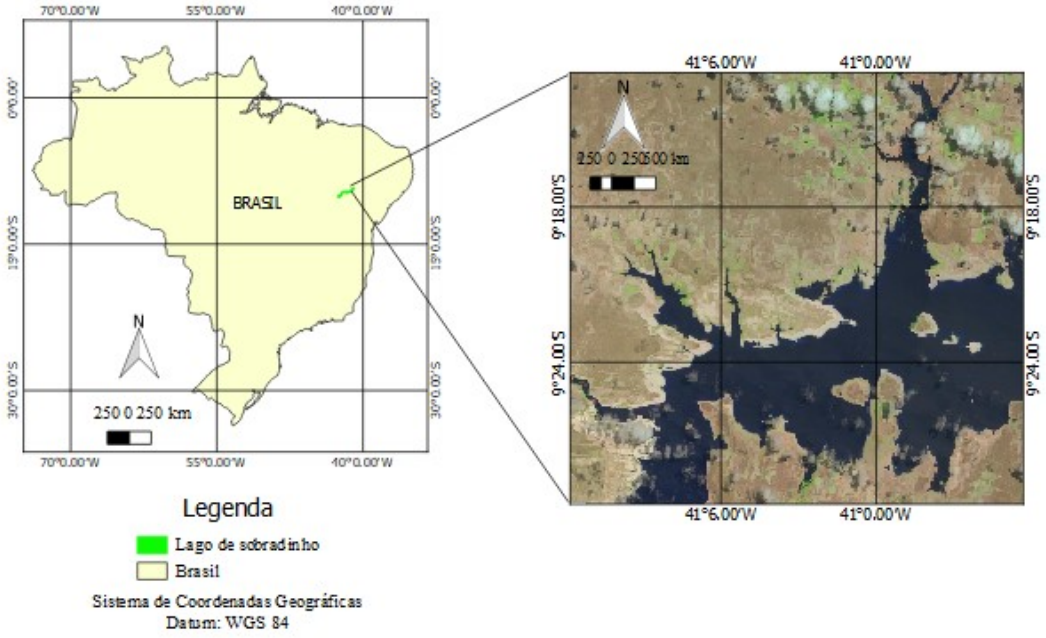


Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo. **Fonte**: o autor (2018).

As imagens foram adquiridas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Inicialmente, foi feito um ajuste nas cenas pois a imagem do CBERS-4 é rotacionada em relação a imagem do Sentinel 2. As imagens também foram recortadas para destacar apenas a área de interesse e facilitar o processamento dos dados no software.

Após isso, procedeu-se com a fusão das bandas do Sentinel 2 com a pancromática do CBERS-4 pela técnica IHS (intensidade, matiz e saturação) obtendo-se como resultado uma imagem com alta resolução espectral e espacial.

As etapas do processo para a fusão IHS foram baseadas em Meneses e Almeida (2012): primeira realiza-se a seleção de três bandas do módulo multiespectral e a transformação do espaço RGB para o espaço IHS, obtendo-se separadamente os componentes de intensidade (I), matiz (H) e saturação (S). Os componentes H e S que guardam a informação espectral das cores são preservados e o componente I descartado e substituído pela imagem pancromática de alta resolução espacial (CBERS-4). Na segunda etapa, é feita a reamostragem dos componentes H e S para a resolução espacial da banda pancromática, sintetizando uma imagem colorida com resolução espacial da banda pancromática e com as cores do módulo multiespectral. Por fim, realiza-se a transformação inversa para o espaço de

voltar ao
SUMÁRIO

cor RGB (figura 3).

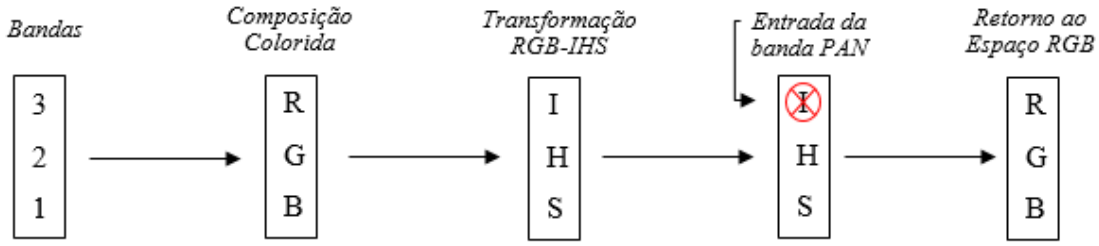


Figura 3 – Etapas do processo da fusão IHS. **Fonte**: o autor (2018).

O uso desta técnica permitiu a visualização do contorno do reservatório com maiores detalhes conforme mostrado a figura 4.

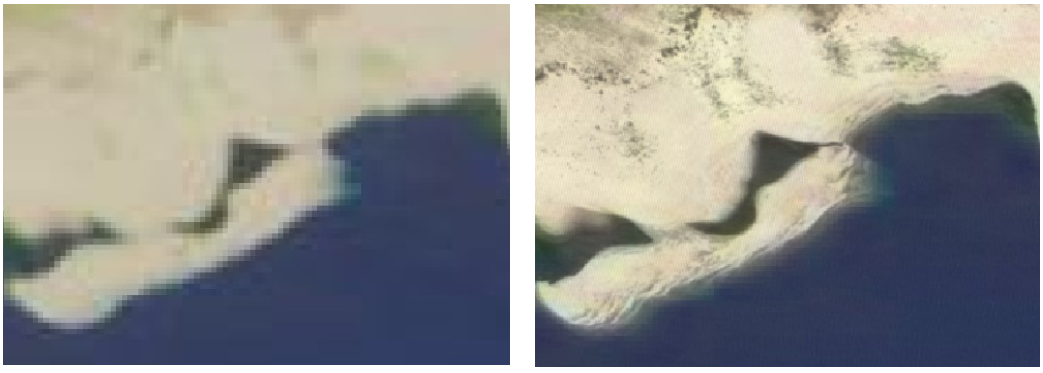


Figura 4 – Diferença entre a imagem antes da fusão (esquerda) e após a fusão (direita).
Fonte: o autor (2018).

A partir das imagens resultantes da fusão, foi feita a vetorização do nível d'água manualmente no software QGIS tanto para a imagem de setembro de 2016 como para a imagem de agosto de 2017. Por fim, calculou-se a área do produto gerado na etapa da vetorização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens fusionadas podem ser vistas na figura abaixo.

voltar ao
SUMÁRIO

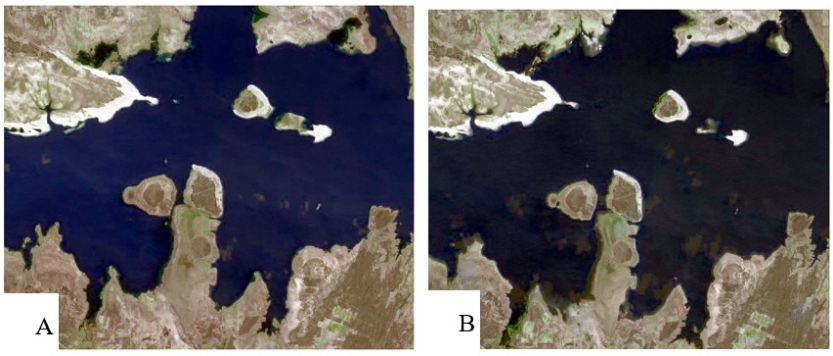


Figura 5 – Imagens resultantes da fusão para agosto 2017 (A), Setembro 2016 (B). **Fonte**: o autor (2018).

A partir da mudança na resolução espacial causada pela fusão é possível melhorar a escala de representação devido ao aumento na precisão da escala (Equação 1).

$$p.e. = e.g \times M \quad (1)$$

Onde: p.e.= precisão da escala

e.g.= erro de graficismo (0,2mm)

M= denominador da escala

Com o pixel de 20x20 m chega-se a um denominador de escala de 100.000. Já com um pixel no tamanho de 5x5 m temos uma escala maior com denominador de 25.000 e isso implica num quantitativo mais real devido a um maior nível de detalhes.

O espelho d'água das imagens fusionadas foram vetorizados manualmente e em seguida calculou-se as áreas para posterior comparação entre as duas épocas estudadas. Analisando a tabela 1 e figura 6 percebe-se uma redução de 9,8 % de área.

Tabela 1 – Comparativo entre a área do espelho d'água em Agosto de 2017 e Setembro de 2016.

Ano	Área (km²)
2016	222,78
2017	202,29

Fonte: o autor (2018)

voltar ao
SUMÁRIO

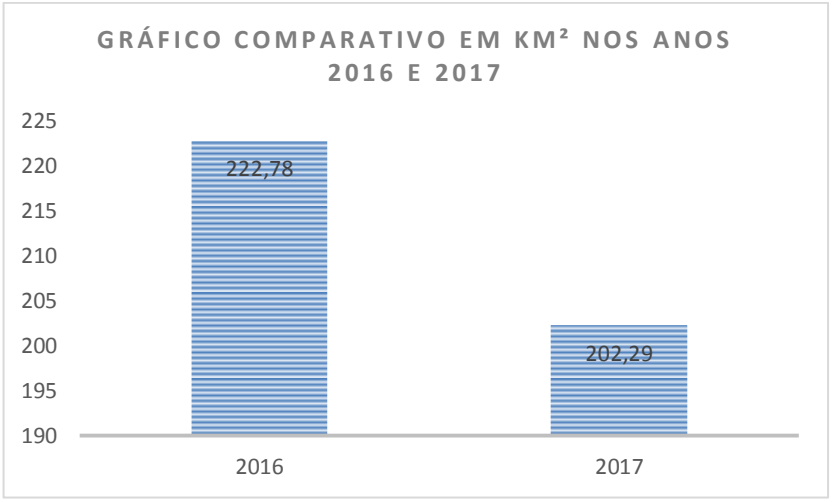


Figura 6 –Gráfico Comparativo em Km² nos anos 2016 e 2017. **Fonte**: o autor (2018).

4. CONCLUSÃO

Grande parte dos métodos que utilizam imagens de satélite para monitoramento de níveis d'água necessitam combiná-las com observações in loco e essas condições podem inviabilizar determinados tipos de estudo. A partir deste trabalho, foi possível notar que o uso de imagens de satélite apresentou-se como um método prático e eficiente para controle e análise da variação de água em reservatórios. Como sugestão para melhora nesse tipo de análise seria o uso de métodos de vetorização automática, semiautomática ou métodos que facilitem esse processo, como exemplo o cálculo do NDWI (Normalized Difference Water Index) que permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao INPE e ao USGS pela disponibilização gratuita das imagens. Também agradecemos ao Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE e a Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

6. REFERÊNCIAS

BRENNER, V.C.; GUASSELLI, L.A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravatá/RS-brasil. **Anais** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB, 2015.

COLLISCHONN, B.; CLARKE, R.T. Estimativa e incerteza de curvas cota-volume por meio de sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 21, 719–727, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

GAO, H; BIRKETT, C; LETTENMAIER, D.P. Global monitoring of large reservoir storage from satellite remote sensing. **Water Resources Research** 48, 2012.

MUGABE, F.T; HODNETT, M.G; SENZANJE, A. Oportunities for increasing productive water use from dam water: a case study from semi-arid Zimbabwe. **Agricultural Water Management** 62, 149-163,2003.

NAMIKAWA, L.M. Imagens LANDSAT8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacareí do Sistema Cantareira. **Anais** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa-PB, 2015.

SOUZA, A.G.S.S.; ALMEIDA, F.F; VIANA, J.F.S; RIBEIRO NETO, A. Aplicação do produto MOD13Q1 do sensor MODIS para o cálculo de área e volume do reservatório de Sobradinho-Bahia-Brasil. **Anais** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos-SP, 2017.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T**. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, 2012. p. 123-137.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 20
USO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO NO MONITORAMENTO DA RETIRADA DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A DESERTIFICAÇÃO NOS MUNICÍPIO DE DORMENTES – PE

USE OF HIGH RESOLUTION IMAGES ON MONITORING THE REMOVEL OF VEGETABLE COVERAGE IN AREAS SUSCEPTIABLE TO DESERTIFICATION IN THE MUNICIPALITY OF DORMENTES – PE

Joélia Natália Bezerra da Silva[1], Josiclêda Domiciano Galvíncio[1], Jéssica Laís Bezerra da Silva[2], Janaina Vital de Albuquerque[1], Rodrigo de Queiroga Miranda[1]

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil[1]
Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Vale do São Francisco- UNIVASF, Brasil[2]

RESUMO
O mapeamento dinâmico do uso e ocupação da terra é de fundamental importância para o planejamento e gestão dos ambientes atuando em diversas variabilidades e peculiaridades de diferentes áreas de interesse. Neste contexto á áreas das geotecnologias têm sido amplamente utilizadas. As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tem impulsionado o crescimento de estudos direcionados ao monitoramento dos ambientes naturais entres outras atividades. O principal objetivo desse estudo é a aplicação de imagens do satélite RepidEye para o mapeamento do uso e ocupação do solo em porção do Município de Dormentes – PE. Foi utilizado classes de uso, sendo elas: caatinga densa, caatinga esparsa, área de pastagem / agricultura de sequeiro e solo exposto. Após as análises entre as classes foi identificado áreas susceptíveis a desertificação, pelo uso inadequado das classes, acarretando sérios processos erosivos.
Palavras-Chaves: Ação antrópica, Vegetação da caatinga, Alta resolução

ABSTRACT
Mapping dynamics of use and occupation of the earth it is crucial importance for planning and management of environments acting in several variability and peculiarities of different areas of knowledge. In this context the areas of geotecnologias has been widely used. The techniques of remote sensing and geoprocessing has driven the growth of studies directed to the monitoring among other activities. The main objective of this study is the application of images satellite RapidEye for mapping of use and land occupation in portions of the Municipality of Dormentes- PE. Was used class of use, which are: caatinga dense, caatinga sparse, area pasture/ agriculture upland and soil exposed. After the analyzes between classes was identified areas likely desertification by misuse of classes, causing serious problems erosion.
Keywords: Desertification indexes, Anthropogenic action, Vegetation of the caatinga.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), desertificação conceitua-se como a degradação da terra em áreas Áridas, semiáridas e Subúmidas secas, onde o resultado de vários fatores, como climáticos e ações antrópicas, podendo ser elas o mal uso dos recursos naturais, como solo, sistema hídricos, vegetais entre outros. (UNITED, 1994) Segundo Roxo, Casimiro e Sousa (2011), a desertificação é a perda progressiva da fertilidade do solo que acontece por meio da destruição da sua estrutura e composição, onde o índice agrícola perde a sua produção e a existência da vegetação cai no número de espécies naturais. Santos e Galvíncio (2013), apontam que, a influência das atividades antrópicas para esse determinado fenômeno se concentra nas práticas inadequadas na agricultura, o desmatamento desordenado, o uso inapropriado da irrigação, pisoteio de criação de animal, queimadas entre outras e os efeitos climáticos, os autores discutem as repetidas e prolongadas secas que dão ênfase também das atividades antropogênicas.

Para poder identificar áreas em processo ou susceptíveis a desertificação pode-se fazer uso das técnicas espaciais de monitoramento e mapeamento através das técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto orbital. As imagens de satélites têm auxiliado a identificar, examinar e quantificar as tendências e os processos em diferentes ambientes. O sensoriamento remoto pode ser definido como a técnica de obtenção de dados através dos sensores acoplados em satélites ou outros veículos sem contato direto com os alvos imageados (FITZ, 2015).

A análise de séries temporais pode ser aplicada ao uso e ocupação das terras podem ser utilizadas na avaliação de mudança de uso da terra e analise da vegetação. A utilização do monitoramento da cobertura vegetal e uso da terra por meio de sensoriamento remoto tem contribuído para estudos ambientais, possibilitando a rapidez, eficiência e confiabilidade na detecção dos alvos. Sendo assim, o objetivo desse estudo é a aplicação de imagens do satélite RepidEye para o mapeamento do uso e ocupação do solo em porção do município de Dormentes – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a uma parte do município de Dormentes, localizado no oeste do estado de Pernambuco. A população aproximadamente de 17.588 (IBGE, 2010), possuindo uma área de 1.537.64 Km². Dormentes apresenta características fisiografias na

voltar ao
SUMÁRIO

depressão sertaneja, caracterizado por uma superfície de pediplinação monótona, o relevo predominante é o suave ondulado. A vegetação é hiperxerófila com trechos de floretas caduicifólia, e o clima é o tropical semiárido, com chuvas de verão e temperatura média anual de 28°C (SILVA et al, 2010).

Para o desenvolvimento do trabalho houve a aquisição de imagens do satélite RapidEye, que apresenta características de alta resolução. Foram baixadas imagens do 12/02/2011 e 16/10/2013. O satélite está localizado a altitude de 630 km síncrona com o sol na faixa de 77 km, seu sensor é multiespectral, apresenta cinco bandas que são as Red, Green, Blue, Red- Edge, Near IR, sua resolução espacial é de 6,5 m e a resolução radiometrica é de 12 bits, ele se destaca por incluir a banda Red- Edge, que é utilizada para medir a variação na vegetação. As imagens podem ser encontradas na plataforma do Ministério do Meio ambiente.

As imagens foram registradas e submetida ao processo de calibração radiométrica, onde foram obtidas a radiância e a reflectância espectral conforme a Equação 1 e 2, respectivamente.

$$RAD = VD * FE \tag{1}$$

Onde RAD = radiância no nível do sensor (unidade de medida = W.m-2.sr.µm); VD = valor digital original; e FE = fator de escala radiométrica = 0,01.

$$\rho_{TOA} = RAD(i)\frac{\pi * SunDist^2.}{EAI(i) * COS(SolarZenith)} \tag{2}$$

Onde: i = banda espectral; RAD = valor da radiância no nível do sensor; $SunDist$ = distância Terra-Sol em unidade astronômica (depende do dia, varia de 0,983289 UA a 1,016710 UA, onde UA = unidade astronômica); EAI = irradiância exo-atmosférica; e $SolarZenith$ = ângulo zenital solar em graus (90º - ângulo de elevação solar).

Foram selecionadas as amostras espectrais diretamente na imagem, onde definiram-se quatro classes de uso e cobertura da terra, conforme estudo realizado por Santos e Galvíncio (2013). O processo de geração da carta de uso foi através do ARCGIS 10.2 (versão demonstrativa) utilizando a classificação supervisionada.

voltar ao
SUMÁRIO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Identificação dos usos e validação na escala de 1:13.000

A figura 1 apresenta o uso da terra para a região no entorno do barramento de Dormentes para o ano de 2013. Observa-se que boa parte da área encontram-se sobre o domínio das caatingas (arbóreas e arbustivas). Segundo Cavalcanti (2014) para ser considerada uma área de caatinga arbórea as espécies devem possuir de 8 a 12m.

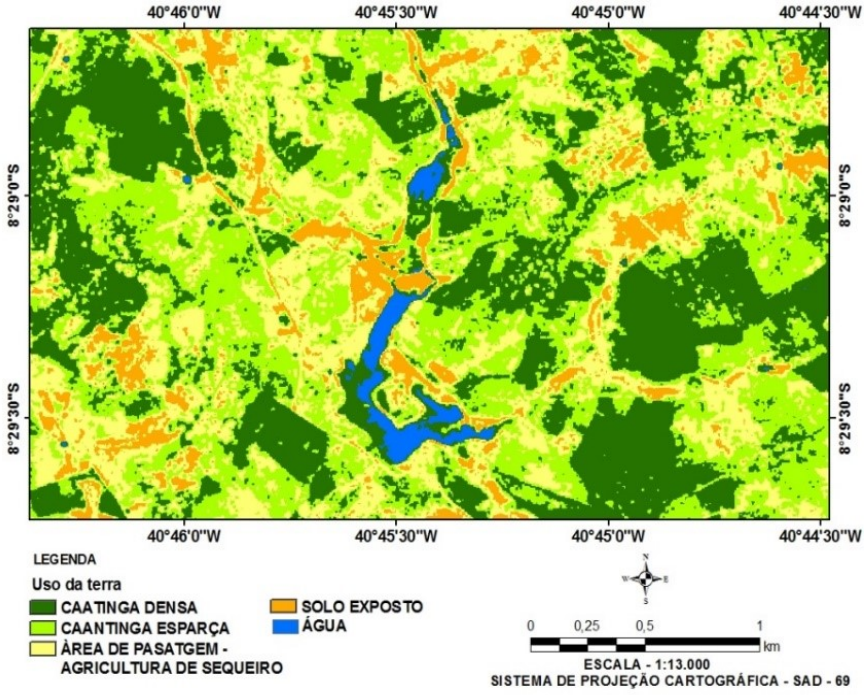


Figura 1- Uso da terra no ano de 2013. **Fonte-** Autoras (2018).

De modo geral ambas as estruturas de cobertura protegem o solo dos processos erosivos, assim como, amenizam a temperatura de superfície no verão. Em relação ao processo erosivo, por menor que seja a densidade das caatingas em comparações com área florestais mais densas, sua estrutura ameniza o processo de erosividade, ou seja, o potencial de erosão das chuvas.

Nos últimos anos vem sendo praticada agricultura irrigada na região com uso das águas subterrâneas, porém em pequenas intensidades se comparada com a agricultura de sequeiro. Neste contexto, não foi possível separar as áreas sobre agricultura irrigada devido ao tamanho reduzido de ocupação, a mesma foi inserida na categoria apresentada neste parágrafo.

As áreas sobre solo exposto são estruturas, as quais outrora foram abandonadas após

voltar ao
SUMÁRIO

práticas agrícolas ou estão à espera do início do período chuvoso para serem cultivadas. Durante um ano estas áreas podem ficar em média oito meses descobertas.

O risco ambiental destas áreas descobertas centra-se em perdas dos solos quanto à ocorrência de chuvas esporádicas, ou seja, aquelas que ocorrem fora do período chuvoso, ou no início do período chuvoso, visto que, o plantio se inicia após as primeiras chuvas.

Estudos desenvolvidos com imagens orbitais com resoluções espaciais acima de 5m, indicam que a precisão do mapeamento, é bem menor do que os realizados com produtos orbitais com resolução espacial próxima a 5m. Vale destacar o estudo realizado por Borges e Silva (2009) realizado no município de Mucungê, estado da Bahia. Na validação do mapeamento de uso e ocupação das terras realizada sobre uma imagem Landsat 7, sensor ETM e outra imagem obtida pelo sensor ASTER, com resolução espacial de 30 e 15m, respectivamente., os autores encontraram uma boa precisão no mapeamento (76% conforme estatística de Kappa).

3.2. Detectação de mudanças com uso das imagens de alta resolução

A figura 2 apresenta o uso e ocupação das terras para área de estudo no ano de 2011 (A) e 2013 (B) na escala de 1:13.000. Observa-se que ao comparar ambas as figuras são visíveis modificações, principalmente no tocante para redução das áreas sobre caatingas arbóreas e crescimento das áreas com solo exposto e pastagem com agricultura de sequeiro. Outra mudança visível está no barramento de água. No mapa de 2013 o reservatório apresenta um espelho de água menor do que o encontrado em 2011. Isto ocorre devido a quantidade de chuvas registrada nos dois anos analisados. De acordo com o Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, no ano de 2011 foram registrados 230mm de precipitação, e no ano de 2013 foi de 133mm.

Para identificação das mudanças de usos e ocupação e do reservatório de água, a imagem *RapidEye* demonstra excelente resolução na escala de 1:13.000, sendo possível, visualmente observar mudanças nas classes de usos e ocupação das terras.

voltar ao
SUMÁRIO

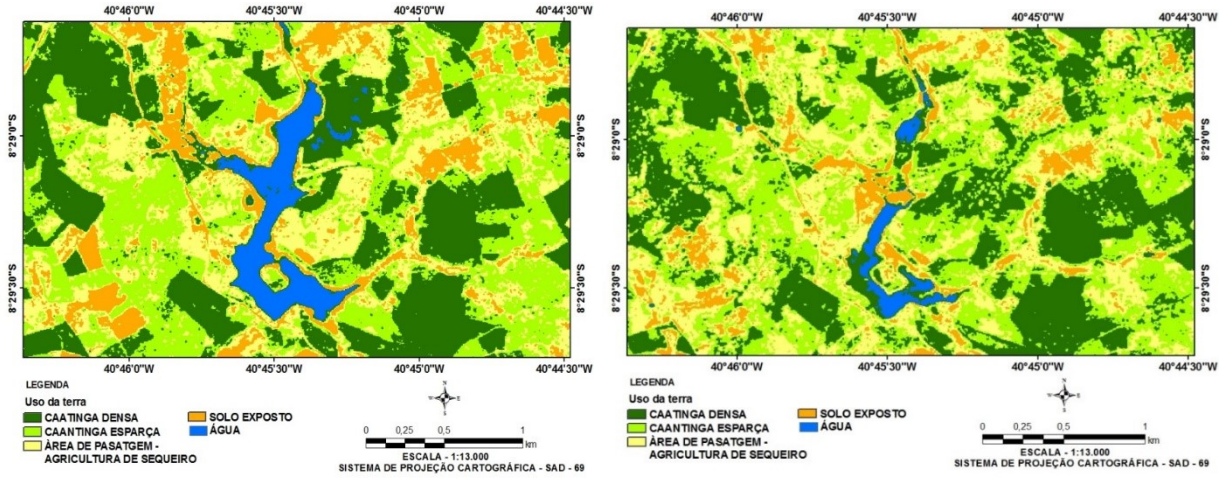


Figura 2- Uso da terra no para o ano de 2011 na porção do estudo em Dormentes - PE. **Fonte-** Autoras (2018).

Ao ampliar a escala cartográfica de análise (figura 3A e 3B), observa-se que na área circundada houve redução de uma faixa de caatinga densa não antropizada entre os anos de 2011 a 2013. Na área observada foi identificada a retirada da vegetação para a fabricação de carvão, criação de caprinos, ovinos, bovinos e agricultura de sequeiro e irrigado. A perda da vegetação foi evidente para a exposição dos solos degradando o mesmo aumentando a suscetibilidade à desertificação.

A figura 3 (A) apresenta dois lotes de uso da terra mapeada na escala de 1: 4.000 no ano de 2011 trata-se de uma área de caatinga densa e outra em preparo para o plantio (solo exposto). Após dois anos observa-se a desvantagem das duas áreas (figura 4B). Em relação à área de caatinga densa visível em 2011 observa-se a redução caatinga densa desmatada para pastagem e uso da lenha para produção de carvão vegetal. Em 2013 observa-se que à área dominada pela caatinga densa em 2011 é um misto de vários usos: solo exposto; pastagem-agricultura de sequeiro; caatinga esparsa, além outrora do uso predominante.

voltar ao
SUMÁRIO

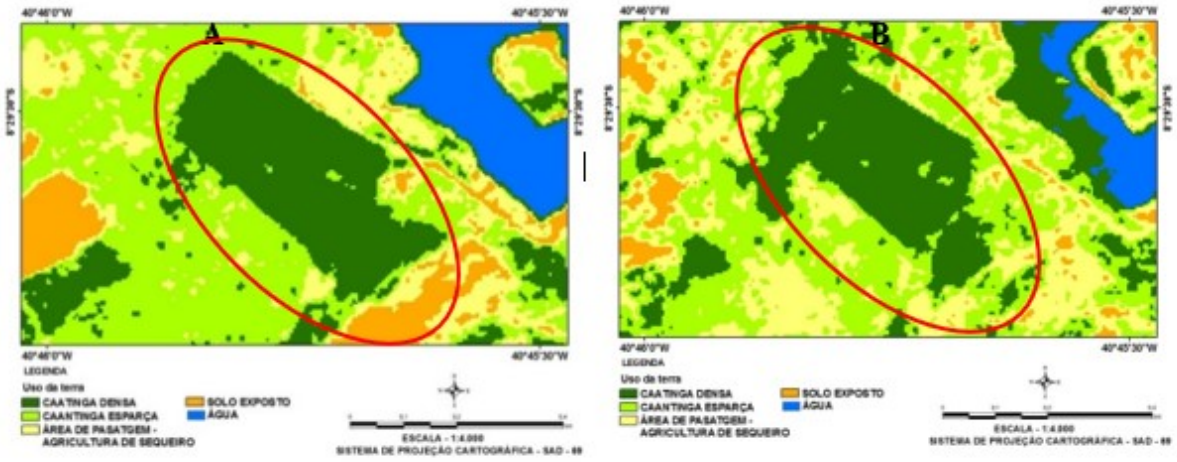


Figura 3- Verificação de mudança em área de caatinga densa (A) 2011e (B) 2013. **Fonte-** Autoras (2018).

Na área com predomínio de solo exposto apresenta em 2013 uma desconfiguração. Em campo foi observado, atualmente apresenta sinais de erosão e salinização dos solos. A erosão na região de estudo provoca a perca dos nutrientes do solo, perca da camada agricultável. Com isso as terras são abandonas.

4. CONCLUSÃO

O mapeamento da cobertura do solo na escala 1:13.000 realizada pelo satélite RapidEye configurou-se com alta eficiência na caraterização do uso e ocupação de terras sendo possível ver as feições e observar as mudanças nas classes. Foi notório que quando a escala foi ampliada para 1:4.000 os pixels não estouraram, permaneceram com qualidade podendo observar o ambiente antropizado.

A área se mostrou susceptível à desertificação, com a desconfiguração em analise temporal de curta duração, apresentou sinais erosivos e salinidades do solo, por não ter um bom manejo. Deste modo, pode-se contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas e ambientais da região de Dormentes, uma vez que a população é diretamente afetada, podendo causar inclusive, aumento das desigualdades sociais

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério do Meio Ambiente – MMA pelas as imagens

voltar ao
SUMÁRIO

cedidas do satélite RapidEye; ao Grupo em Pesquisa Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – (SERGEO). Vinculada à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelas condições técnicas para realização do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS

BORGES, E. F; A, B. SILVA. **Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê-BA**.; Ardemírio de Barros Silva. Mercator - volume 8, número 17, 2009: set./dez. p. 209 a 220.

BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília: MMA, 2005.

CAVALCANTI, L.C.S**. Cartografia das Paisagens: fundamentos.** São Paulo, Oficina de textos, 2014.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo. Oficina de textos, 2015.
IBGE. Censo Demográfico 2010. **Características Gerais da População. Resultados da Amostra**.

ROXO, M.J.;CASIMIRO, P.C.; SOUZA, T.M. **O que é desertificação**? Rio de Janeiro: Poligran, 2005.

SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C.; CUNHA, T. J. F. 2010. Principais solos do semiárido do nordeste do Brasil. Biblioteca digital da Embrapa, Recife. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/34392/1/OPB1114.pdf. Acesso em: 04, abril, 2017.

SANTOS, A. M.; GALVIÍNCIO, J. D. Mudanças Climáticas e Cenários de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação em Municípios do Estado de Pernambuco. **OBSERVATORIUM,** v.5, n.15, p.24-47, 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 21
VARIABILIDADE ESPACIAL DOS MUNICÍPIOS DE IGARASSU, PAULISTA E OLINDA PELO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

SPATIAL VARIABILITY OF THE IGARASSU, PAULISTA AND OLINDA MUNICIPALITIES BY NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX

Marcella Fernandes de Oliveira Melo*, José Dyêgo de Farias Evangelista**, Vanessa Nunes de Lima***, Sabrina de Oliveira Gomes***, Leidjane Maria Maciel de Oliveira****

*Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. * (Autor Correspondente)*
*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. ***
*Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil ****
*Departamento de Engenharia Civil, Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. ***** (Professora Orientadora)*****

RESUMO
O sensoriamento Remoto tem se mostrado uma excelente ferramenta visto que detém uma notável relevância para o manuseio, gestão, monitoramento e mapeamento de recursos naturais, possibilitando uma ampla visão da área mapeada, permitindo assim, avaliar o grau de modificação provocada pela ação antrópica através do conjunto de informações que podem ser extraídas das imagens de satélites como os Índices de Vegetação. Por meio de técnicas de processamento de imagens, foi analisado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com a finalidade de realizar a análise da variabilidade espacial, para identificar a atual condição quantitativa da vegetação existente. A área de estudo compreende os espaços urbanos e rural em três municípios com diferentes formas de ocupação territorial e atividades econômicas desenvolvidas na Região Metropolitana do Recife – PE, inseridos no Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 1 (GL1). Ao realizar a análise por meio de uma imagem do Landsat 5 e o software Livre Qgis verificou-se a presença de áreas de vegetação mais densa no município de Igarassu, áreas de vegetação mais espaçada em Paulista, e áreas de solo mais descoberto em Olinda.

Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagem, NDVI.

ABSTRACT
Remote sensing has proved to be an excellent tool since it has a remarkable relevance for the handling, management, monitoring and mapping of natural resources, allowing a broad view of the mapped area, allowing to evaluate the degree of modification caused by anthropic action through information that can be extracted from satellite images such as Vegetation Indices. By means of image processing techniques, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was analyzed with the purpose of analyzing the spatial variability to identify the current quantitative condition of the existing vegetation. The study area comprises urban and rural spaces in three municipalities with different forms of territorial occupation and economic activities developed in the Metropolitan Region of Recife - PE, inserted in the Group of Small Litoral Rivers 1 (GL1). When the analysis was performed using an image of Landsat 5 and the Free Qgis software, denser vegetation areas were observed in the municipality of Igarassu, areas with more vegetation in Paulista, and more uncovered soil areas in Olinda.

Keywords: Remote Sensing, Image Processing, NDVI.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) tem sido bastante utilizada para o manuseio, gestão, monitoramento e mapeamento de recursos naturais, como água, solo e vegetação, possibilitando uma ampla visão da área mapeada e servindo como ferramenta de análise em recursos hídricos. O SR possui diversos estudos na Região Nordeste do Brasil, pois, através do conjunto de informações que podem ser extraídas das imagens de satélite como índice de vegetação, que indicam a abundância relativa e atividade da vegetação, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente absorvida, é possível avaliar o grau de modificação provocada pela ação do homem (JENSEN, 2011).

Os índices de vegetação são medidas radiométricas adimensionais que baseiam-se nas medidas de reflectância nas faixas espectrais correspondente ao vermelho e infravermelho próximos, e evidenciam o comportamento espectral da vegetação relacionada aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal. Dentre os índices mais utilizados para a detecção de cobertura vegetal está o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) (ROUSE *et al.*, 1973).

Na Região Metropolitana do Recife (RMR) encontram-se os municípios de Olinda, Paulista e Igarassu onde possuem diferentes formas de ocupação territorial e atividades econômicas desenvolvidas. No município de Olinda a principal atividade econômica baseia-se no turismo e comércio, enquanto em Paulista predominam atividades ligada ao setor de serviços, comércio e indústria com destaque o Parque Industrial de Paratibe. Já no município de Igarassu as principais atividades econômicas são baseadas na agroindústria (IBGE, 2010).

A área de estudo é composta por esses três municípios localizados no Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 1 (GL1). Diante do exposto, sobre as distintas características desses municípios, vê-se a necessidade de desenvolver estudos sobre a variabilidade espacial utilizando SR, realizando uma análise do comportamento da vegetação pois, a menor concentração de área vegetadas interfere na questão ambiental. Nesse contexto, o objetivo deste estudo consiste na realização de uma análise espacial dos mapas temáticos de NDVI gerados nas cidades de Olinda, Paulista e Igarassu pelo processamento das imagens do satélite Landsat 5 e sensor TM no dia 26/08/2006.

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange os municípios de Igarassu, Olinda e Paulista situados na Região Metropolitana do Recife no estado de Pernambuco (Figura 1). Estendem-se entre os paralelos 7°42'00'' e 8°03'00" de latitude Sul e os meridianos 35°06'00" e 34°48'00" de longitude Oeste de Greenwich. Segundo a base de dados do estado de Pernambuco (2017) os três municípios ocupam uma área total de 444,553 km², correspondendo a 0,45% do território pernambucano e possuem uma estimativa de 834.522 habitantes.

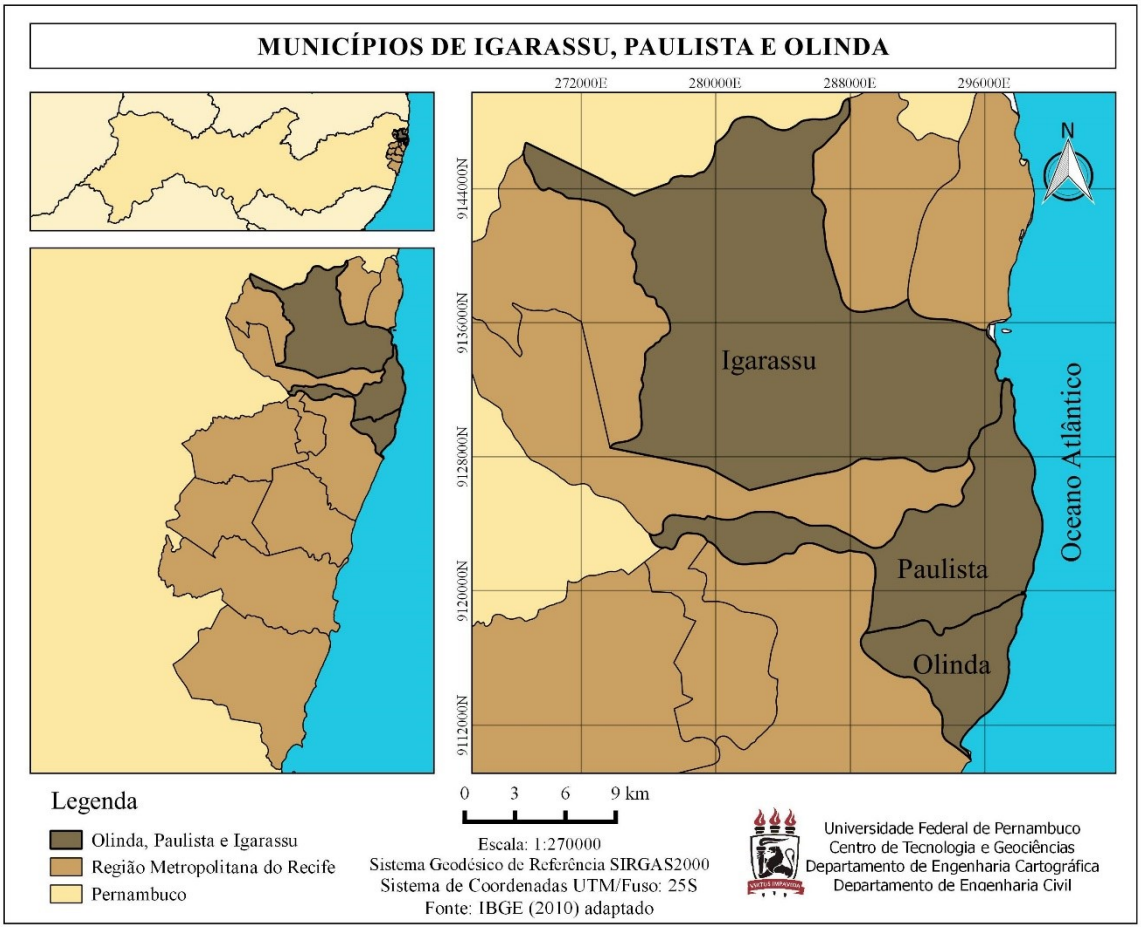


Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo.

O Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 1 (GL1) está localizada no litoral norte do Estado de Pernambuco 7°35'12" e 8°03'48" de latitude sul, e 34º 48' 46" e 35º11' 33" de longitude oeste. Possui uma área de 1.188,11 km², cujo percentual da bacia

voltar ao
SUMÁRIO

corresponde a 1,21% do total do Estado de Pernambuco. Dentre os principais cursos d'água encontram-se inseridos na área de estudo os rios Beberibe, Paratibe, Timbó e Botafogo. Sendo o rio Botafogo de maior extensão, além de ser a de maior importância para o abastecimento d'água da Região Metropolitana do Recife (APAC, 2018). A Tabela 1 apresenta os dados do único reservatório e a Figura 2 mostra a localização da bacia.

Tabela 1 – Dados do reservatório da bacia GL1

Reservatório	Município	Cap. Máx. (m³)	Área de drenagem (km²)
Botafogo	Igarassu	27.689.000	88

Fonte: APAC (2018)

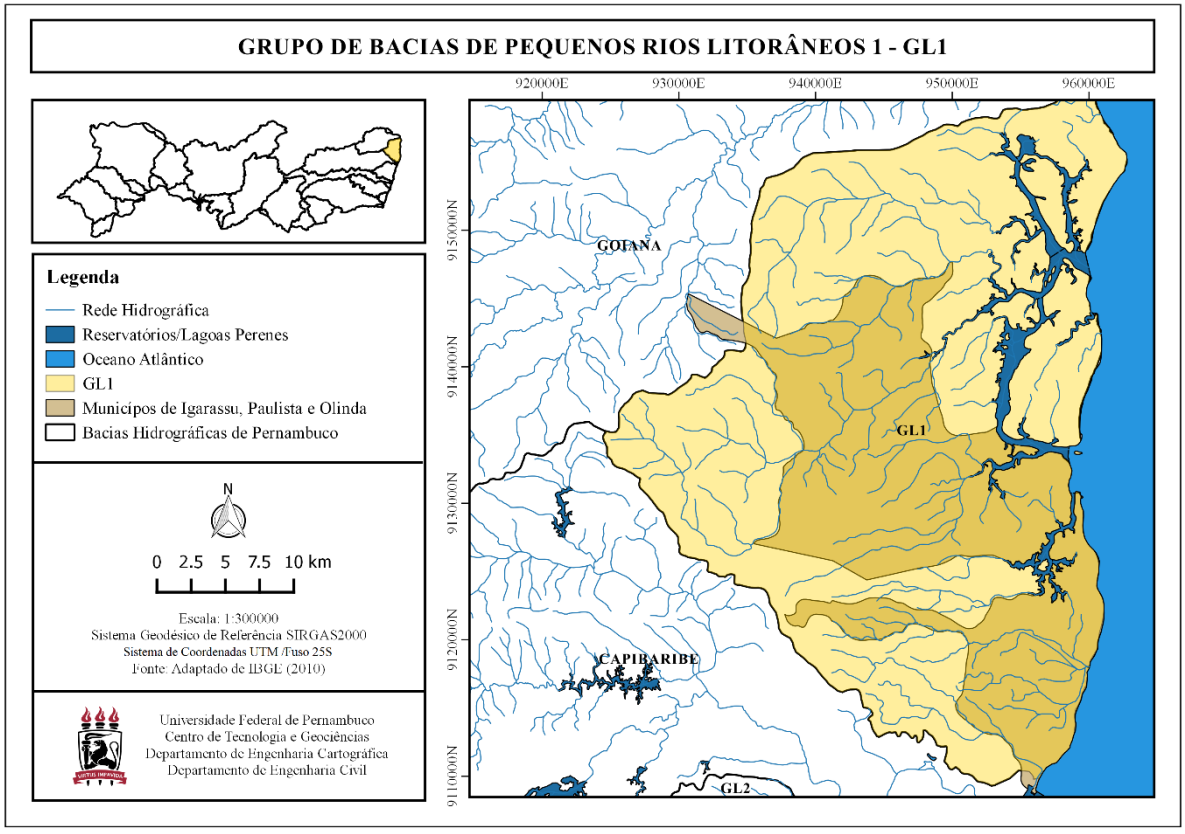


Figura 2 – Mapa de localização da bacia GL1.

2.2. Aquisição dos dados e Processamento das imagens

Para a extração das informações utilizou-se uma imagem correspondente com data de passagem de 26/08/2006 do satélite Land Remote Sensing Satellite (Landsat 5), sensor Thematic Mapper (TM), órbita 214 e ponto 65. O Landsat 5 possui 7 bandas, mas para o

voltar ao
SUMÁRIO

estudo do NDVI foram utilizadas as bandas 3 e 4. As cenas georreferenciadas foram obtidas gratuitamente através do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). No processamento dos dados foi utilizado o software livre QGIS na versão 2.18.16. Também foi utilizada uma base digital da malha municipal do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

2.3. Calibração Radiométrica

A Calibração Radiométrica consiste na conversão do número digital (ND) de cada pixel da imagem, em radiação espectral em cada banda ($L_{\lambda i}$) através da Equação 1 proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \qquad (1)$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda; a = radiância espectral mínima; b = radiância espectral máxima; ND = número digital ou intensidade do pixel (valor inteiro entre 0 a 255), i = cada banda do TM Landsat 5. As variáveis "a" e "b" são expressas segundo Chander *et al*. (2009) mediante a Tabela 2.

Tabela 2 – Dados do Comprimento de onda, Coeficientes de Calibração e Irradiância Espectral no topo da Atmosfera.

Bandas	**Comprimento de Onda (µm)**	**Coeficientes de Calibração (Wm^{-2} sr^{-1} μm^{-1})**		**Irradiância Espectral no topo da Atmosfera – Kλi ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$)**
		a (desde 1994)	**b 05/05/2003 a 01/04/2007**	
3 (vermelho)	0,626 – 0,693	-1,17	264,0	1536
4 (IV-próximo)	0,776 – 0,904	-1,51	221,0	1031

Fonte: Chander *et al*. (2009) adaptado

2.4. Reflectância

A Reflectância espectral monocromática em cada banda ($\rho_{\lambda i}$) é representada como a razão entre a radiância espectral refletida por cada banda e o fluxo de irradiação solar espectral incidente, obtida conforme a Equação 2 descrita por Allen et al. (2007):

voltar ao
SUMÁRIO

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} . \cos Z . d_r} \qquad (2)$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral em cada banda; $K_{\lambda i}$ = irradiação solar espectral de cada banda (Tabela 1); Z = ângulo zenital solar (Equação 3); dr = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol em dado dia do ano (DSA) (Equação 4) e E = ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \qquad (3)$$

$$d_r = 1 + 0{,}033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \qquad (4)$$

2.5. NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é obtido de acordo com a Equação 5 proposta por Rouse *et al*. (1973). Apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores entre 0 e 1 apresentam superfícies com vegetação verde e quanto mais próximos de 1 mais acentuada é a superfície verde e mais próximo de 0 indica solos descobertos e rochas. Valores negativos indicam a presença de água ou nuvens.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \qquad (5)$$

Onde: ρ_{IV} = reflectância da banda do infravermelho próximo (banda 4); ρ_V = reflectância da banda do vermelho (banda 3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de NDVI do grupo de bacias GL1 nos municípios de Igarassu, Paulista e Olinda referentes ao ano de 2006, apresentaram valores entre -0,32 até 0,86 (Figura 3).

voltar ao
SUMÁRIO

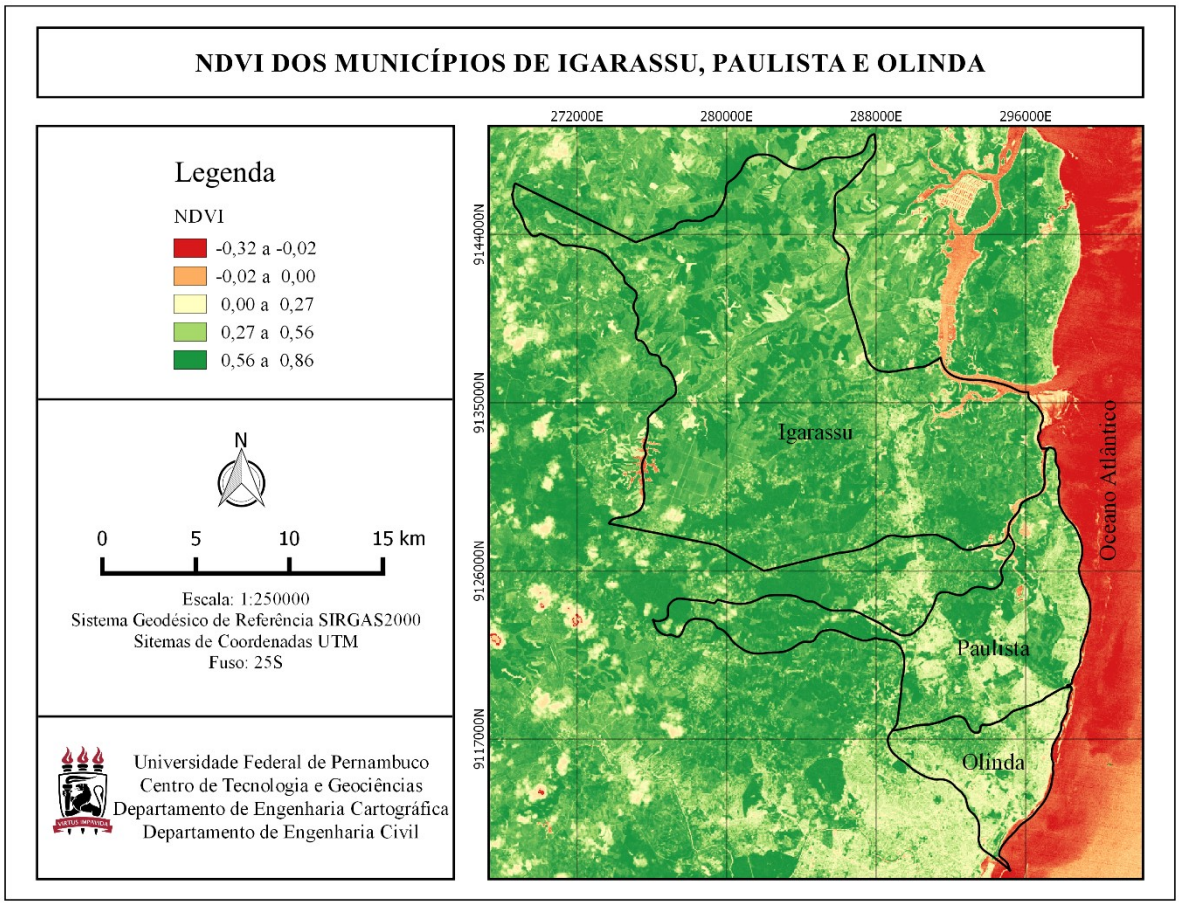


Figura 3 – Mapa do NDVI dos municípios da área de estudo.

Verificou-se uma presença mais acentuada de vegetação no munícipio de Igarassu, onde se teve o predomínio maior da classe de valor próximo a um (classe 0,56 a 0,86); e uma menor presença de valores próximos de zero, indicando pouca área urbana, conforme previsto por Rouse *et al*. (1973). Considerando a mesma interpretação, a porção de área que corresponde ao município de Paulista, onde verifica-se uma menor porção de vegetação densa, predominando áreas de vegetação espaçada (classe 0,27 a 0,56) e áreas de ocupação urbana, estando de acordo com os estudos realizados anteriormente por Rouse *et al*. (1973). Também, analisando a parte mais ao sul da área de estudo, observou-se que o município de Olinda apresentou o mínimo de área vegetada, o máximo de solo descoberto e presença de área urbana, pois possui valores de NDVI mais próximos de zero (classe 0,00 a 0,27) conforme Huete & Tucker (1991), onde os valores de NDVI para solos expostos estão, geralmente, na faixa de 0,05 a 030.

voltar ao
SUMÁRIO

O NDVI também espacializa a presença de corpo hídrico numa região, quando os valores deste são negativos conforme apresentado em Leite *et al.* (2017) e Almeida *et al.* (2017) nos estudos de região hídrica. Detectaram-se as classes de valores < 0 (representadas na Figura 3 nas cores vermelho e laranja), que comprovam a presença de rios já citados anteriormente nos municípios estudados. Uma outra validação dos resultados é o fato do oceano Atlântico na imagem ser representado nas cores vermelho e laranja assim como, os corpos hídricos dos munícipios.

Para melhor visualização do estudo do NDVI conforme Leite *et al.* (2017) foram escolhidos cinco pontos amostrais. A Tabela 3 apresenta esses cinco pontos amostrais dentro da área de estudo e seus respectivos valores do NDVI, coletados através da ferramenta identificação de feições do QGIS. Os cinco pontos estão associados a elementos identificáveis como base central da análise da variabilidade espacial: área rural, rio, lago, solo exposto e área urbana.

A Figura 4 exibe os pontos que se referem à Tabela 3, onde os dados foram coletados, identificando os elementos através da imagem do Google Earth (2018) e comparando visualmente com a imagem gerada do NDVI.

Tabela 3 – Valores do NDVI de Pontos amostrais

Pontos	**NDVI**
1 – Área rural	0,811
2 – Rio	-0,045
3 – Lago	-0,029
4 – Solo Exposto	0,255
5 – Área urbana	0,319

voltar ao
SUMÁRIO

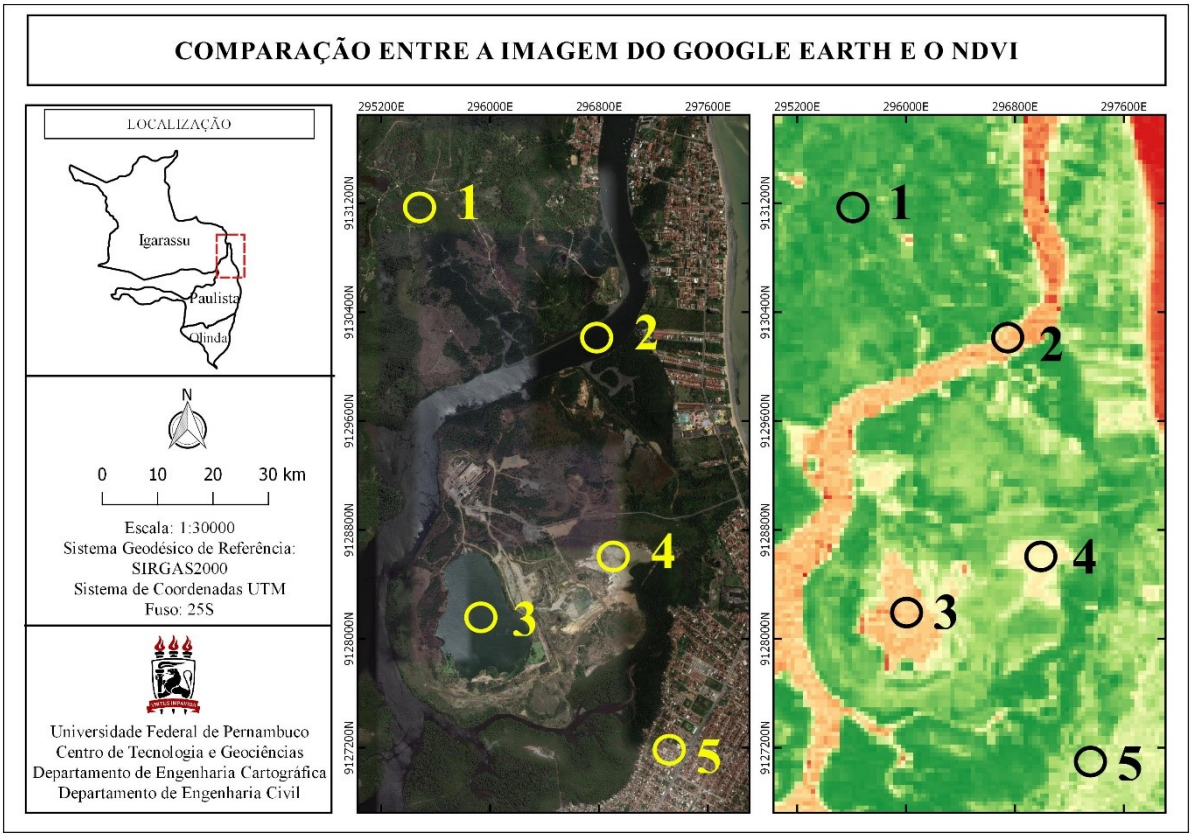


Figura 4 – Mapa de comparação entre o Google Earth e o NDVI

Ao realizar a análise da Figura 4, verificou-se que os pontos identificados expressam semelhanças quanto aos resultados obtidos com os dados do NDVI (Figura 3), bem como os valores mostrados na Tabela 3.

Os valores apresentados na Tabela 3 confirmam que os pontos amostrais são consistentes com os valores dos pixels. O ponto 1 apresenta valor próximo de 1 indicando a presença de vegetação fotossinteticamente ativa. Observou-se a predominância de valores negativos para os pontos 2 e 3 referentes ao rio e ao lago, destacando assim o corpo d'água. Para os pontos 3 e 4 observaram-se valores na classe de 0,00 a 0,27 indicando a existência de solos descobertos e área urbana.

4. CONCLUSÃO

Esta pesquisa confirmou a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto para o estudo e análise da variabilidade espacial dos municípios, visto que os resultados foram

voltar ao
SUMÁRIO

satisfatórios e comprovados pelas características presentes na região e referências bibliográficas.

Através dos resultados foi possível verificar a presença de áreas de vegetação mais densa no município de Igarassu, áreas de vegetação mais espaçada em Paulista, e áreas de solo mais descoberto em Olinda, bem como diferenciar a mancha urbana. Também foi possível evidenciar corpos hídricos pertencentes na área de Igarassu e Paulista.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) pela disponibilidade das imagens orbitais; a base de dados do estado de Pernambuco (BDE) pelos dados estatísticos; ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pela base digital em shapefile e a Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) pelos dados da bacia hidrográfica do Grupo de Bacias GL1.

6. REFERÊNCIAS

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/. Acesso em 20 de março de 2018.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite- based energy balance for mapping evatranspiration with internalized calibration (Metric) - **Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. 2007.

ALMEIDA, D. N. O.; OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JÚNIOR, J. R.; RIBEIRO NETO, A. Caracterização Hídrica e Uso do Solo no Sertão Pernambucano por Índice de Vegetação. **9º Encontro Internacional das Águas**. 2017.

CHANDER. G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 893-903, 2009.

HUETE, A.R.; TUCKER, C.J., 1991. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 12, p. 1223-1242, 1991.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007, 2010 e 2015). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em 20 de março de 2018.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos**

voltar ao
SUMÁRIO

terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphanio. Parentese, São Jose dos Campos, 2011.

LEITE, A. C. S.; OLIVEIRA, L. M. M.; BEZERRA, U. A.; ALMEIDA, D. N. O.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JUNIOR, J. R. Comparison of methods of Humidity Index processing in the Irrigated Perimeter Nilo Coelho, Northeast of Brazil. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** v.7, n.6, 315-323, 2017.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, n.3, p.517-523, 1987.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. **Monitoring the vernal advancement and retrogration (green wave effect) of natural vegetation**. Prog. Rep. RSC 1978-1. Remote Sensing Cent., Texas A&M Univ., College Station, 1973.

USGS - Instituto Geológico dos Estados Unidos. Aquisição de Imagens, Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. Acesso em: abril, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 22
VARIAÇÃO TEMPORAL DA PRODUÇÃO PRIMÁRIA BRUTA EM DIFERENTES USOS E COBETURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE

TEMPORARY VARIATION OF GROSS PRIMARY PRODUCTION IN DIFFERENT USES AND COVER LAND IN THE MUNICIPALITY OF PETROLINA-PE

Ygor Cristiano Brito Morais *, Maria do Socorro Bezerra de Araújo**, Josiclêda Domiciano Galvíncio **,Magna Soelma Beserra de Moura***

**Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.*
***Professora Dra. do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.*
****Pesquisadora Dra. da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade Semiárido, Petrolina, Brasil.*

RESUMO
Nas últimas décadas tem sido verificado um aumento nas emissões de gases do efeito estufa, o que tem provocado uma intensificação do efeito estufa e um consequente aumento da temperatura do planeta. Por isso, algumas medidas para mitigação da concentração de gases na atmosfera têm sito propostas, com destaque para o sequestro de carbono. Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento da produção primária bruta em diferentes usos e cobertura da terra no município de Petrolina, Pernambuco. Foram utilizados produtos do sensor MODIS, referentes ao Índice de Área Foliar (LAI - produto MOD15A2) e a produção primária bruta (GPP - produto MOD17A2). Os resultados mostraram que tanto a produção primária bruta como o índice de área foliar foram mais elevados, em média, na área de cultivo de manga. A área de caatinga preservada apresentou valores de GPP e LAI elevados no período chuvoso, sobretudo no ano de 2011 (GPP de até 60 g C m^2), enquanto as coberturas de pastagem e caatinga antropizada apresentaram os menores valores de GPP e LAI. Nesse sentido, constatou-se que tais valores foram influenciados, sobretudo, pela disponibilidade de água (no caso do cultivo de manga irrigado) e pelo índice de área foliar (caatinga preservada). Quando se comparou os anos de 2011 e 2012, nesse caso, a ocorrência de chuvas abaixo da média em 2012 contribuiu para valores de LAI e GPP mais baixos nas áreas de caatinga e de pastagem.

Palavras-Chaves: semiárido, caatinga, sequestro de carbono, sensoriamento remoto.

ABSTRACT
In recent decades there has been an increase in emissions of greenhouse gases, which has led to an intensification of the greenhouse effect and a consequent increase in the temperature of the planet. Therefore, some measures to mitigate the concentration of gases in the atmosphere have been proposed, with emphasis on carbon sequestration. This study aims to analyze the behavior of gross primary production in different uses and land cover in the municipality of Petrolina, Pernambuco. MODIS sensor products were used, referring to the leaf area index (LAI - product MOD15A2) and gross primary production (GPP - product MOD17A2). The results showed that both gross primary production and leaf area index were higher, on average, in the mango growing area. The preserved caatinga area presented high GPP and LAI values in the rainy season, especially in 2011 (GPP up to 60 g C m^2), while pasture and anthropic caatinga cover presented the lowest GPP and LAI values. In this sense, it was verified that these values were influenced mainly by the availability of water (in the case of irrigated mango cultivation) and the leaf area index (preserved caatinga). When comparing the years 2011 and 2012, in this case, the occurrence of below-average rainfall in 2012 contributed to lower LAI and GPP values in the caatinga and pasture areas.

Keywords:semiarid, caatinga, carbono sequestration, remotesensing.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas ecológicos terrestres desempenham um importante papel no ciclo global do carbono, estando o carbono estocado na forma de biomassa viva, matéria orgânica em decomposição e no solo. O carbono é trocado naturalmente entre esses sistemas e a atmosfera através da fotossíntese, respiração, decomposição e combustão, contudo as atividades humanas modificam os estoques nesses reservatórios (IPCC, 2000).

Nas últimas décadas tem sido verificado um aumento das emissões de gases do efeito estufa, como o dióxido de carbono, devido, sobretudo, a queima de combustíveis fósseis, ao desmatamento de floretas, queimadas, pecuária extensiva, dentre outros (KOEHLER et al., 2002). Tais processos são responsáveis, de acordo com o IPCC (2014), pelo agravamento do efeito estufa e o consequente aumento da temperatura do planeta, afetando diretamente os ecossistemas, seus processos fisiológicos e diversidade de espécies (GANG et al., 2017). Portanto, a compreensão da quantidade de dióxido de carbono atmosférico absorvido e liberado pelos ecossistemas terrestres é de grande relevância (BARFORD et al., 2001).

Diversos métodos têm sido empregados para estimar as trocas de carbono entre a superfície e a atmosfera, dentre os quais se destaca a covariância dos vórtices turbulentos. Essa técnica se utiliza de uma instrumentação sofisticada e instalada em torres micrometeorológicas (SILVA, 2012; BALDOCCHI, 2003), contudo a aplicação dessa técnica ainda encontra limitações no Brasil, devido ao custo de implementação e operacionalização, além de que as medidas de fluxos representam uma condição apenas do entorno da torre micrometeorológica. Nesse sentido, o sensoriamento remoto pode ser uma alternativa para o monitoramento da vegetação em escala regional.

As vantagens do uso do sensoriamento remoto para o monitoramento dos ecossistemas são inúmeras tanto no Brasil (BEZERRA et al., 2010) como no exterior (ANDERSON et al., 2008; BASTIAANSSEN et al., 1998). Dentre os sensores orbitais utilzados, o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) permite a aquisição de dados diários da superfície terrestre em diversas resoluções espaciais e com resolução espectral de 36 bandas. Desse modo, o presente estudo tem como objetivo analisar a variação temporal da produção primária bruta em diferentes usos e cobertura da terra no município de Petrolina, localizada no estado de Pernambuco.

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O presente estudo foi conduzido em quatros pontos do município de Petrolina, localizado na no semiárido do estado de Pernambuco (Figura 1). Esses quatro pontos correspondem a diferentes tipos de uso e cobertura da terra, sendo eles: pastagem com presença de algumas espécies de caatinga (1), caatinga preservada (2), agricultura irrigada – cultivo de manga (3) e caatinga antropizada (4).

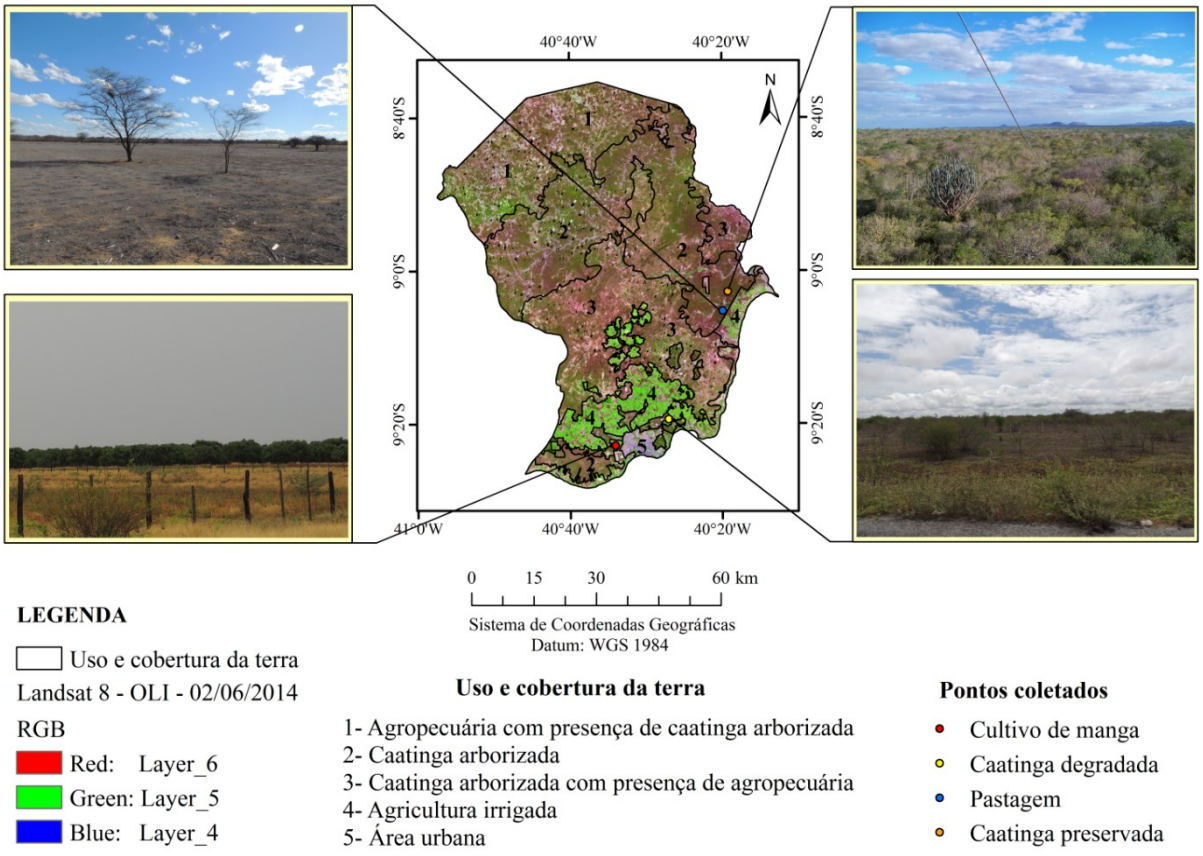


Figura 1. Uso e cobertura da terra do município de Petrolina e localização geográfica dos pontos coletados.

2.2 Produtos de sensoriamento remote

Foram utilizados, neste estudo, produtos do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra, que estão disponíveis na página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS,

voltar ao
SUMÁRIO

em inglês). Os dados do sensor MODIS são disponibilizados em diferentes níveis de processamento, contando com 11 produtos onde são aplicados algoritmos para sua estimativa. Assim, na presente pesquisa foi usado o produto MOD17A2, que contém a produção primária bruta (GPP, em inglês), a fotossíntese líquida e um produto de qualidade do pixel. Além disso, foi utilizado o produto MOD15A2, que corresponde ao índice de área foliar (LAI, em inglês) e a fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fPAR, em inglês). Tais produtos possuem resolução espacial de 1 quilômetro e resolução temporal de oito dias, onde os dados de GPP corresponde ao valor acumulado para esse período.

O produto de Produção Primária Bruta (MOD17A2) é estimado com base no conceito de eficiência do uso da luz, proposto por Monteith (1972), com base na Equação 1:

$$GPP = \mathcal{E} * APAR \quad (1)$$

onde $\mathcal{E}$ é a eficiência do uso da luz e APAR é a radiação fotossinteticamente ativa absorvida.

A estimativa do índice de área foliar do MODIS é baseada na relação entre as frações de luz incidente transmitida através do dossel e o coeficiente de extinção de luz (k).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da produção primária bruta diferiu de acordo com o tipo de cobertura da terra e com a ocorrência de chuvas na região. Observa-se, na Figura 2, que os valores de GPP foram mais elevados nas áreas de cultivo de manga irrigado e na caatinga preservada, sobretudo, entre os meses de janeiro e abril de 2011. Neste ano, a GPP da caatinga preservada atingiu valores próximos a 60 g C/m², enquanto no cultivo de manga foi registrado uma GPP de 78 g C/m² logo no início de 2011, mas no restante do período analisado a assimilação de carbono variou entre 6 e 40 g C/m². As áreas de pastagem e de caatinga antropizada os valores foram, em geral, mais baixos. Apenas no ano de 2011 foram registrados valores acima de 20 g C/m², e no ano de 2012 houve pouca variação da assimilação de carbono.

voltar ao
SUMÁRIO

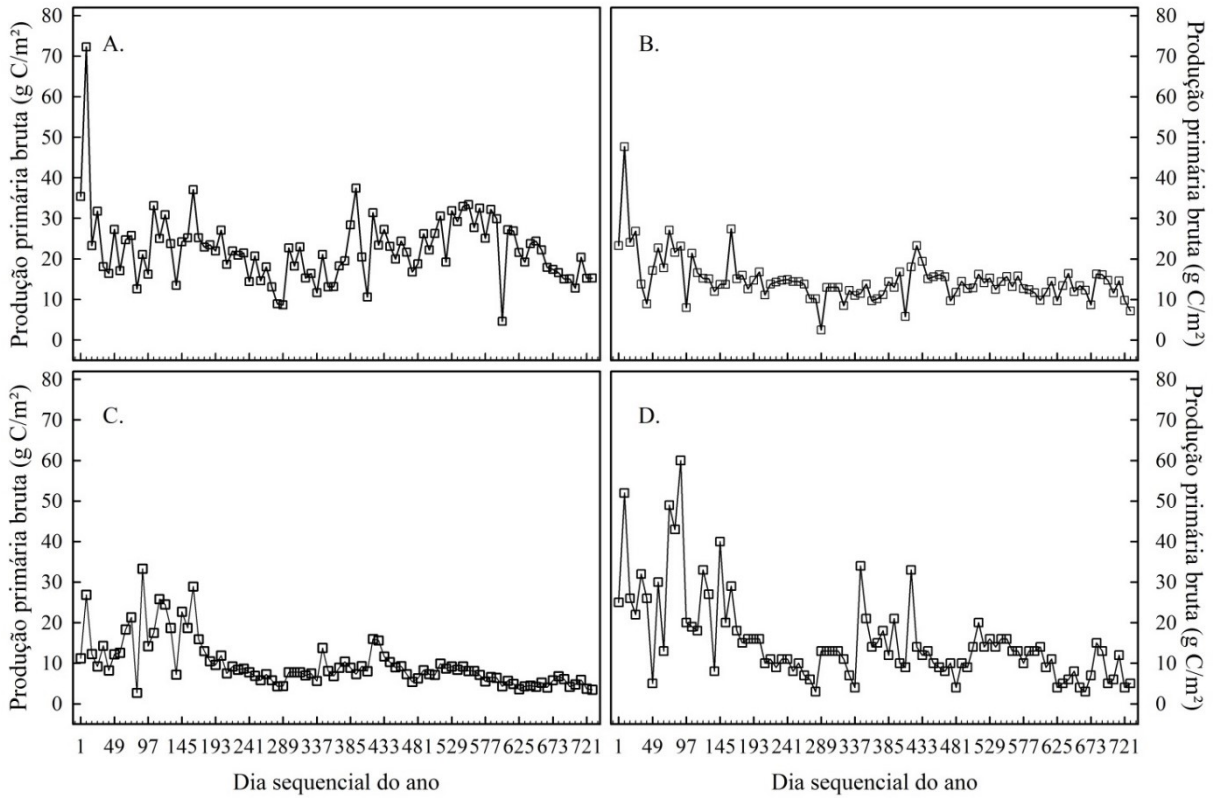


Figura 2. Variação temporal da produção primária bruta (GPP, em inglês) para os anos de 2011 e 2012, em áreas de (A) cultivo de manga irrigado, (B) caatinga antropizada, (C) pastagem e (D) caatinga preservada.

Silva et al. (2013) estimaram a produção primária bruta para o perímetro irrigado de São Gonçalo, no semiárido da Paraíba, e verificaram que as áreas irrigadas apresentaram GPP mais elevada quando comparada com as áreas do entorno (caatinga e agricultura não irrigada). Quanto as áreas de caatinga, Morais et al. (2017), analisaram a GPP para todo o município de Petrolina, e constaram que os valores mensais de GPP foram mais elevados nas áreas de caatinga preservada, quando comparados com as áreas antropizadas.

O LAI é uma variável biofísica que influencia a transpiração e a fotossíntese na planta em escala do dossel, e na dinâmica do carbono, água e energia em escala regional (VERBYLA, 2005). O LAI é útil para mensurar o fluxo de carbono devido sua forte influência sobre o balanço de energia do dossel e no equilíbrio das trocas gasosas. Entretanto, tem sido sugerido, principalmente com base em estudos teóricos, que dados de refletância do dossel fornecem indicadores mais confiáveis de radiação fotossinteticamente ativa absorvida e taxas de fotossíntese do que os parâmetros estruturais, tais como o LAI e a biomassa (BARTLETT; WHITING; HARTMAN, 1989).

voltar ao
SUMÁRIO

Nesse sentido, o índice de área foliar foi analisado tendo vista sua influência na produção primária. Com isso, nota-se que o LAI estimado pelo MODIS apresentou diferenças notórias entre os quatro tipos de uso e cobertura da terra analisados (Figura 3). A média do período de 2011-2012 foi maior para o cultivo irrigado de manga (1,3 m²/m²), enquanto que nas áreas de caatinga antropizada, pastagem e de caatinga preservada foram registrados valores médios de 0,69, 0,54, e 0,91 m²/m², respectivamente. Quando os dois anos são analisados separadamente, nota-se que em todas as áreas a média anual foi superior no ano de 2011, no qual foram observados valores médios de 1,39 m²/m² (manga), 0,7 (caatinga antropizada), 0,66 (pastagem) e 1,02 (caatinga preservada).

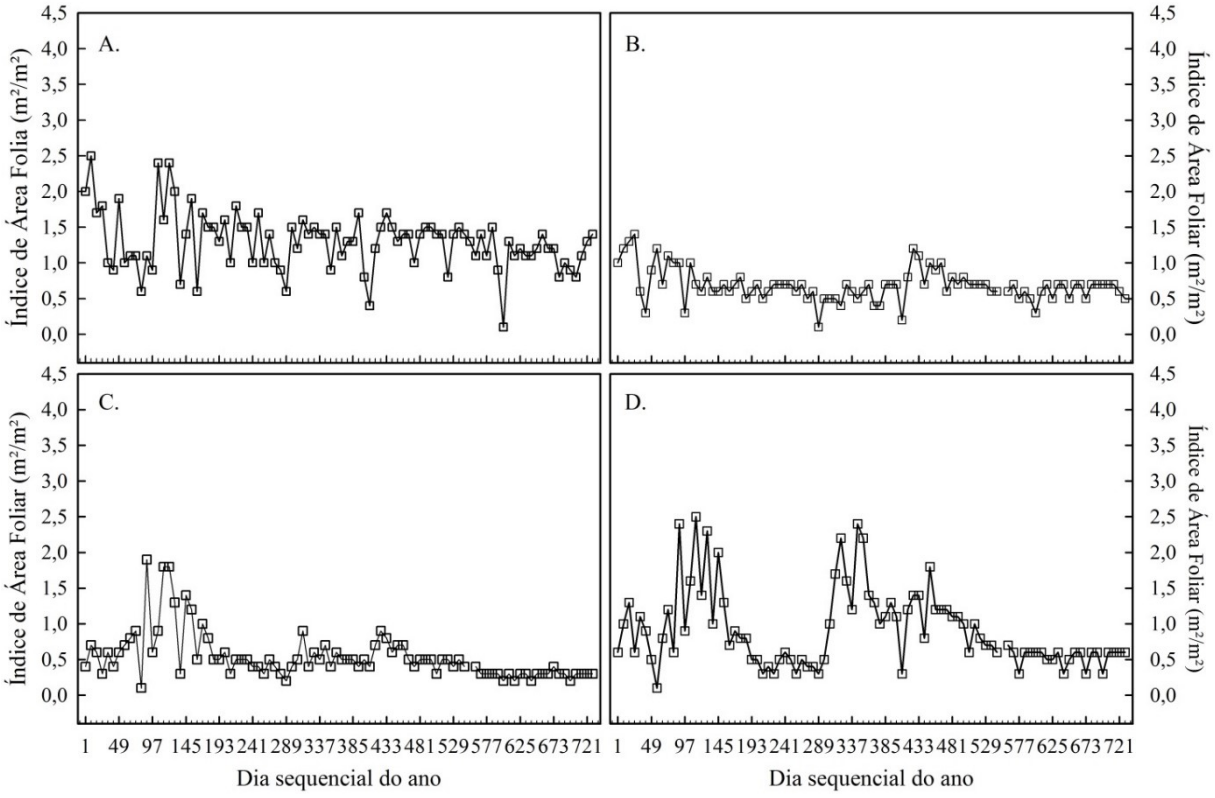


Figura 3. Variação temporal do índice de área foliar (LAI, em inglês) para os anos de 2011 e 2012, em áreas de (A) cultivo de manga irrigado, (B) caatinga antropizada, (C) pastagem e (D) caatingapreservada.

A diferença apresentada entre as médias do LAI dos anos de 2011 e 2012 ocorreu devido a ocorrência de chuvas abaixo da média histórica. Com isso, as áreas de caatinga preservada e de pastagem foram as mais impactadas por essa variação, como pode ser observado na Figura 2c e 2d. Durante o período chuvoso do ano de 2011 o índice de área

voltar ao
SUMÁRIO

foliar atingiu 2 m²/m² na área de pastagem e, em contrapartida, no ano de 2012 a variação do LAI foi menor (desvio padrão de 0,16 m²/n² em 2012 e de 0,41 em 2011) e o índice não ultrapassou o valor de 1 m²/m² em todo ano.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos, foi possível verificar que houve diferenças da GPP e LAI para os diferentes usos e cobertura da terra analisados. Os valores médios de GPP e LAI foram mais elevados no cultivo de manga, devido ao suprimento de água ao longo do ano pela irrigação. Dentre os tipos de coberturas da terra que não são supridas de água pela irrigação, a caatinga preservada apresentou assimilação de carbono mais elevada que as demais, sobretudo no período chuvoso. Esse tipo de cobertura apresentou, também, um índice de área foliar mais elevado, influenciando, assim, na assimilação de carbono.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. et al. A thermal-based remote sensing technique for routine mapping of land-surface carbon, water and energy fluxes from field to regional scales. **Remote Sensing of Environment**, 112, 12, 4227–4241, 2008.

BALDOCCHI, D. D. Assessing ecosystem carbon balance: problems and prospects of the eddy covariance technique. **Global Change Biology** 9, 479-492, 2002.

BARFORD, C. C.; WOFSY, S. C.; GOULDEN, M. L.; MUNGER, J.W.; HAMMOND PYLE, E.; URBANSKI, S. P.; HUTYRA, L.; SALESKA, S. R.; FITZJARRALD, D.; MOORE, K. Factors controlling long-and short-term sequestration of atmospheric CO2 in a mid-latitude forest. **Science** 294, 5547, 1688−1691, 2001.

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. **JournalofHydrology** 212-213, 198–212, 1998.

BEZERRA, B. G. et al. Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI. **Revista Brasileira de Meteorologia** 25, 3, 404–414, 2010.

GANG, C; ZHANG, Y.; WANG, Z.; CHEN, Y.; YANG, Y.; LI, J.; CHENG, J.; QI, J.;

voltar ao
SUMÁRIO

ODEH, I. Modeling the dynamics of distribution, extent, and NPP of global terrestrial ecosystems in response to future climate change. **Global and Planetary Change** 148, 153-165, 2017.

IPCC. **Land use, land use change, and forestry special report. Summary for Policymakers. [Based on Watson, R. et al. as Core Writing Team]**. Montreal, CA: IPCC, 2000. p. 24

KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; F., K. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. 1. ed. Curitiba: FUPEF/Imprensa da UFPR, 2002. p. 251–264.

MONTEITH, J. L. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. **Journal of Applied Ecology** 9, 3, 747–766, 1972.

MORAIS, Y. C. B.; ARAÚJO, M. S. B.; MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; MIRANDA, R. Q. Análise do Sequestro de Carbono em Áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Meteorologia** 32, 4, 585-599, 2017.

SILVA, B. B.; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MACHADO, C. C. C.; OLIVEIRA, L. M. M.; MOURA, M. S. B. Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo – PB. **Revista Brasileira de Meteorologia** 28, 1, 57-64, 2013.

SILVA, B. B. DA. Estimativa de sequestro de carbono por sensoriamento remoto. In: GALVÍNCIO, J. D. (Ed.). **Mudanças climáticas e modelo ambientais: caracterização e aplicações**. Recife, BRA: Editora Universitária da UFPE, 2012. p. 51–70.

voltar ao
SUMÁRIO

SEÇÃO 2: Mudanças Climáticas, recursos hídricos e vulnerabilidade

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 23
A MEIOFAUNA HIPORREICA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO EM MARGEM

THE HYPORHEIC MEIOFAUNA AND ITS INFLUENCE ON WATER QUALITY FOR BANK FILTRATION TECHNOLOGY: LITERATURE REVIEW

Suelen Nascimento dos Santos*, Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque, Jonathas Barbosa de Araújo Freitas, José Adson Andrade de Carvalho Filho, Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral**

*Departamento de ciências biológicas, Universidade Federal de Pernambuco–UFPE, Brasil. **
*Departamento de engenharia civil, Universidade Federal de Pernambuco–UFPE e Universidade de Pernambuco –UPE, Brasil. ***

RESUMO
A Filtração em Margem (FM) é uma tecnologia alternativa e sustentável que fornece água de boa qualidade para o abastecimento da população. Além de ter um baixo custo, pode ser considerada uma técnica relativamente simples. O sucesso da FM depende fortemente das características da zona hiporreica (ZH) que é vista como um ambiente de intercâmbio e funciona como um modulante de ligações entre o fluxo de água superficial e água subterrânea. Esse ambiente é responsável pela sustentabilidade do abastecimento de água através da tecnologia FM, reunindo aspectos ambientais de importância hidrológica, ecológica e geoquímica. Alguns processos que ocorrem nessa interface são influenciados por comunidades de organismos encontrados nos sedimentos hiporreicos. A meiofauna vem sendo associada com este ambiente, pois é responsável, direta ou indiretamente, por processos dinâmicos que auxiliam na depuração da qualidade da água de recarga.
Palavras-Chaves: Meiofauna, Zona Hiporreica, Filtração em Margem

ABSTRACT
The Bank Filtration (BF) is an alternative and sustainable technology that supplies good quality water to the population. Besides having a low cost it can be considered a relatively simple technique. The success of FM depends heavily on the characteristics of the hyporheic zone (HZ) which is an environment of exchange and acts as a modulating of connections between surface water flow and groundwater. This environment is responsible for the sustainability of the water supply through FM technology bringing together environmental aspects of hydrological, ecological and geochemical importance. Some processes that occur in this interface are influenced by communities of organisms found in the hyporheic sediments. The meiofauna has been associated with this environment, since it is responsible, directly or indirectly, for dynamic processes that aid in the purification of the quality of the recharge water.
Keywords: Meiofauna, Hyporheic Zone, Bank Filtration

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A zona hiporreica (ZH) é uma área de transição na interface rio-aquífero de grande importância para a recarga de água, pois permite a troca entre o ambiente superficial e o subterrâneo. Essa interação possui importância ecológica já que exerce uma influencia direta na qualidade da água superficial e subterrânea, possibilitando, assim, modificações químicas e biológicas.

A zona hiporreica é considerada um meio filtrante responsável pela atenuação natural de contaminantes que se estende desde ambientes superficiais aos subterrâneos (BRUNKE; GONSER, 1997). O abastecimento de água potável pode ser afetado por contaminantes encontrados nas fontes de água, existindo uma grande possibilidade do lençol freático ser atingido por poluentes através da passagem da água pela zona hiporreica. Ao atingir o ambiente hiporreico, alguns contaminantes ultrapassam essa camada e alguns resíduos ficam retidos nos sedimentos onde seus compostos químicos podem contribuir de forma significativa na qualidade do fluxo de água rio-aquífero (VERAS et al., 2016).

Os processos que ocorrem durante a passagem da água pelos interstícios do leito do rio atuam na atenuação natural dos poluentes, pois durante a percolação da água, diversas substâncias tóxicas e patogênicas podem ser eliminadas. Neste ambiente encontram-se diversos organismos, dando ênfase para a meiofauna que habitam interstícios de sedimentos do meio aquático (GIERE, 2009). Vale dizer que esses organismos intersticiais é um grupo que foi definido por Mare (1942), que se constitui de invertebrados que ficam retidos em peneiras de aberturas de malha que medem entre 0,042 mm e 0,5 mm.

A passagem da água do manancial superficial pela zona hiporreica está diretamente relacionada com alguns processos biológicos que envolvem a degradação da matéria pelo metabolismo dos microrganismos presentes no solo (SENS et al., 2006). Sendo assim, acredita-se que os processos microbianos potencializados pela presença da meiofauna em sistemas intersticiais de baixo fluxo, influencia o processo de modificação da qualidade da água de recarga. Com base nisso, durante a recarga natural do aquífero diversos contaminantes são removidos de forma eficiente pelos processos naturais de atenuação que ocorrem na zona hiporreica (VERAS et al., 2016).

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho propõe apresentar os conceitos de meiofauna hiporreica e a tecnologia de Filtração em Margem. Este trabalho também tem o intuito de mostrar resultados dos estudos realizados no rio Beberibe, envolvendo a avaliação da meiofauna existente no trecho de estudo compreendendo a área próxima a BR-101 até as margens da Estação Elevatória de Caixa d'Água.

Para uma análise da meiofauna hiporreica, além da escolha dos pontos a serem amostrados, faz-se necessário uma análise geral das condições pluviométricas para se obter uma relação mais fidedigna de uma análise espaço-temporal. Nas coletas de amostras, réplicas e tréplicas são ideais para aumentar o nível de confiança dos resultados.

As coletas dos sedimentos são feitas a partir de um amostrador cilíndrico (corer) sendo o seu diâmetro e sua profundidade em centímetros variáveis, a depender do objetivo do trabalho. As amostras devem ser acondicionadas em recipientes identificados e fixadas em formaldeído, geralmente a 4%. Posteriormente os sedimentos são lavados com peneiras geológicas de diferentes aberturas de malha, destacando aqui a abertura de 500 μm, que é a que separa a macrofauna da meiofauna. Após a lavagem o material precisa ser fixado e corado para então, ser triado com o auxílio de lupa ou em alguns casos, microscópio, para a identificação.

Para a diferenciação das diversidades espaciais entre as comunidades meiofaunísticas, uma matriz de similaridade de Bray-Curtis e a ordenação por escalonamento multidimensional (MDS) são muito utilizadas. O MDS é um guia para o entendimento dos tratamentos, funcionando como um mapa e satisfazendo diferentes condições impostas pela matriz de similaridade (CLARKE; WARWICK, 2001). A estrutura da comunidade meiofaunística pode ser observada através de análises de variância semi-paramétrica baseada em permutações a partir de uma matriz de similaridade (PERMANOVA) para melhor entendimento e visualização das diferenças significativas entre as amostras.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Meiofauna hiporreica

voltar ao
SUMÁRIO

A zona hiporreica forma um ecossistema único e bastante dinâmico e ao mesmo tempo em que é influenciada, também influencia de maneira significativa o fluxo e a qualidade da água subterrânea (LAWRENCE et al., 2013), favorecendo, então, o estabelecimento de alguns organismos como a meiofauna (Figura 1).

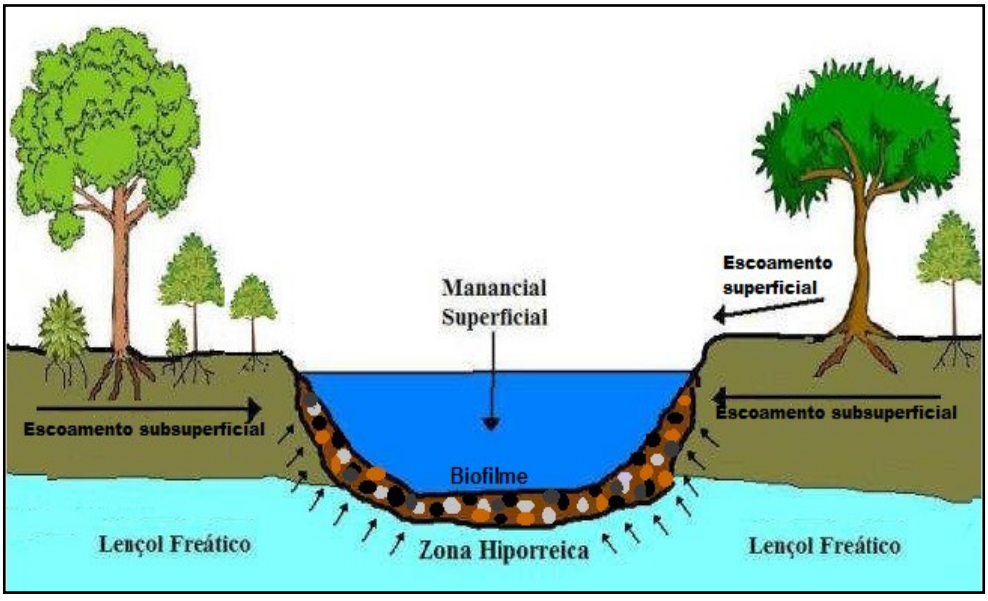


Figura 1 – Esquematização da Zona hiporreica. **Fonte**: Veras (2017).

Por ser uma zona de transição, o habitat hiporreico é considerado um dinâmico ecótono que apresenta características de ambas as áreas adjacentes e abrange uma única e diversa fauna de invertebrados (LEIGH et al., 2013), constituindo-se por espaços intersticiais que existem entre as partículas do leito. A meiofauna hiporreica destaca-se por ter a morfologia, fisiologia e características de história de vida que têm se desenvolvido para explorar a matriz intersticial dos sedimentos.

A composição sedimentar da zona hiporreica pode ser muito influente para a meiofauna, pois a distribuição da meiofauna hiporreica é influenciada pelo tipo de sedimento que compõe o ambiente intersticial. Sendo assim, as análises granulométricas além de auxiliar na identificação dos sedimentos grossos e finos também vão ajudar na caracterização da comunidade meiofaunística. Nesse contexto, alguns estudos caracterizaram os sedimentos

voltar ao
SUMÁRIO

para associar as características granulométricas com a composição da meiofauna (HAUER; LAMBERTI, 2007; VERAS et al., 2017).

Para sobreviver no ambiente hiporreico a biota deve se especializar em traços biológicos específicos. De acordo com Datry (2012), a capacidade de escavar o substrato, navegar na ausência de luz e obter sustento das fontes alimentares relativamente limitadas disponíveis, tais como micróbios e matéria orgânica parcialmente em decomposição, são algumas características de organismos hiporreicos.

Huang et al. (2014) afirmam em seus estudos que alimentos como matéria orgânica e até mesmo o oxigênio são limitados e a distribuição da meiofauna geralmente se encontra nas camadas mais superficiais, justamente por serem mais ricas em oxigênio e matéria orgânica. Essa maior riqueza de oxigênio e nutrientes levam os organismos a habitarem com maior abundância as camadas mais superficiais (GIERE, 2009). Por ter oxigênio e alimento limitados, a água subterrânea tem também uma meiofauna mais restrita, já que para sobreviver a esse ambiente são necessárias adaptações morfológicas e fisiológicas.

Stubbington et al. (2012) afirmaram que alguns desses organismos utilizam a zona hiporreica como um refúgio apenas quando as condições na superfície se tornam desfavoráveis, como durante inundações, secas, ou até mesmo períodos em que a qualidade da água está prejudicada. Isso é um dado importante, pois enfatiza a importância de entender o comportamento e a distribuição de diferentes espécies em condições ambientais variadas.

De maneira geral, para a coleta de organismos meiofaunísticos, pequenas amostras já são suficientes visto que com uma pequena quantidade de sedimento hiporreico é possível quantificar muitos indivíduos e espécies diferentes (BETT, 1988).

3.2 Diferentes parâmetros para o estudo da meiofauna hiporreica

Estudos de Veras et al. (2017) comprovam a importância de um entendimento aprofundado acerca da zona hiporreica e sua interação com os organismos bentônicos ali existentes. Ainda nesse estudo, 94% dos organismos presentes nos sedimentos hiporreicos encontraram-se no ponto situado em uma área urbanizada e poluída, levando a acreditar desses serem alguns dos motivos para maior presença da comunidade meiofaunística, visto

voltar ao
SUMÁRIO

que o lançamento de dejetos doméstico no manancial do rio estudado aumenta a disponibilidade alimentar para os organismos.

Como supracitado, é importante destacar que nesse mesmo estudo as relações das estações do ano e características pluviométricas com as respectivas coletas foram extremamente importantes: em algumas vezes observaram-se mais organismos no período seco do que no período de estiagem, e em outras o período de estiagem havia uma maior quantidade de organismos do que no período chuvoso. Fatores climatológicos também são responsáveis por variações sazonais na estrutura da comunidade da meiofaunística (SANTOS et al., 1996). De acordo com as análises PERMANOVA realizadas, a estrutura da comunidade meiofaunística apresentou diferenças significativas nas densidades dos organismos em diferentes estações do ano. Isso nos mostra que diferenças pluviométricas acarretam alterações nas densidades dos organismos do sedimento hiporreico, sendo um dado relevante para futuras pesquisas.

Em outro estudo realizado no mesmo ano e do mesmo autor, Veras et al. (2017), afirmam que o tipo de sedimento é um dos principais fatores que irão determinar a composição e a distribuição meiofaunística, visto que características dos grãos são determinantes das variáveis como a quantidade de oxigênio disponível no sedimento (GIERE et al., 1988). Neste trabalho realizado, a maior abundância de organismos foi encontrada nos pontos que apresentaram os sedimentos com grãos mais grossos, pois segundo Fenchel e Riedl (1970), a baixa permeabilidade e baixos níveis de oxigênio geram uma abundância meiofaunística reduzida.

Um fator também relevante é a escolha dos pontos a serem coletados. Carvalho Filho (2016) observou que os valores da abundância dos pontos de coleta na margem e no leito do rio foram significativamente diferentes e levaram à variações importantes, tendo a margem 490,2 indivíduos e o leito do rio 1973,8 indivíduos.

Um dos estudos de Hoffmann e Gunkel (2011) deu-se sobre processos de colmatação e caracterização da meiofauna na zona litoral do Lago de Tegel, que está significativamente envolvido na FM. Nesse estudo os nematóides dominaram a comunidade meiofaunística e a abundância de organismos diminuiu continuamente com o aumento da profundidade de sedimentos. Atrelado a esses estudos, Santos et al. (2017) observaram que a abundância de

meiofauna hiporreica diminuiu com o aumento da profundidade, tendo a riqueza dos filos nas camadas entre 0 a 5 cm maiores que as de 5 a 10 cm.

3.3 Filtração em Margem

A FM é considerada uma técnica de tratamento de água alternativa e de baixo custo: além de minimizar a utilização de produtos químicos, permite também a troca entre as águas superficiais e subsuperficiais. A FM utiliza poços situados próximos às margens dos rios com materiais de sedimentos das margens e leitos como filtro natural, o que reduz significativamente a concentração de poluentes encontrados nas águas superficiais (YAO et al., 2015).

O sucesso da técnica de Filtração em Margem (FM) irá depender das características da zona hiporreica, tendo esta ZH, responsabilidade para sustentar o abastecimento de água através dessa técnica, refletindo diretamente na produção do sistema e na velocidade de percolação da água. Além da velocidade do fluxo, a zona hiporreica também influencia diretamente na qualidade da água atrelada a tecnologia FM.

Segundo Berkhoff, Bork e Hahn (2009), a qualidade da água da FM é influenciada por diversos processos sendo fundamental o seu monitoramento adequado a fim de obter um conhecimento das interações locais e dos processos que as influenciam.

Os sistemas de Filtração em Margem reduzem consideravelmente a concentração de poluentes presentes na água de superfície devido a processos físico-químicos e biológicos que consequentemente atuam na melhoria de qualidade da água (HISCOCK; GRISCHEK, 2002) ou pelo menos podem ser um passo importante de pré-tratamento aos tratamentos convencionais de água para o abastecimento público (RAY et al., 2002), garantindo sustentabilidade no fornecimento de água potável.

A Filtração em Margem também é vista como uma barreira para alguns microrganismos retendo-os através de materiais arenosos e porosos existentes na zona hiporreica. Nesse processo de infiltração, os organismos da ZH se correlacionam com a entrada e o volume de matéria orgânica natural (MON), e os seus processos físicos e químicos corroboram na purificação da água (MAENG et al., 2010). Junto a isso, os processos

voltar ao
SUMÁRIO

biológicos como filtração natural relacionados com a FM conseguem remover muitos compostos indesejáveis e ainda obter uma melhor qualidade de água. (KEDZIOREK et al., 2008).

Por ser uma alternativa bastante promissora, a técnica de Filtração em Margem tem sido objeto de uma grande quantidade de pesquisas por todo o mundo (KOVAČEVIĆ et al., 2016; REGNERY et al., 2015). Sua eficiência em sistemas de tratamento de água e principalmente seu baixo custo enfatizam a importância do processo.

3.4 A meiofauna e a Filtração em Margem na melhoria da qualidade de água

Os benefícios da técnica de FM dependem diretamente das características da zona hiporreica, sendo esse ambiente de grande importância para compreensão dos processos que acontecem durante a FM. Entre vários processos físicos, químicos e biológicos ocorridos durante a passagem da água pela interface rio-aquífero, a maioria deles são responsáveis pela alteração da qualidade da água de recarga que envolvem a meiofauna, caracterizando o chamado reator biogeoquímico.

A estrutura da meiofauna hiporreica é pouco estudada no Brasil principalmente em ambientes de água doce. A compreensão das características da meiofauna que habita o ambiente hiporreico e sua relação com a técnica de FM é de suma importância para o melhor entendimento da contribuição desses organismos na depuração dos micropoluentes presentes na água superficial que, ao percolar para o meio poroso, desencadeia processos biológicos e químicos que influenciam diretamente na qualidade da água de recarga para aquíferos.

Muitos fatores biológicos como temperatura, oxigênio, matéria orgânica e outros, nos permite uma avaliação de possíveis distúrbios e contaminantes no ambiente hiporreico. Nesse sentido, sabe-se que as comunidades de organismos que habitam esta zona podem alterar, de certa forma, a porosidade através de suas atividades biológicas.

Colmatação é um processo que pode ter origem química, física ou biológica, podendo ser causado pelo acúmulo de microrganismos ou deposição de partículas finas e sólidas. Esse processo diminui a permeabilidade dos sedimentos e afeta a infiltração de águas superficiais e subterrâneas.

voltar ao
SUMÁRIO

Conforme estudos de Dash et al. (2008), na colmatação de lagos pela Filtração em Margem os organismos bentônicos comem a camada colmatada, ajudando assim no processo de "limpeza" das margens. Esse fato, de certa forma, evidencia a importância da meiofauna hiporreica no processo de FM, sendo esses organismos grandes responsáveis pela limpeza do biofilme que além de aumentar a capacidade de drenagem do meio poroso na interface rio-aquífero, também ajuda no tratamento natural da água.

Como a meiofauna é considerada heterogênea, modificações sejam elas pequenas ou não, levarão a mudanças que a partir da observação da ecologia das comunidades, encaminhará ao conhecimento e a um estudo fiel acerca desses organismos. Essa condição é possível visto que a ecologia das comunidades meiofaunísticas contribui nas análises de poluentes que possam estar presentes na água.

Dessa forma, a meiofauna é considerada uma medida adequada para a avaliação das condições hidrológicas, bem como para a avaliação do impacto das águas de superfície em águas subterrâneas e, consequentemente, são adequados para uso na avaliação de vulnerabilidade (BERKHOFF; BORK; HAHN, 2009). A qualidade da água afeta tanto os organismos aquáticos quanto a saúde humana. Um estudo detalhado da meiofauna hiporreica pode ser um grande avanço para contribuição de estudos ambientais, principalmente quando relacionados a técnicas naturais de atenuação de contaminantes, como é o caso da FM.

3.5 Estudo de caso do Rio Beberibe

Em meados de 2007 um projeto piloto de Filtração em Margem foi instalado no bairro de Caixa d'Água, na cidade de Olinda, no terreno da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento), para avaliação da técnica sob condições geológicas e hidrológicas locais. Esse projeto está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Beberibe que possui uma área de 75,45 km², delimitadas pelas coordenadas UTM 9115500 m a 9116000 m Norte e 289500 m a 290000 m Leste.

Nessa referida Bacia, ocorrem diversas atividades antrópicas que afetam a qualidade da água superficial. Essas atividades são resumidas em industriais, agrícolas, urbanas, além do desmatamento ciliar e a presença de lixões aos arredores.

voltar ao
SUMÁRIO

A escolha por esse ponto deu-se pelos motivos acima de poluição e pelo fato do aquífero Beberibe ser considerado a formação mais importante em termos de armazenamento de água. (CABRAL et al., 2008) Além desses fatores, essa área também existe dois fragmentos de Mata Atlântica que são Unidades de Conservação (UC): Reservas Ecológicas de Passarinho e Dois Unidos, contudo há muita urbanização no entorno da área escolhida, devastando a vegetação.

Periodicamente são realizadas atividades na estação experimental para o acompanhamento e manutenção do sistema de Filtração em Margem e dos aspectos físicos, químicos e biológicos envolvidos nessa técnica. Três pontos têm sido usados para as análises da zona hiporreica. A Figura 2 mostra o local aproximado desses três pontos: O Ponto 1 localiza-se próximo a BR-101, o Ponto 2 ao longo do rio no bairro Caixa d'Água, e o Ponto 3 próximo a Estação Elevatória Caixa d'Água (EE).

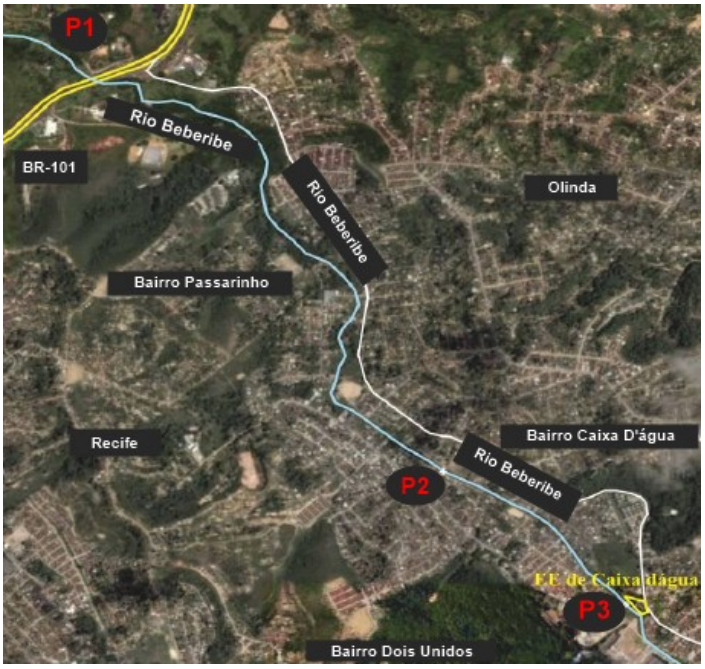


Figura 2 – Rio Beberibe e os três pontos de coleta das amostras. **Fonte**: O autor (2017).

Um estudo sobre a meiofauna hiporreica e a influência que esses organismos têm sobre a técnica de Filtração em Margem está sendo desenvolvida em um trecho do rio Beberibe. Freitas (2018) analisou três pontos do Rio Beberibe, onde os sedimentos

voltar ao
SUMÁRIO

hiporreicos foram coletados em diferentes profundidades: 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm e 8-10 cm. O somatório das amostras apontou os grupos dominantes da meiofauna hiporreica nos respectivos pontos, sendo rotíferas representadas por 2%, nematódeos por 41%, anelídeos por 54% e o grupo de outros táxons foi representado por 3% do total de organismos encontrados.

No mesmo trecho do rio Beberibe, Veras et al. (2017), caracterizaram a meiofauna hiporreica e considerando os 3 pontos analisados, o grupo de rotífera representou 88% do total de indivíduos, em seguida os anelídeos e nematódeos que corresponderam a 4%. Os autores também analisaram a distribuição temporal da comunidade meiofaunística encontrando variações consideráveis entre os pontos nas diferentes estações do ano, onde no verão foram observados mais organismos do que no inverno.

O experimento que está sendo desenvolvido nas margens do rio Beberibe - PE tem conseguido avanços significativos, sendo de fundamental importância a continuidade das análises meiofaunísticas para obter informações mais precisas sobre o ambiente hiporreico e identificar sua influência na qualidade de água. A Figura 3 mostra uma das amostras fixada e devidamente corada para triagem da meiofauna hiporreica do rio Beberibe.

Figura 3 – Exemplo de amostra meiofaunística analisada. **Fonte**: O autor (2017).

Estudos sobre a técnica FM vêm sendo realizados na estação experimental através de pesquisas que envolvem os aspectos físicos, químicos e biológicos. Acredita-se que a

voltar ao
SUMÁRIO

tecnologia FM pode ser utilizada como um pré-tratamento das águas do rio Beberibe, pois o mesmo encontra-se bem contaminado, principalmente pela descarga constante de águas residuais domésticas. A linha investigativa relacionada à meiofauna hiporreica está avançando nas pesquisas através de novos estudos, pois se acredita que uma melhor compreensão dos aspectos que envolvem a meiofauna hiporreica com a melhoria da qualidade de água é de grande importância para uma melhoria na aplicação da técnica de Filtração em Margem por permitir uma melhor compreensão acerca da complexidade dos processos que envolvem a dinâmica meiofaunística da zona hiporreica.

4 CONCLUSÃO

As variáveis ambientais que causam influência na composição da zona hiporreica devem ser bem compreendidas, pois são essenciais para um entendimento dos processos que ocorrem durante o processo de Filtração em Margem, inclusive processos que modificam a qualidade da água que envolve a meiofauna. É importante ressaltar que há diversos parâmetros que atuam junto com a meiofauna e os sedimentos hiporreicos e dentre eles destacam-se o local coletado, a profundidade a ser amostradas, as características pluviométricas e os tipos de sedimentos. É preciso levar em consideração que nos períodos de chuva ocorre perturbações nos sedimentos, gerando uma desestabilidade dos organismos.

O aprofundamento do estudo e conhecimento sobre a zona hiporreica é fundamental para o entendimento de processos que ocorrem nesta zona, incluindo os processos biológicos com os organismos existentes e a sua influência sobre a aplicação da técnica de filtração em margem diretamente atrelado a modificação da qualidade da água.

O projeto piloto de Filtração em Margem que se encontra nas margens do rio Beberibe - PE tem contribuído para se obtiver respostas aos parâmetros analisados e entender a sua relação na atenuação de contaminantes.

Perspectivas futuras destacam a utilização da zona hiporreica como foco de purificação da qualidade da água favorecendo a saúde humana e a ecologia de habitats. Visto que a técnica de Filtração em Margem depende diretamente das características da zona hiporreica. O aprofundamento do conhecimento acerca desse ambiente é ideal para se obtiver

voltar ao
SUMÁRIO

uma melhor compreensão de sua contribuição na depuração dos micropoluentes presentes nas águas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de recursos hídricos – CTG – UFPE, ao laboratório de dinâmica de populações de invertebrados bentônicos – LABDIN - UFPE. À FACEPE, CAPES e ao CNPq pelo apoio nas diversas fases do projeto de pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

BERKHOFF, S.E; BORK, J; BORK, H. J. Groundwater fauna as an indicator of surface water-groundwater interactions at a riverbank filtration site. **Grundwasser,** v. 14, n. 1, p. 3-20, 2009.

BETT, B. Monitoring with meiofauna. **Marine Pollution Bulletin,** v. 19, n. 6, p. 293-294, 1988.

BORK, J; BERKHOFF, S.E; BORK, S; HAHN, H. J. Using subsurface metazoan fauna to indicate groundwater-surface water interactions in the nakdong river floodplain, south korea. **Hydrogeology Journal**, v. 17, n. 1, p. 61-75, 2009.

BRUNKE, M; GONSER, T. The ecological significance of exchange processes between rivers and ground-water. **Freshwater Biology**, v.37, p.1–33. 1997.

CABRAL, J., FARIAS, V., SOBRAL, M., PAIVA, A. & SANTOS, R. Groundwater management in Recife. **Water International,** v. 33, n. 1, p. 86–99, 2008.

CARVALHO FILHO, J.A.A. **Tecnologia de filtração em margem para complementação do abastecimento público da Região Metropolitana do Recife - PE.** Monografia (Ciências biológicas-ambientais), 2016. Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, 73p, 2016.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Ordination of samples by Mult- Dimensional Scaling (MDS). In: Change in marine communities: An approach to Statistical Analyses and Interpretation.** 2nd edition, PRIMER -E Ltd - Plymouth Marine Laboratory, UK, 2001.

DASH, R. R. et al. Lake bank filtration at Nainital, India: water-quality evaluation. **Hydrogeology Journal**, v. 16, n. 6, p. 1089-1099, 2008.

DATRY, T. Benthic and hyporheic invertebrate assemblages along a flow intermittence gradient: Effects of duration of dry events. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 3, p. 563-574, 2012.

FENCHEL, T.M.; RIEDL, R.J. The sulfide system: a new biotic community underneath the

voltar ao
SUMÁRIO

oxidized layer of marine sand bottom. **Marine Biology**, v. 7, p. 225- 268, 1970.

FREITAS, J.B.A. **Caracterização da zona hiporreica no trecho médio do rio Beberibe considerando aspectos biológicos e sedimentológicos**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil), 2018. Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, 145 p, 2018.

GIERE, O.; ELEFTHERIOU, A. & MURISON, D. J. Abiotic factors. In: HIGGINS, R.P. & THIEL, H. (eds). **Introduction to the study of meiofauna**. Washington, D. C: Smithsonian Institution Press, p. 61-78, 1988.

GIERE, O. **Meiobenthology: The Miscroscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments.** Hamburg, Springer Science & Business Media, 527(p), 2009.

HAUER, F.R; LAMBERTI, G.A**. Methods in Stream Ecology.** USA, Academic Press, 2 ed. 896p, 2007.

HISCOCK, K. M.; GRISCHEK T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. **Journal of Hydrology,** v. 266, n. 3-4, p. 139-144, 2002.

HOFFMANN, A; GUNKEL, G. Bank filtration in the sandy littoral zone of Lake Tegel (Berlin): Structure and dynamics of the biological active filter zone and clogging processes. **Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters**, v. 41, n. 1, p. 10-19, 2011.

HUANG, D; LIU, X.; LIN, M; CHEN, H; WEI, L; HUANG, L; ZHANG, Z. Effects of sewage discharge on abundance and biomass of meiofauna. **Yingyong Shengtai Xuebao**, v. 25, p. 3023-3031, 2014

KEDZIOREK, M. A. M; GEOFFRIAU, S; BOURG, A. C. M. Organic matter and modeling redox reactions during river bank filtration in an alluvial aquifer of the Lot River, France. **Environmental Science Technology**, v.42, n.8, p. 2793–2798, 2008.

KOVAČEVIĆ, S.;RADIŠIĆ, M; LAUŠEVIĆ, M; DIMKIĆ, M. Occurrence and behavior of selected pharmaceuticals during riverbank filtration in The Republic of Serbia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 2, p. 2075-2088, 2017.

LAWRENCE, J; SKOLD, M.E; HUSSAIN, F.A; SILVERMAN, D.R; RESH, V.H; SEDLAK, D.L; LUTHY, R.G.; MCCRAY, J.E. Hyporheic Zone in Urban Streams: A Review and Opportunities for Enhancing Water Quality and Improving Aquatic Habitat by Active Management. **Environmental Engineering Science**, v. 30, n. 8, p. 480-501, 2013.

LEIGH, C.; STUBBINGTONB, R.; SHELDONA, F.; BOULTONC, A.J. Hyporheic invertebrates as bioindicators of ecological health in temporary rivers: A meta-analysis. **Ecological Indicators,** v. 32, p. 62-73, 2013.

MAENG, S. K; AMEDA, E; SHARMA, S. K; GRÜTZMACHER, G; AMY, G. Organic micropollutant removal from wastewater effluent-impacted drinking water sources during

bank filtration and artificial recharge. **Water Research**, v.44, n.14, p.4003–4014, 2010

MARE, M.F. A study of marine benthic community with special reference to the microorganisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.25, p.517–554, 1942.

RAY, C.; MELIN, G.; LINSKY, R. (Org.). Riverbank Filtration: improving source-water quality. Dordrecht. **The Netherlands: Kluwer Academic Publishers**, Vol. 43, 2002.

REGNERY, J.; BARRINGER, J.; ALEXANDRE D. WING, A. D.; HOPPE-JONES, C.; TEERLINK, J.; DREWES, J. E. Start-up performance of a full-scale riverbank filtration site regarding removal of DOC, nutrients, and trace organic chemicals. **Chemosphere**, v. 127, p. 136-142, 2015.

SANTOS, P.J.P.; CASTEL, J.; SOUZA-SANTOS, L.P. Seasonal variability of meiofaunal abundance in the oligo-mesohaline area of the Gironde Estuary, France. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 43, p. 549-563. 1996.

SANTOS, S.N.; ASSIS, M.O.; CABRAL, J. J. S. P.; VERAS, T.B.; FREITAS, J.B. Considerations about the hyporheic meiofauna in a section of the Beberibe River – Pernambuco, Brazil**. Anais...**. In: Jornada da Zoologia UPE. 2017

SENS, M. L.; DALSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. Filtração em margem. In: PÁDUA, V. L. (coord). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano.** Rio de janeiro: ABES- Prosab 4, p.173-236, 2006.

STUBBINGTON, R. The hyporheic zone as an invertebrate refuge: a review of variability in space, time, taxa and behaviour. **Marine and Freshwater Research,** v. 63, n. 4, p. 293, 2012.

VERAS, T. B. A. **Caracterização física e biológica da zona hiporreica na interação rio-aquífero no Rio Beberibe – Pernambuco.** Tese de Doutorado (Engenharia civil) Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

VERAS, T. B. A. et. al. O Papel do sistema biogeoquímico do leito de um rio urbano para melhoria da qualidade da água . **Anais...**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2016.

VERAS, T. B.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L. R; BARRETO, A. F. S., Interação rio-aquífero e a meiofauna do ambiente hiporreico. **Águas Subterrâneas,** v. 31, n. 1, p. 20-35, 2017.

VERAS, T. B. A., CABRAL, J. J. D. S. P., DE PAIVA, A. L. R., CARVALHO FILHO, J.A.A., SANTOS, S.N. Recarga induzida através do bombeamento nas margens e o papel da meiofauna no leito poroso. **Anais…** In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

YAO, Y.; HUANG, X.; LIU, J.; ZHENG, C.; HE, X.; LIU, C. Spatiotemporal variation of river temperature as a predictor of groundwater/surface-water interactions in an arid watershed in China. **Hydrogeology Journal,** v. 23, n. 5, p. 999-1007, 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 24
A PERCEPÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

THE PERCEPTION OF THERMAL COMFORT IN SEMIARID PERNAMBUCANO

Ana Paula Xaveir de Gondra Bezerra *, Fabricio Ângelo Gabriel, Henrique Albuquerque de Castro, João Hugo Baracuy da Cunha Campos, Romildo Morant de Holanda**

*Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco -UFRPE, Brasil * (Autor Correspondente)*
*Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Doutor em Recursos Naturais, Universidade Federal Rural de Pernambuco -UFRPE, Brasil. ** (Professor Orientador)*

RESUMO
O semiárido possui características peculiares, como a escassez de chuvas por tempo indeterminado. Atrelado a isso, influencia diretamente na temperatura devido aumento de espaços sem cobertura vegetal o que colabora com o desconforto térmico. O objetivo foi analisar a percepção da população com relação ao conforto térmico nas cidades de Serra Talhada e Petrolina, a fim de investigar as possíveis práticas de educação ambiental. Foi aplicado questionários na plataforma *google* e difundido nas redes sociais. Foram obtidas 52 repostas válidas. Dentre os entrevistados, 68% foram do sexo feminino, dentre 21 a 30 anos. A maioria dos entrevistados alegou saber o que é conforto térmico, e encontrava se com muito calor no turno matutino em Serra Talhada, já em Petrolina os turnos vespertino e noturno. Em decorrência dessa sensação, 38% destacaram que estava levemente inconfortável no período da manhã para Serra Talhada e tarde/noite para Petrolina. Neste contexto, 68% gostariam de estar bem mais refrescado naquele momento. Assim, a situação de desconforto térmico está mais impactante no município de Petrolina e a educação ambiental pode atuar como um importante instrumento nas ações para minimizar o consumo de energia e utilizar novas tecnologias para melhorar a qualidade de vida.

Palavras-Chaves: Temperatura, Ambiente de Conforto, Nordeste do Brasil.

ABSTRACT
The semiarid has peculiar characteristics, as the scarcity of rainfall for an indeterminate time. Linked to this, it directly influences the temperature due to the increase of spaces without vegetation covering contributes to the thermal discomfort. The objective was to analyze the perception of the population regarding thermal comfort in the cities of Serra Talhada and Petrolina, in order to investigate the possible practices of environmental education. Questionnaires were applied on the google platform and disseminated on social networks. Fifty-two valid responses were obtained. Among the interviewees, 68% were female, between 21 and 30 years old. Most of the interviewees claimed to know what thermal comfort was, and found themselves very hot in the morning shift in Serra Talhada, already in Petrolina the evening and night shifts. As a result of this sensation, 38% pointed out that it was slightly uncomfortable in the morning for Serra Talhada and late / night for Petrolina. In this context, 68% would like to be much more refreshed at that time. Thus, the thermal discomfort situation is more striking in the municipality of Petrolina and environmental education can act as an important instrument in actions to minimize energy consumption and use new technologies to improve the quality of life.

Keywords: Temperature, Comfort Environment, Northeastern Brazil.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil (NEB) é conhecido como uma região seca, sendo a agricultura de sequeiro a atividade de sobrevivência da maioria da população que ali habita (SILVA et al. 2011). O clima semiárido se estende por vários Estados brasileiros, ocupando cerca de 86% da região Nordeste e se prolongando para o Sudeste, Minas Gerais e Espírito Santo, totalizando área de 974.752Km² (NÓBREGA et al. 2011).

Azevedo, Silva e Rodrigues (1998) destacam que, do ponto de vista climático, NEB possui características peculiares para ser considerada semiárida como as variações, temporal e espacial, da precipitação pluviométrica e as elevadas temperaturas ao longo do ano. Segundo Silva et al. (2011) a precipitação pode variar notavelmente dentro de alguns quilômetros de distância e em escala de tempos diferentes, e com a escassez de chuva, são visíveis os problemas enfrentados pela sociedade e pelos ecossistemas naturais.

Por outro lado, o aumento da globalização traz consequências negativas para o clima e para a população. De acordo com Lundgren et al. (2014), o crescimento das cidades traz o aumento de áreas calçadas com cimento e concreto, de modo que haja diminuição da área de absorção da água da chuva e da cobertura vegetal que recebe radiação solar e favorece na condição térmica do ar, amenizando-a. Neste aspecto, os fatores ambientais estão intimamente ligados a sensação de conforto, acrescentando ainda os fatores fisiológicos, pessoais e subjetivos (preferências térmicas) que são condições precursoras na resposta humana ao ambiente térmico (GRANDI, 2006).

Cabe salientar que é previsto que as regiões semiáridas, no mundo, sejam as mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. No Brasil os principais pontos a serem analisados são os impactos referentes ao meio ambiente (perda da biodiversidade, secas extremas), o social (migração em massa, exposição a doenças) e as condições socioeconômicas (redução de empregos, diminuição da renda) (VENTURA; ANDRADE, 2011). Os autores ainda mencionam a importância de projetos sociais no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável com relação à mitigação e adaptação das alterações climáticas.

De modo geral, o conforto térmico é adquirido por trocas térmicas que se submetem a diversos fatores, dirigido por processos físicos como condução, evaporação, convecção e radiação (ANDRADE, 1996). O conforto ambiental, segundo Nogueira et al. (2005), quando relacionado à arquitetura e o ambiente construído, é composto por algumas partes como:

voltar ao
SUMÁRIO

conforto térmico, visual, acústico e ergonômico, sendo o primeiro o responsável pela maior parcela do conforto ambiental nos diversos estabelecimentos.

Os estudos ligados à questão ambiental, mesmo não sendo recentes, ganham destaque perante a sociedade quando ocorrem desequilíbrios e o aumento do índice de degradação do meio ambiente, sendo acarretados pelo avanço tecnológico e ausência de conscientização do ser humano em face dos recursos naturais (BRASILEIRO, 2009).

Diversas pesquisas estão sendo desenvolvidos para melhor entender a situação dos municípios e sugerir um planejamento adequado, de modo que a população possua qualidade de vida e que o impacto ao ambiente seja o menor possível (MARTINI et al., 2014). Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar a percepção da população com relação ao conforto térmico nas cidades do semiárido pernambucano a fim de investigar as possíveis práticas de educação ambiental, bem como analisar a flutuação da série histórica da temperatura e umidade relativa nos municípios de Serra Talhada e Petrolina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A região semiárida abrange 980 mil km² do território brasileiro, se distribui dentre 1.133 munícipios, se alastrando pelo norte do Estado de Minas Gerais e em oito dos nove Estados da região Nordeste (LINDOSO; EIRÓ; ROCHA, 2013). Essa região é definida por clima seco e quente, com evapotranspiração por superior aos 2.700 mm/ano e possuindo solos geralmente pobres e com capacidade baixa de retenção de umidade (SILVA; GUIMARÃES FILHO, 2006) (Figura 1).

voltar ao
SUMÁRIO

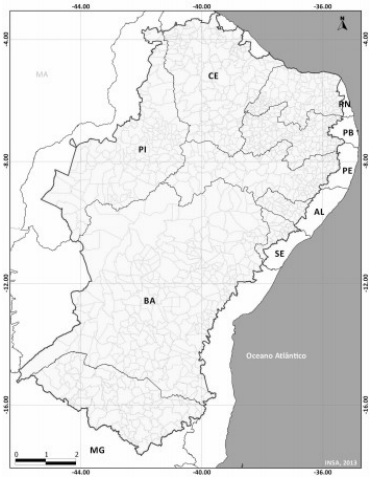


Figura 1 - Região semiárida. **Fonte**: INSA 2013.

O município de Petrolina se localiza no sertão pernambucano, inserido na mesorregião do São Francisco e na microrregião Petrolina do Estado de Pernambuco, possuindo limites ao norte com Dormentes, a sul com Estado da Bahia, a leste com Lagoa Grande, e a oeste com Estado da Bahia e Afrânio (CPRM, 2005). Possui grande área territorial com, aproximadamente, em 4.561,872Km² (CASTRO; SANTOS, 2015).

A região de Petrolina é castigada por secas severas, podendo durar dois ou mais anos, ou podendo ter excesso de chuvas em anos diferentes (INSA, 2011). De acordo com Medeiros et al. (2015), a seca é proveniente de interação de diversos fatores, podendo ser externos à região (envolve o processo de circulação dos ventos e as correntes marinhas que, quando relacionado ao movimento atmosférico, impede a formação de nuvens de chuvas), e de outros externos (principalmente com a vegetação pouco robusta, a reflexidade alta do solo e a topografia).

O município de Serra Talhada também está localizado no semiárido pernambucano, na parte setentrional da microrregião do Pajeú, porção Norte do Estado de Pernambuco, fazendo limites ao Norte, com o Estado da Paraíba, ao Sul, com a cidade de Floresta, a leste com Calumbi, Betânia e Santa Cruz da Baixa Verde e, a oeste, com São José do Belmonte e Mirandiba (CPRM, 2005). O município fica aproximadamente a 418 km da Capital, Recife, com altitude de 500m e apresenta temperatura média anual de 37ºC, com precipitação variando de 450-750 mm entre março e maio (SILVA et al., 2009). A vegetação é formada, basicamente, por Caatinga Hiperxerófita com trechos de Floresta Caducifólia (CPRM, 2005), apresentando estrato arbóreo arbustivo e herbáceo (árvores de até 12m) bastante

voltar ao
SUMÁRIO

desenvolvidos (SILVA et al., 2009).

A cidade de Serra Talhada, assim como Petrolina, está inserida na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, apresentando paisagem típica do semiárido nordestino, caracterizada por superfície de pediplanação bastante monótona, com relevo suave-ondulado, basicamente (FARIAS, 2014).

2.2 Coleta de Dados

2.2.1 A Percepção do conforto térmico de cidades do semiárido pernambucano –

Foi realizado em dezembro de 2016, aplicação de um questionário semiestruturado, o que verificou as variáveis humanas, ambientais e outras variáveis. A partir do alcance dos questionários, foram selecionadas as duas cidades com maior número de questionários respondidos para a realização da análise das variáveis ambientais relativos à sensação térmica.

Deste modo, para avaliar a percepção de conforto térmico da população do semiárido pernambucano, foi utilizado um questionário previamente elaborado com 15 perguntas, seguindo as normas da ISO 10551/95. Para as coletas dos dados, os questionários elaborados pela plataforma de formulários do *google* e distribuídos de forma virtual nas redes sociais nos grupos de municípios que fazem parte da região semiárido do Estado de Pernambuco.

Variáveis como cidade onde reside, sexo, altura, peso e idade serviram de parâmetro de representatividade da população e perfil do público. O público alvo da presente pesquisa foi moradores do semiárido pernambucano abrangendo, principalmente, a população dos municípios de Serra Talhada e Petrolina.

O questionário relacionou os seguintes assuntos: o conhecimento sobre conforto térmico, a sensação térmica sentida no momento e a maneira que se sente, como gostaria de estar se sentindo e o que faz para melhorar o seu próprio conforto e as condições da cidade, além de responderem sobre a eficácia de educação ambiental no entendimento sobre o que é sensação térmica. Após o encerramento do prazo da coleta foi feita a compilação e análise dos dados obtidos, através de planilhas informatizadas.

2.2.2 Análise do desconforto térmico das cidades

Foram coletados por meio da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia

voltar ao
SUMÁRIO

(INMET) dados referentes às seguintes variáveis ambientais: temperatura e umidade relativa do ar. Foram extraídos da plataforma os dados referentes ao dia da pesquisa (11, 12 e 13 de dezembro de 2016) para realizar um comparativo com a pesquisa de percepção do conforto térmico.

Para analisar o nível de conforto térmico utilizou-se o índice bioclimático proposto por Thom (1959) para descrever a percepção da sensação térmica de uma pessoa que vivencia às condições climáticas ambientais. Este índice oferece medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar. Ele se baseia na seguinte equação:

$$IDT = T - (0{,}55 - 0{,}0055\ UR)\ (T - 14{,}5)$$

Onde T é a temperatura do ar (ºC) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Na caracterização do nível de desconforto térmico aplicou-se a classificação proposta por Giles et al. (1990) e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

DESCRIÇÃO	CLASSES DO DESCONFORTO (IDT)
Bem-estar	IDT < 21
Menos de 50% da população possui um ligeiro desconforto	21 < IDT > 24
Outros 50% da população possui um crescente desconforto.	24 ≤ IDT ≥ 27
A maioria da população possui um relativo desconforto e há significativo deterioramento da condição psicofísica	27 ≤ IDT ≥ 29
Todos possuem um forte desconforto.	29 ≤ IDT ≥ 32
Estado de emergência médica, um desconforto muito forte.	IDT ≥ 32

Fonte: Thom; Bosen (1959).

Para calcular o índice Thom (1959) foi necessário realizar uma média das temperaturas dos dados históricos dos anos estabelecidos e uma média da umidade relativa do ar, sendo assim, possível tratar os dados de maneira mais acessível.

voltar ao
SUMÁRIO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos pela pesquisa de opinião, obtiveram-se algumas informações sobre a percepção de conforto térmico da população da região semiárida. Foram obtidos 63 respostas durante o período de 48 horas. Gerando um total de 19 municípios que responderam ao questionamento, porém 11 questionários não serão considerados por não se localizarem no semiárido pernambucano.

Sendo assim, os questionários considerados validos, por pertencer ao semiárido pernambucano foram 52 questionários que são oriundos dos municípios (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição da amostra por município.

Municípios	Quantidade de Questionários
Afogados da Ingazeira	1
Floresta	1
Petrolina	19
Santa Cruz da Baixa Verde	1
Santana de Mangueira	3
São Joaquim do Monte	1
São José do Belmonte	2
São José do Egito	1
Serra Talhada	21
Triunfo	2
Total Geral	**52**

Porém, foram verificados que os municípios que tiveram uma maior representatividade foram os municípios de Serra Talhada 40,4% e de Petrolina com 36,5%. Devido a isso, o trabalho se deteve a analisar a percepção de 40 indivíduos pertencentes a esses municípios.

O entendimento humano do ambiente térmico depende de alguns fatores que são fundamentais para a sensação de conforto: variáveis ambientais, fatores fisiológicos, pessoais e subjetivos (GRANDI, 2006). Com relação ao perfil dos participantes, os dados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Perfil dos participantes da pesquisa.

voltar ao
SUMÁRIO

Perfil do Público		Cidades	
		Petrolina	**Serra Talhada**
Gênero	Masculino	20%	12%
	Feminino	28%	40%
Faixa Etária	15-20	*	10%
	21 – 30	32%	80%
	31 – 40	26%	*
	41 – 50	26%	10%
	Acima de 50	16%	*
Altura	1,00 – 1,30	5%	5%
	1,50 – 1,60	16%	19%
	1,61 – 1,70	53%	52%
	1,71 – 1,80	21%	24%
	1,81 – 1,90	5%	*
Peso	50 – 60	11%	5%
	61 – 70	21%	5%
	71 – 80	21%	48%
	81 – 90	32%	13%
	91 – 100	15%	29%

Legenda: * - Não obteve nenhuma resposta nesse item.

A discriminação dos entrevistados por gênero revelou que a maioria dos participantes era do sexo feminino (68%) tanto para Serra Talhada (40%) como para Petrolina (28%). A faixa etária predominante foi a de 21 a 30 anos em ambos os municípios. A maioria dos participantes das duas cidades tinha a faixa de altura predominante entre 1,61 m a 1,70 m. E com relação ao peso dos entrevistados, a faixa predominante foi 81-90 kg e 61-70 kg para Petrolina e Serra Talhada, respectivamente.

Com relação ao conhecimento sobre o conforto térmico, observou-se que 83% dos participantes, sendo 43% de Petrolina e 40% de Serra Talhada afirmaram saber o que é conforto térmico (Figura 2).

voltar ao
SUMÁRIO

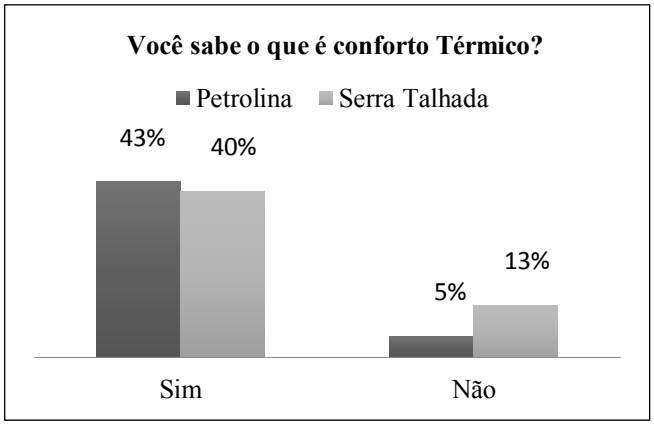


Figura 2 - Conhecimento acerca do que é conforto térmico.

O que corrobora quando foram questionados sobre o que é conforto térmico, onde a maioria, tanto Petrolina como Serra Talhada afirmou que é "Uma sensação de bem-estar físico com as condições de temperatura da minha cidade" (Tabela 4).

Tabela 4 - Questionamentos acerca do que é conforto térmico.

Rótulos de Linha	Petrolina	Serra Talhada
Se adaptar ao ambiente	3%	0%
Se sentir confortável.	3%	3%
Uma sensação de bem-estar físico com as condições de temperatura da minha cidade.	43%	50%

Nesse ponto a atuação de ações de educação ambiental seria bastante eficaz, pois mesmo que a maioria tenha respondido de forma correta, como o conforto térmico é uma vivência diária e que influencia na qualidade de vida da população.

Em levantamentos em alguns trabalhos do semiárido verificou-se que a maioria das ações são voltadas para educar as pessoas para a conservação dos recursos hídricos, dos solos e da vegetação, claro que indiretamente afeta nas condições térmicas da cidade, porém nenhuma ação trata da questão de conforto térmico e o que pode ser feito para melhorar a qualidade de vida da população.

No papel da Educação Ambiental no bojo do entendimento na melhoria da qualidade de vida deve estar à compreensão de que abordagem do meio ambiente requer a inclusão de conhecimentos e esse processo pode levar o individuo e a coletividade tomarem consciência do seu papel na sociedade (BRAGA; EL-DEIR, 2012).

voltar ao
SUMÁRIO

Vale ressaltar, de acordo com a Lei nº 9795/1999 que dispõe sobre a educação ambiental e a Política Nacional de Educação Ambiental, todos têm direito à educação ambiental e incube ao Poder Público promover em todos os níveis de ensino, além do engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente. E dentre seus princípios básicos se encontra a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais (BRASIL, 1999).

Para o estudo de conforto térmico é importante verificar o horário de preenchimento, pois o turno irá influenciar na sensação térmica.

Baseados nisso, no momento do preenchimento da pesquisa os participantes responderam o horário, o que pode observar em Petrolina 43% respondeu o questionário no turno da noite e, em Serra talhada, 57% pela manhã (Tabela 5)

Tabela 5 – Horário de preenchimento do questionário.

Turno	Horário	Petrolina	Serra Talhada
Manhã	9h - 10:59h	1	9
	11h - 12:59h	0	3
	13h - 14:59h	0	3
Tarde	15h - 16:59h	4	0
	17h - 18:59h	4	1
	19h - 20:59h	0	4
Noite	21h - 22:59h	4	0
	23h - 00:59h	5	0
Madrugada	01h - 2:59h	1	1
Total		**19**	**21**

Verifica-se que as repostas em relação à sensação térmica foram de “com muito calor” com 38% para Petrolina e 25% para Serra Talhada na maior parte do período tarde e noite para Petrolina e no período da manhã para Serra Talhada (Tabela 6).

Tabela 6 – Sensação térmica no momento em que o questionário estava sendo respondido pelos participantes

Sensação Térmica	Com calor		Com muito calor		Levemente com calor		Neutro
Turno	**Petrolina**	**Serra Talhada**	**Petrolina**	**Serra Talhada**	**Petrolina**	**Serra Talhada**	**Serra Talhada**
Madrugada	*	*	*	*	3%	3%	-

voltar ao
SUMÁRIO

Manhã	*	10%	3%	13%	*	3%	5%
Tarde	3%	3%	18%	8%	*	*	*
Noite	3%	3%	18%	5%	3%	3%	*
Total Geral	**5%**	**15%**	**38%**	**25%**	**5%**	**8%**	**5%**

Legenda: * - Não obteve nenhuma resposta nesse item.

Em decorrência dessa sensação, a maneira em que se encontrava naquele momento era levemente inconfortável no período da tarde para Petrolina e no período da manhã para Serra Talhada (Tabela 7). Desta forma, os moradores das duas cidades em questão afirmaram que preferiria estar se sentindo bem mais refrescado, representando 38% e 23%, respectivamente, Petrolina e Serra Talhada (Tabela 8).

Tabela 7 - Grau de estresse fisiológico no momento do preenchimento do questionário.

Grau de Estresse Fisiológico	**Petrolina**			
	Confortável	**Inconfortável**	**Levemente inconfortável**	**Muito inconfortável**
Madrugada	*	*	3%	*
Manhã	*	3%	*	*
Noite	3%	8%	8%	5%
Tarde	*	5%	10%	5%
Total Geral	**3%**	**15%**	**20%**	**10%**
Grau de Estresse Fisiológico	**Serra Talhada**			
	Confortável	**Inconfortável**	**Levemente inconfortável**	**Muito inconfortável**
Madrugada	*	*	3%	*
Manhã	8%	8%	10%	5%
Noite	3%	3%	3%	3%
Tarde	*	8%	*	3%
Total Geral	**10%**	**18%**	**15%**	**10%**

Legenda: * - Não obteve nenhuma resposta nesse item.

Tabela 8. Questionamento acerca de como gostaria de estar sentindo no momento no preenchimento do formulário.

Rótulos de Linha	**Petrolina**	**Serra Talhada**
Assim mesmo	*	8%
Bem mais refrescado	38%	23%
Mais refrescado	8%	13%
Um pouco mais refrescado	3%	10%

Legenda: * - Não obteve nenhuma resposta nesse item.

voltar ao
SUMÁRIO

Para tanto foi questionado quais alternativas são utilizadas para minimizar o calor, nessa alternativa o entrevistado podia marcar mais de uma opção. Neste contexto, a alternativa de utilização do ventilador (8) para chegar ao conforto térmico é a mais citada pelos participantes de Serra talhada, seguida do uso de roupas mais leves para Petrolina (8) (Figura 3).

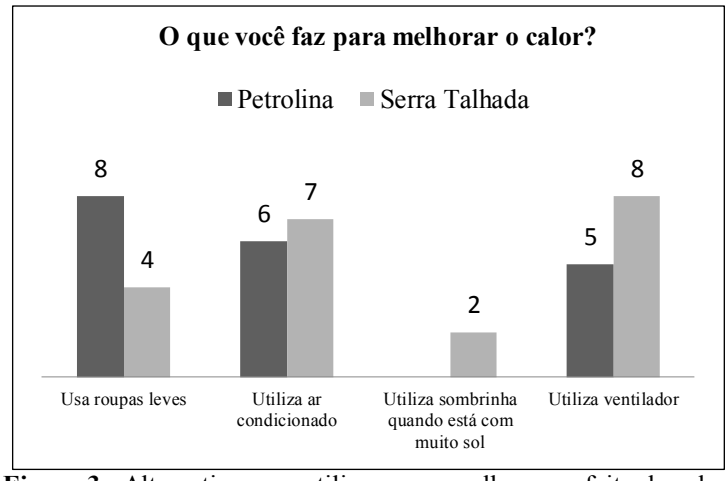


Figura 3 - Alternativas que utilizam para melhorar o efeito do calor.

Sabendo que o clima é influenciado pelas condições da cidade, quando questionados sobre as ações que são colocadas em prática para melhorar a situação da cidade, infelizmente, a opção "não faz nada" prevaleceu para ambos os municípios (Figura 4).

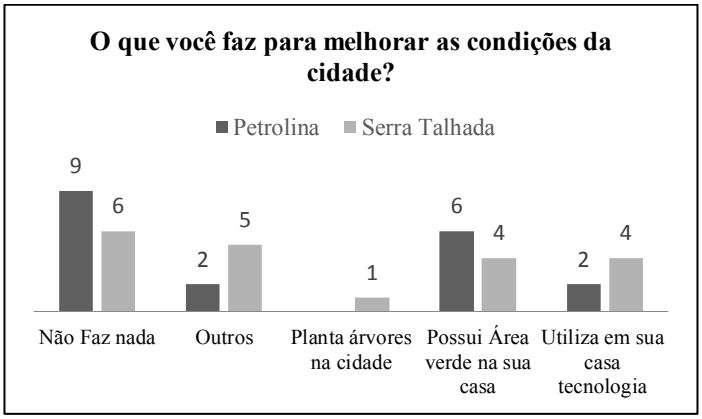


Figura 4 - Alternativas utilizadas para melhorar as condições climáticas da cidade.

voltar ao
SUMÁRIO

Com temperaturas altas são consideradas desconfortáveis, a população do semiárido procura meios para amenizar o desconforto com a utilização de objetos, dentre eles, o ventilador é o mais procurado.

Candido et al. (2010) corroboram deixando explicito que a demanda por ventiladores aumenta de acordo com a temperatura operativa, questionando a preferência dessa oportunidade adaptativa para restabelecer o conforto térmico. Os autores ainda relatam que em climas quentes o movimento do ar se torna uma agradável brisa para fins de conforto térmico, bem-vindo pelos usuários, diferentemente para regiões de climas mais frios e temperados, considerando como desconfortável.

Com relação ao questionamento sobre a educação ambiental, para 97,5% dos entrevistados para os dois municípios apoiam ações voltadas para essa temática, o que pode ajudar a população entender melhor sobre a sensação térmica (Figura 5).

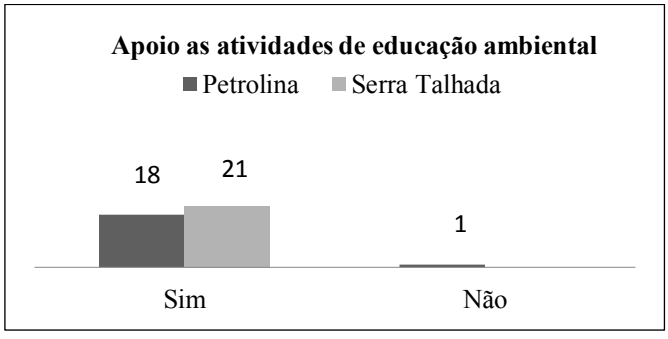


Figura 5 – Questionamentos acerca da importância da educação ambiental no objeto de estudo.

Com relação ao comparativo dos questionários realizados e as variáveis ambientais nas datas que foram aplicados a pesquisa observa-se que Petrolina, em sua maioria, possui um crescente desconforto (Tabela 9). É importante destacar que Silveira e Carvalho (2016) deixam explicito que a temperatura de uma cidade é influenciada pelas diferenças no uso e ocupação do solo, visto que os materiais possuem propriedades diferentes, o que traduz a geração de campos térmicos locais diferenciados.

Tabela 9 – Variáveis ambientais e o IDT da cidade de Petrolina.

	Turno	T (ºC)	UR	IDT	Classes do Desconforto Térmico (IDT)
11/12/16	Manhã	27,8	53,0	24,4	Ligeiro desconfortável
	Tarde	33,6	34,0	26,6	Crescente Desconforto

voltar ao
SUMÁRIO

	Noite	35,0	27,0	26,8	Crescente Desconforto
12/12/16	Manhã	29,2	48,3	25,0	Crescente Desconforto
	Tarde	35,4	28,5	27,2	Relativo desconforto
	Noite	36,1	24,2	27,1	Relativo desconforto
13/12/16	Manhã	28,3	50,9	24,6	Ligeiro desconforto
	Tarde	29,7	51,8	25,7	Crescente desconforto
	Noite	26,4	69,4	24,4	Ligeiro desconforto

Já na cidade de Serra talhada à predominância (apresentar os valores percentuais) foi de um ligeiro desconforto térmico (Tabela 10).

Tabela 10 – Variáveis ambientais e o IDT da cidade de Serra Talhada.

		T (ºC)	**UR**	**IDT**	**Classificação de Desconforto Térmico (IDT)**
11/12/16	Manhã	25,8	57,3	23,2	Ligeiro desconforto
	Tarde	32,3	32,7	25,7	Crescente desconforto
	Noite	33,2	42,0	27,2	Relativo desconforto
12/12/16	Manhã	25,4	57,3	22,8	Ligeiro desconforto
	Tarde	32,9	30,1	25,8	Crescente desconforto
	Noite	33,2	27,8	25,8	Crescente desconforto
13/12/16	Manhã	25,7	55,3	22,9	Ligeiro desconforto
	Tarde	32,6	28,3	25,4	Crescente desconforto
	Noite	32,5	26,2	25,2	Crescente desconforto

Lundgren et al. (2014) evidenciam que no município de Serra Talhada – PE o clima é de altas temperaturas e com insolação intensa, passando a ser um problema de saúde pública. No estudo realizado na cidade, Lundgren et al. (2013) tiveram como resultado o baixo número de árvores na cidade, observando também que as áreas calçadas que não recebem cobertura vegetal são bem maiores que as áreas cobertas.

Em áreas naturais há predisposição de temperaturas mais amenas em comparação às áreas urbanizadas (SILVEIRA; CARVALHO, 2016), este fator se deve ao fato da regulação realizada pela vegetação, de modo a atuar como barreira à radiação solar direta, promovendo a diminuição de disponibilidade de energia para aquecer o ar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2010). Esse fator é confirmado no estudo de Silveira e Carvalho (2016), onde concluíram que a área arborizada apresentou os menores índices de temperatura e maiores de

voltar ao
SUMÁRIO

umidade relativa do ar, diferentemente na área urbanizada, onde apresentou maior temperatura. Os autores supracitados constataram também a importância do conforto térmico para atração de turistas, e afirmam que as condições consideradas confortáveis são serviços ambientais prestados pelo ecossistema.

Gomes e Soares (2003) deixa claro que a arborização pode contribuir significantivamente na amenização do clima urbano e, principalmente, para a melhoria da qualidade de vida humana. Mas o crescimento das cidades de forma contínua e desordenada tem ocasionado diminuição de árvores e influência notável no microclima urbano.

Na mesma vertente da arborização no conforto ambiental, Gonçalves e Duarte (2006) discorre sobre a arquitetura sustentável trazendo vertentes que relaciona sustentabilidade e conforto. Os autores esclarecem que estratégias utilizadas em projetos para climatização do ambiente interno proporciona uma abertura para condições adversas do ambiente externo, do mesmo modo, é necessário um estudo do índice de conforto de Fanter, de 1970, para analisar se a interação interior/exterior seja possível e aceitável.

Ayoade (1996) corrobora alegando que o clima interfere diretamente as plantas, animais (incluindo o homem) e o solo, conforme a figura 6.

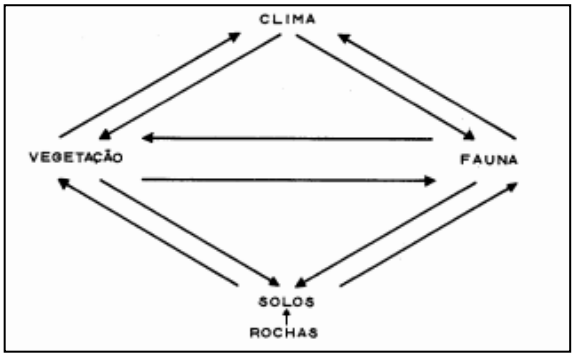


Figura 6 - O tempo e o clima no contexto das ciências ambientais. Fonte: Ayoade (1996)

De acordo com Marengo (2008), em um cenário de aquecimento global, pode ocorrer impactos decorrente da mudança de clima e aumentar a problemática da seca no Nordeste do Brasil como o aumento da temperatura aliada a alta taxa de evaporação, o que causaria diminuição da água de lagos, aludes e reservatórios. Ojima (2013) destaca que “medidas de adaptação devem ser, portanto, ações pró-ativas que antecipem os desafios a serem enfrentados, pois só assim poderão ser respeitados os interesses da justiça socioambiental”.

voltar ao
SUMÁRIO

Desde modo, segundo Selva (2005), é um papel de todos educar a população visando a conservação dos recursos naturais (hídricos, solos e vegetação), de forma a proporcionar a sustentabilidade do semiárido e da vida. Ventura e Andrade (2011) aplicando a Policultura em uma região semiárida do Estado da Bahia demonstrou que a tecnologia simples e próprias do conhecimento popular foi satisfatória para contribuir no Desenvolvimento Humano (DH) nas comunidades estudadas, partindo de novas formas de adaptar-se à realidade climática, com menor emissão de gases do efeito estufa e melhores condições na vivência com o semiárido.

Lacerda et al. (2010) destacam que a educação ambiental poderá entender mais o meio, compreendendo a indispensabilidade de preservar, mas só é possível essa percepção através do conhecimento, sapiência, integração e, principalmente, do respeito pela natureza que os cerca.

4. CONCLUSÃO

Entre os municípios analisados, a situação de desconforto térmico está mais impactante no município de Petrolina.

Percebeu-se que para realizar uma avaliação mais precisa da percepção da sensação térmica é necessário verificar o local que está no momento da entrevista.

Nesse sentido, a Educação Ambiental pode atuar como um importante instrumento nas ações das prefeituras e empresas para minimizar o consumo de energia e utilizar novas tecnologias para melhorar a qualidade de vida da população trazendo maior conforto.

5. AGRADECIMENTOS

À FACEPE pela concessão da bolsa a primeira autora. As pessoas que responderam aos questionamentos do trabalho e a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, especialmente ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e ao grupo de pesquisa CITAR.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), 1996. Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

voltar ao
SUMÁRIO

AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; RODRIGUES, M.F.G. Previsão estatística das chuvas de outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia** 13, 1, 19-30, 1998.

BARBOSA, M. D.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; DUARTE, G. M. T.. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore** 36, 5, 851-858, 2012.

BRAGA, E.C.B; EL-DIER, S.G.. Educação Ambiental como tema para extensão rural. *In*: EL-DEIR, S.G. [Org.]. **Educação Ambiental no semiárido: proposta metodológica de extensão rural**. EDUFRPE, Recife, 266 p., 2012.

BRASIL, 1999. Lei n° 9.795, de 27 de abril.

BRASILEIRO, R. S.. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena** 5, 5, 1-12, 2009.

CANDIDO, C., LAMBERTS, R., BITTENCOURT, L.; DEAR, R. Aplicabilidade dos limites da velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído** 10, 4, 59-68, 2010.

CASTRO, F.C.; SANTOS, A. M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina – Pernambuco – Brasil. **Caminhos da Geografia** 16, 56, 160-172, 2015.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS – Serviço Geológico do Brasil. **Diagnóstico do Município de Petrolina**. Recife. 47p., 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16562/Rel_Petrolina.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 jan. 2017.

_____. **Diagnóstico do Município de Serra Talhada**. Recife. , 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16837/Rel_Serra%20Talhada.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

FARIAS, M. P.. **Índices de seca meteorológica para a microrregião de Petrolina, PE, e Juazeiro, BA**. Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido), 2014. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 67 pp., 2014.

GOMES, M. A. S; SOARES B. R.. A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras. **Estudos Geográficos**1, 1, 19-29, 2003.

GONÇALVES, J. C. S; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído** 6, 4, 51-81, 2006.

voltar ao
SUMÁRIO

GRANDI, M. S. **Avaliação da percepção da sensação térmica em uma sala de controle.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), 2006. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 154 pp. 2006.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**, 209p., 2011. Campina Grande: INSA-PB. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Desertifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20no%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido, **Semiárido Brasileiro**. 2013. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2013/07/mapa-%C3%A1rea-semi%C3%A1rido.pdf.> Acesso : 13 dez. 2016.

LACERDA, N. P.; SOUTO, P. C.; DIAS, R. S.; SOUTO, L. S.; SOUTO, J. S. Percepção dos residentes sobre a arborização da cidade de São José de Piranhas – PB. **REVSBAU** 5, 4, 81-95, 2010.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento sustentável, adaptação e vulnerabilidade à mudança climática no semiárido nordestino: um estudo de caso no Sertão do São Francisco. **Rev. Econ. NE** 44,n.especial, 301-332, 2013.

LUNDGREN, W.J.C.; SILVA, L. F.; ALMEIDA, A. Q.. Influência das espécies exóticas arbóreas urbanas na área de cobertura da cidade de Serra Talhada – PE. **REVSBAU** 8, 3, 96-107, 2013.

LUNDGREN W. J. C; SILVA, L. F.; AMORIM, T. L.; SILVA, K. P. S.. Análise da temperatura do solo abaixo da copa de três espécies de árvores na Cidade de Serra Talhada - PE. **REVSBAU** 9,4, 1-21, 2014.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégias** 27, 78, 155-176, 2008.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; ZAMPRONI, K.; VIEZZER, J.; GRISE, M. M.; LIMA NETO, E. M.. Percepção da população sobre o conforto térmico proporcionado pela arborização de ruas de Curitiba – PR. **Revista Floresta** 44,3 515-524, 2014.

MEDEIROS, M. C. G.; NASCIMENTO, T.A.; SILVA JUNIOR, E. O. S; AMORIM, A. C.; NÓBREGA, R. S. Caracterização dos índices térmicos e pluviométricos no Semiárido Pernambucano: o caso do município de Petrolina-Pernambuco-Brasil. **Anais**... In: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande - PB. 2015.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Sociedade & Natureza** 22, 3, 639-640, 2010.

voltar ao
SUMÁRIO

MOÇO, S. M. O. **O (Des)conforto térmico no Verão em Portugal Continental e a Percepção populacional para as alterações climáticas e comportamentos adotados aquando de vagas de calor Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Tese (Doutorado em Geografia), 2014. Universidade Aberta, Lisboa, Portugual, 49 pp., 2014.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N. S.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista Verde** 6, 1, 67-73, 2011.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; DUARTE, L. C.; NOGUEIRA, J. S. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. **REMEA** 14, 37-49, 2005.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cadernos Metrópole** 15, 29, 35-54, 2013.

SELVA, V. S. F.. Educação Ambiental como instrumento de gestão: a importância da formação de professores no processo de combate à desertificação no semiárido brasileiro**. Anais**... In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, Paraíba. 2005.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres urbanos. **REVSBAU** 4, 4, 1-16, 2009.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta bot. bras.** 23, 2, 436-445, 2009..

SILVA, P. C. G.; GUIMARÃES FILHO, C. Eixo tecnológico da Ecorregião Nordeste. *In*: SOUSA ISF (Ed.). **Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 3. p. 109-161, 2006.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. Z.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 15, 2,131-138 2011.

SILVEIRA, I. M. M.; CARVALHO, R. G. Microclima e conforto térmico na área da Mata da Bica, no município de Portalegre/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física** 9, 1, 62-78, 2016.

VENTURA, A. C.; ANDRADE, J. C. S.. Polyculture in the semi-arid regions of Brasil. **Field Actions Science Reports**, Special Issue 3, 2011.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 25
ANÁLISE DA COMPARAÇÃO DE ÍNDICES FÍSICOS

COMPARASION ANALYSIS OF PHYSICAL INDEXES

Rayane cavalcanti da fonseca[1], Jessica adrian lima farias [2] João rodrigues tavares júnior[3]

1 universidade federal de pernambucoPrograma de pós-graduação em ciências geodésicas e tecnologia da geoinformação Rayanec.fonseca@outlook.com
[2] universidade federal de Pernambuco Programa de pós-graduação em ciências geodésicas e tecnologia da geoinformação, jessica.l.farias@hotmail.com
[3] universidade federal de Pernambuco Programa de pós-graduação em ciências geodésicas e tecnologia da geoinformação
rodriguesjoao380@gmail.com

RESUMO
Este trabalho apresenta as análises do comportamento espectral do EVI (*Enhanced Vegetation Index*) e do LAI (*Leaf Area Index*) para os alvos de cultura irrigada e solo exposto, considerando a estação de chuva e seca para os anos de 2015 e 2017.A área de estudo é o município de Petrolândia, localizado na região semiárida do Estado de Pernambuco. Fez uso de imagens do satélite LANDSAT 8 sensor OLI (*Operational Land Imager*) ponto 216 e órbita 66. A região de estudo inclui o perímetro irrigado de Icó-Mandantes, e parte das margens do reservatório de Itaparica–PE, estando inserida no subprojeto SP-5 do Projeto INNOVATE (*Interplay among multiple uses of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems*) entre Brasil e Alemanha. O resultado fornecido pelo EVI, possibilitou a identificação dos alvos de solo exposto (0,01-0,12) e cobertura vegetal (0,29-0,44) para o ano de 2015 e cultura agrícola (0,33-0,45) em 2017. O LAI alcançou valores maiores para a cultura irrigada (0,13-0,59), mas com dados baixos para o solo exposto (-0,02- -0,11) e cobertura vegetal (0,05-0,39). A aplicação destes índices em épocas e precipitações distintas, permitiu analisar suas sensibilidades e respostas nos diferentes alvos.
Palavras-Chaves: Sensoriamento Remoto, Índices de vegetação, monitoramento ambiental

ABSTRACT
This work presents the spectral behavior analysis of the EVI (Enhanced Vegetation Index) and LAI (Leaf Area Index) for irrigated and exposed soil, considering the rainy season and dry season for the years 2015 and 2017.The study area is the municipality of Petrolândia, located in the semi-arid region of Pernambuco. It made use of images from LANDSAT 8 satellite OLI (Operational Land Imager) point 216 and orbit 66. The study region includes the irrigated perimeter of Icó-Mandantes, and part of the banks of the Itaparica reservoir - PE, being inserted in the subproject SP 5 of the INNOVATE Project (*Interplay among multiple uses of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems*) between Brazil and Germany. The results provided by the EVI enabled the identification of the exposed soil targets (0.01-0.12) and vegetal cover (0.29-0.44) for the year 2015 and agricultural crop (0.33- 0.45) in 2017. LAI reached higher values for the irrigated crop (0.13-0.59), but with low data for the exposed soil targets (-0.02- -0.11) and plant cover (0.05-039). The application of these indices in distinct times and precipitations allowed to analyze their sensitivities and responses to the different targets.
Keywords: Remote Sensing, Indices of vegetation, environmental monitoring.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O emprego de Índices de Vegetação (IV), derivados de imagens de sensoriamento remoto, foram desenvolvidos para mapeamento da cobertura vegetal da Terra. Os IV são resultados de combinações algébricas de diferentes bandas espectrais que propõe diminuir a confusão entre alvos, e realçar a vegetação (SILVA, HAMULAK e RIBEIRO, 2012). A eficácia dos seus resultados é influenciada pelos fatores externos, isto é, condições atmosféricas, topografia, iluminação, calibração do sensor e tipos de vegetação diferente (ZHU, JU, CHEN et al, 2014).

Frequentemente, a maior parte dos IV são provenientes dos arranjos matemáticos entre as bandas de ondas do vermelho e do infravermelho próximo (NIR), tal como o *Leaf Area Index* (LAI) (BARET, GUYOT, 2003). No entanto, em alguns índices foram incorporadas algumas bandas como: a do azul, a citar o *Enhanced Vegetation Index* (EVI).

Essas combinações contribuem para reduzir a atuação dos agentes externos, o EVI, por exemplo, permite melhorar a sensibilidade da detecção de áreas com maior densidade de biomassa, e reduzir a influência do solo na reflectância, dessa forma é possível detectar melhor as respostas do dossel. Por sua vez, o LAI atua na recuperação dos parâmetros da vegetação como cobertura vegetal, biomassa e atividade fotossintética (BOLFE, 2010).

Devido a capacidade de identificação da mudança de cobertura vegetal, os IV são frequentemente utilizados para estudos de séries temporais. Victoria, Andrade e Paz (2009), descrevem que o uso destes índices apresenta diferentes respostas espectrais em padrões temporais distintos, contribuindo para a detecção dos usos e cobertura do solo, tipos de formações florestal, quantificação da cultura agrícola e outros tipos de estudos.

Neste contexto, o presente trabalho tem como finalidade aplicar os índices de vegetação: EVI e o LAI, e analisar as respostas espectrais fornecidas por estes IV para os alvos de cultura irrigada e solo exposto. Para alcançar estes objetivos foi realizado um estudo temporal considerando como área de estudo parte do município de Petrolândia entre os anos de 2015 e 2017.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

voltar ao
SUMÁRIO

O município de Petrolândia (Figura 1) possui área de 1088,2km², distante aproximadamente a 488,9 km de Recife, com a sede do município nas coordenadas latitude 09° 04'08" S e longitude 38° 18'11" W, e está localizado na região semiárida no sertão de Pernambuco, na Microrregião de Itaparica (CONDEPE/FIDEM, 2015).

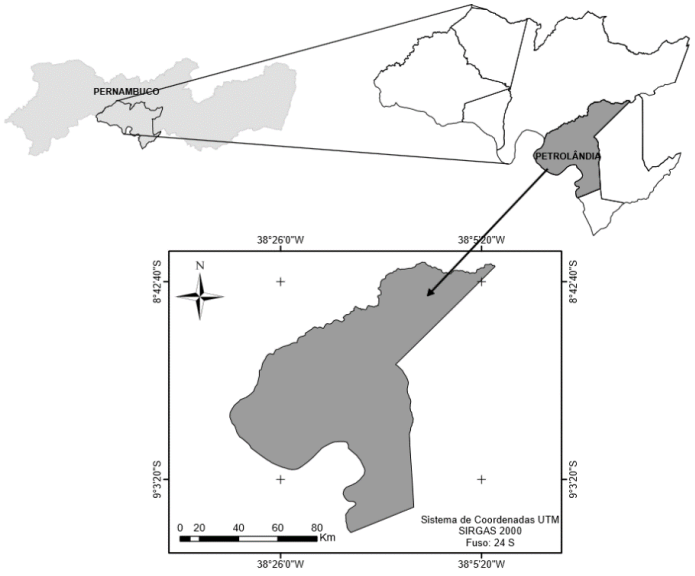


Figura 1: Mapa de localização do município de Petrolândia-PE
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Entre as atividades econômicas da cidade destacam-se, agricultura na produção de fruticultura irrigada, o comércio, a indústria, a pecuária, a piscicultura e o turismo (PREFEITURA DE PETROLÂNDIA, 2015). Em relação as características vegetais, o município é composto por caatinga hiperxerófila, formada por espécies vegetais com elevada capacidade de retenção de água. "*Durante a estação mais quente perdem, a folhagem e têm bastante reduzido o seu metabolismo vegetal*" (PARAHYBA et al., 2004).

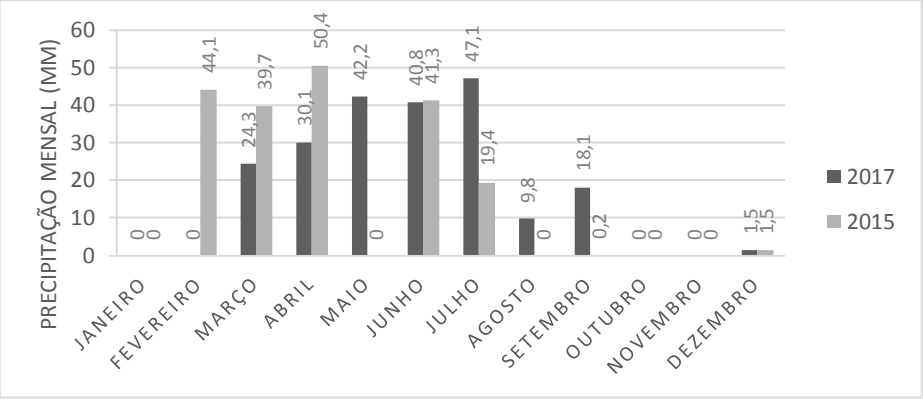
2.2 Dados Pluviométricos

O município de Petrolândia encontra-se localizado na região semiárida do Estado de Pernambuco, com precipitação média abaixo dos 800mm (ANJOS; CANDEIAS; NÓBREGA, 2016). De acordo com os dados disponibilizados pela Universidade Federal de Campina Grande (2012), as chuvas estão concentradas entre os meses de janeiro e março, com precipitação máxima em torno de 119,8mm no mês de março, e o período seco está entre os meses de agosto e outubro.

voltar ao
SUMÁRIO

Segundo os dados do monitoramento pluviométrico mensal da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) para o ano de 2017, o município de Petrolândia apresentou um período de precipitação mensal (mm) entre os meses de março a setembro. Enquanto, que para o ano de 2015 o mês de fevereiro apresentou concentração de chuva em torno de 44,1mm e novembro foi inferior a 5mm. O Gráfico 1, apresenta a precipitação mensal (mm) referente ao ano de 2017 e 2015, respectivamente.

Gráfico 1. Precipitação mensal (mm) do Município de Petrolândia para 2015 e 2017.



Fonte: APAC, 2018.

Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php

Além dos dados pluviométricos foram considerados os valores da precipitação diária no período de 5 e 10 dias antes da passagem do LANDSAT 8 e imageamento das imagens, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Precipitação diária (mm) do município de Petrolândia – PE.

Data	Até 5 dias antes da passagem	Até 10 dias antes da passagem
27/02/2017	0,0	0,0
10/11/2017	0,0	1,0
06/02/2015	3,4	3,4
21/11/2015	0,3	0,3

Fonte: APAC, 2018

Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php

Em consulta a base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/BDMEP), e adotando a estação de referência do município de Floresta – PE, localizada nas coordenadas geográficas 8°36'S e 38°34'W, e que dista aproximadamente 63,4km de Petrolândia, a temperatura para fevereiro foi em torno de 29°C e 35°C para o mês

voltar ao
SUMÁRIO

de novembro. Sendo estas mesmas temperaturas observadas para o ano de 2015, conforme demonstrado na Figura 2.

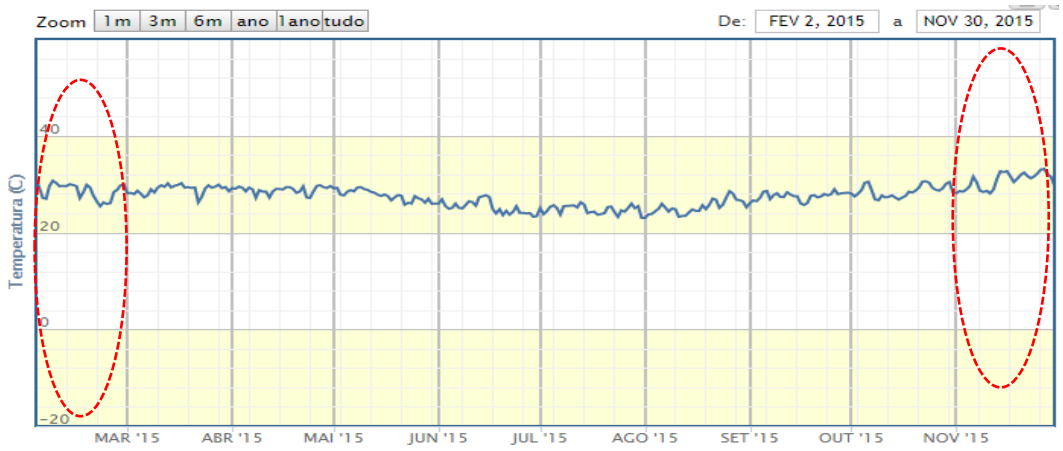


Figura 2: Temperatura (°C) anual da estação de referência Floresta – PE, compreendido na mesorregião do São Francisco Pernambucano e microrregião de Itaparica
Fonte: INMET/BDMEP, 2018.

2.3 Aquisição dos Dados e Processamento Digital das Imagens

2.3.1 Pré-processamento:

As imagens orbitais utilizadas foram disponibilizadas pelo site do *United States Geological Survey* (USGS). Os produtos fornecidos para a plataforma LANDSAT 8 são imagens ortorretificadas, disponibilizadas em um catálogo, com diferentes valores de números digitais e que são convertidos em radiância no sensor por meio de funções e uso de fatores de escala (PARASTATIDIS et al., 2017).

As imagens OLI tem 30 m por pixel, 16 bits de resolução radiométrica (65536 níveis de cinza), estando no sistema geodésico de referência WGS84 (*World Geodetic System 1984*, elipsoide de referência GSR80, *Geodetic Reference System 1980*), e sistema de projeção UTM (Universo Transverso de Mercator), zona 24, fuso -33°. As bandas espectrais utilizadas (valores em micrometros) foram a da faixa do azul (B1, 0,452 – 0,512 mμ), verde (B3, 0,533 – 0,590 mμ), vermelho (B4, 0,636 – 0,673 mμ), e infravermelho próximo (B5, 0,851 – 0,879 mμ).

Os dados de sensoriamento remoto usados para este estudo foram as imagens do satélite LANDSAT 8, sensor OLI de ponto 216 e órbita 66, sendo adquirido quatro cenas datadas em anos diferentes sendo elas: 27 de fevereiro e 10 de novembro de 2017 e 06 de

voltar ao
SUMÁRIO

fevereiro e 21 de novembro de 2015. As imagens selecionadas foram baseadas na consulta aos dados pluviométricos e de temperatura no site da APAC e do INMET/BDMEP, respectivamente, e representam os períodos de estação seca e de chuva neste município.

Com o uso do *software* de geoprocessamento QGIS versão 2.18.3 foi delimitada a área de estudo, desenvolvido as etapas de correções e transformações radiométricas, posteriormente foi elaborado os mapas temáticos de índices de vegetação.

Foi aplicado o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e o *Leaf Area Index* (LAI), que usa as bandas espectrais do vermelho (B4) e do infravermelho próximo (B5), enquanto o EVI inclui a banda do azul (B2). Jensen (2009) descreve que o uso da banda azul atua na correção dos efeitos da B4 quanto aos efeitos do espalhamento atmosféricos por aerossóis.

2.3.2 Etapas do Processamento das imagens:

Para o cálculo do EVI e LAI para as imagens do satélite LANDSAT 8, sensor OLI, foram consideradas as etapas informadas pelo site do USGS. Neste caso, é necessário a conversão dos valores de número digital (ND) para reflectância do Topo da Atmosfera (TOA), cujo valores dos parâmetros encontra-se disponibilizado nos metadados da imagem (Tabela 2). A equação 1 adotada para esta conversão.

$$\rho\lambda' = M\rho Qcal + A\rho \qquad (1)$$

Onde:

$\rho_{\lambda'}$ = TOA reflectância planetária sem correção do ângulo solar; Mρ: Banda especifica multiplicativa de reflectância; Aρ= Banda especifica aditiva e Qcal: Quantização e calibração dos valores de pixel (DN).

Tabela 2: Parâmetros usados para o cálculo TOA

Parâmetros	Valores para o TOA		
	Azul	**Vermelho**	**Infravermelho Próximo**
Mρ	2.0000E-05	2.0000E-05	2.0000E-05
Qcal	Banda 2	Banda 4	Banda 5
Aρ	-0.100000	-0.100000	-0.100000

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

Os resultados fornecidos pela reflectância planetária não apresentam correção quanto ao ângulo do Sol, torna-se necessário realizar está correção de forma a obter a reflectância TOA ajustada, o que é possível a partir do uso da equação 2.

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta sz)} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta se)} \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{\lambda'}$= TOA reflectância planetária; θ_{SE}= Ângulo de elevação solar e θ_{SZ}= Ângulo zenital solar.

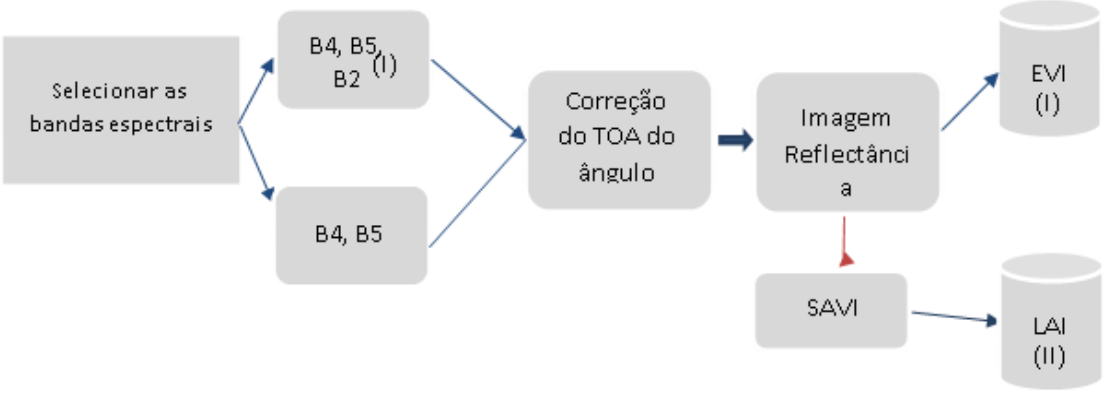
Os valores dos parâmetros relativos ao ângulo de elevação solar (*SUN_ELEVATION*) podem ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Valores utilizados do ângulo de elevação solar.

	27/02/2017	**10/11/2017**	**06/02/2015**	**21/11/2015**
Sun_Elevation	58,99485588°	65,01437597°	58,29196609°	117,95643044°

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A Figura 3 esquematiza a metodologia adotada para a etapa de correção e posterior obtenção dos índices de vegetação EVI e LAI.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

2.3.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

2.3.3.1 Enhanced Vegetation Index – EVI

O EVI foi desenvolvido com o objetivo de minimizar as influências atmosféricas e do solo de fundo do dossel. Em estudos aplicados ao comportamento espectro-temporal da

voltar ao
SUMÁRIO

cultura agrícola, este índice facilita a discriminação das culturas quando as espécies vegetais estão com diferenças pronunciadas de biomassa (RISSO et al., 2009).

Matsushita et al. (2007), descrevem que o EVI pode ser considerado como um NDVI modificado, pois apresenta uma sensibilidade para detectar as regiões com presença de alta biomassa, além de ter a capacidade de monitorar a vegetação do fundo do dossel e reduzir as influências atmosféricas. Isso ocorre devido a adição do fator de ajuste L em seu denominador (equação 3), que reduz os fatores ambientais, mas não leva em consideração o efeito topográfico.

Autores como Formigoni, Xavier e Lima (2011), descrevem a relação entre o EVI e a precipitação, onde se observa que os valores mais elevados deste índice estão relacionados aos meses de maiores pluviometrias. Ainda de acordo com os referidos autores, regiões como o semiárido apresentam menores valores de EVI quando associados a longos períodos de seca. Neste contexto procurou-se avaliar, a densidade da cobertura vegetal, assim como a resposta da vegetação para os períodos considerados, estiagem e chuva.

Formado a partir de uma combinação algébrica entre os índices: *Soil Adjusted Vegetation Index* - SAVI e o *Atmosphere Resistant Vegetation Index*–ARVI, o EVI foi criado por Huete et al. (1997), e apresenta a seguinte equação:

$$EVI = G * \frac{IVP - V}{IVP + C_1 * V - C_2 * A + L} \quad (3)$$

Onde,

IVP: reflectância no infravermelho próximo; V: reflectância no vermelho; A: reflectância no azul; C_1: coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do vermelhoC_2: coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do azul; L= fator de correção para a interferência do solo; G fator adotado para o ganho. Para este estudo foi considerado os valores C_1=6,0; C_2=7,5; L=1,0 e G=2,5.

2.3.3.2 Leaf Area Index –LAI

voltar ao
SUMÁRIO

O Índice de Área Foliar (LAI) é um índice biofísico admissional da vegetação e é definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação (m^2/m^2), sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela seguinte equação empírica (ALLEN et al, 2002).

$$IAF = -\ln\frac{(0.69 - SAVI/0.59)}{0.91} \quad (4)$$

O LAI está relacionado com processos que envolvem as trocas energéticas entre a vegetação e a atmosfera, tais como a fotossíntese além da evapotranspiração e fluxos de carbono (DUCHEMIN et al., 2006; CHEN et al., 2007). O monitoramento do LAI a longo prazo permite a compreensão da dinâmica que envolve as alterações de produtividade, de cobertura e dos impactos climáticos sobre os ecossistemas (MACHADO et al., 2013).

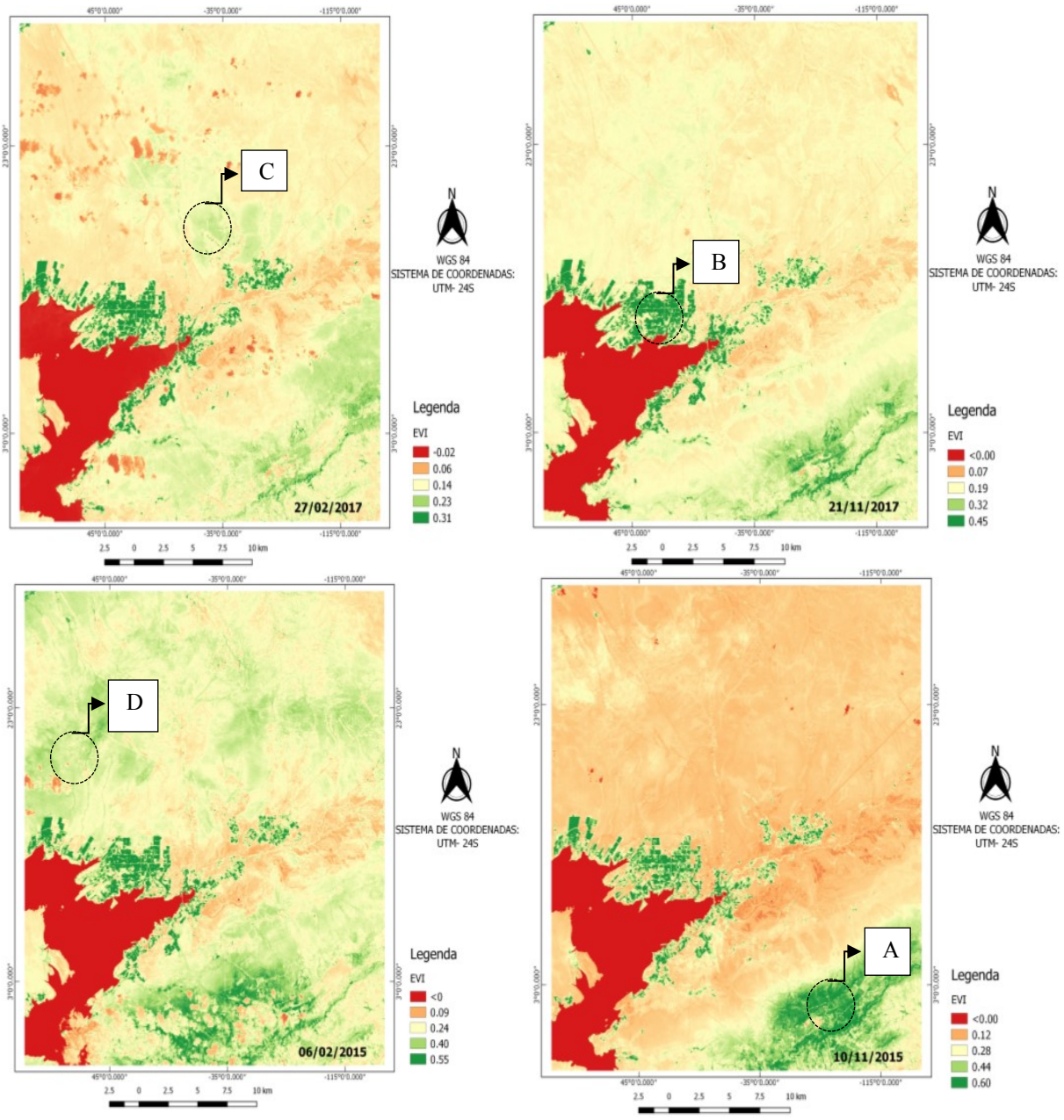
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados fornecidos pelo EVI foi possível observar que as classes, cultura irrigada (0,31 - 0,60) e solo exposto (0,06 - 0,12), apresentaram um padrão semelhante para a representação destes alvos, destoando, mais significativamente para o mês de novembro do ano de 2015.

Por se tratar de um período de estiagem, novembro, sem registro de precipitação e com temperaturas em torno de 35°C, foi observado uma maior representação do solo exposto (0,01 - 0,12) e vegetação natural da Caatinga (0,29 - 0,44) para o ano de 2015, estando esta última classe mais evidente longe dos cursos d'água (A). Enquanto que para o ano de 2017, as culturas agrícolas (0,33 - 0,45) foi melhor identificada nas proximidades dos corpos hídricos (B).

Na análise do período chuvoso, foi constatado que para o ano de 2015 houve uma precipitação média mensal de aproximadamente 44,4 mm e diária de 3,4 mm em até 5 dias antes do imageamento a uma temperatura de aproximadamente 29°C. Sendo possível identificar a presença de uma significativa cobertura vegetal (0,15 - 0,23 e 0,25 - 0,40) para os anos de 2017 (C) e 2015 (D), respectivamente. As Figuras 4 a 7, representam as respostas fornecidas pelo EVI.

voltar ao
SUMÁRIO



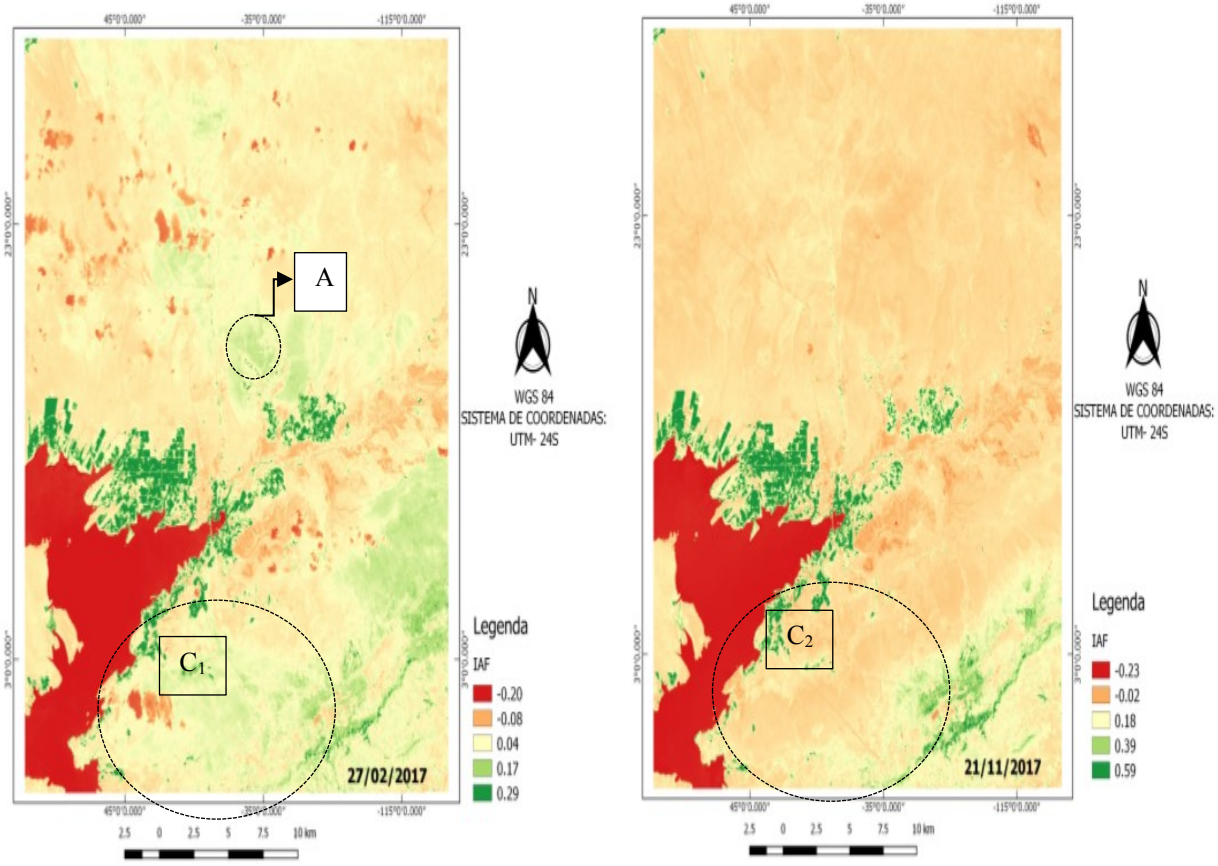
Figuras 4 a 7: Análise comparativa entre os meses de fevereiro e novembro de 2015 e 2017.

Com os resultados do LAI foi possível identificar as classes de cultura irrigada (0,29, 0,42) e solo exposto (-0,02- -0,11). Para este último, solo exposto, observou que o mês de novembro forneceu representações mais próximas dos alvos (-0,02- -0,24) e (-0,04- -0,21) para o ano de 2017 e 2015, respectivamente, do que quando comparado com o EVI.

Em relação a cobertura vegetal, o mês de fevereiro demonstrou maior evidencia dessa vegetação (A) e (B). Sendo os maiores valores alcançados para a agricultura irrigada (0,13-

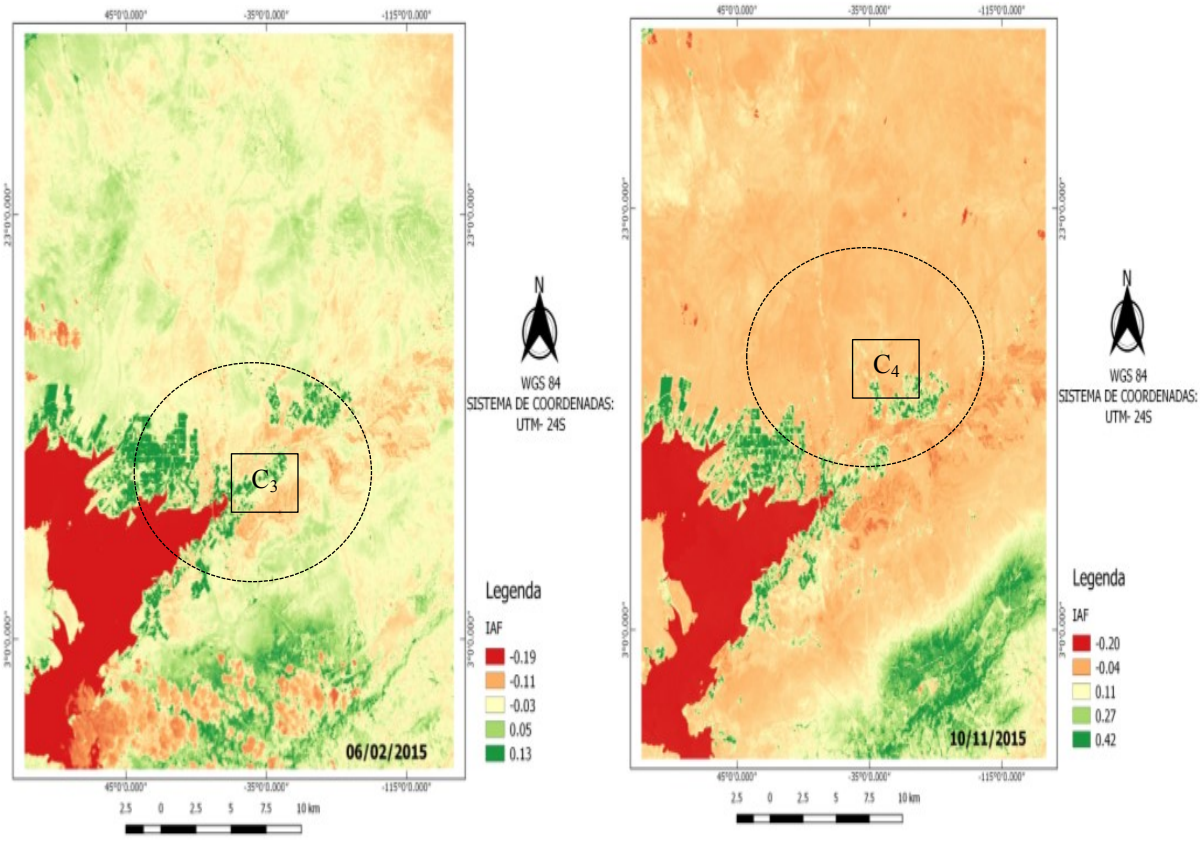
voltar ao
SUMÁRIO

0,59) devido à proximidade com os recursos hídricos e a produtividade vegetativa. As Figuras 8 a 11, representam os resultados do LAI.



Figuras 8 e 9: Resultados do LAI para os meses de fevereiro e novembro de 2017

voltar ao
SUMÁRIO



Figuras 10 e 11: Resultados do LAI para os meses de fevereiro e novembro de 2015.

As regiões demarcadas nos círculos C_1 e C_2 da Figura 8 e Figura 10, e C_3 e C_4, na Figura 10 e Figura 11, revelam as alterações da vegetação natural da caatinga, com solo exposto bem destacado em C_3, e a vegetação da caatinga mais densa em C_4.

4. CONCLUSÃO

O maior valor do EVI foi observado para a agricultura irrigada (0,31 - 0,60) quando comparado aos dados da cobertura vegetal (0,15 - 0,40). Em relação as respostas fornecidas pela cobertura vegetal, tem-se que em 10/11/2015 a vegetação natural da Caatinga, localizada na região sudoeste do mapa varia em densidade forte (0,29 - 0,44) quando analisado a data de 21/11/2017 cujos valores foram de (0,20 - 032) para esta mesma categoria. Nos dados pluviométricos, não foi registrado precipitação para o mês em destaque.

No LAI, foi identificado valores baixos para os alvos do solo exposto (-0,02 - -0,11) e a cobertura vegetal (0,05 - 0,39) o que pode indica pouca produtividade da vegetação. Em ambos os resultados fornecidos pelo EVI e LAI, conclui-se que é possível comparar os IV em

voltar ao
SUMÁRIO

épocas e precipitações diferentes, com o objetivo de analisar a sensibilidade de cada índice, como exemplo, os talhões da vegetação dos plantios irrigados que também respondem com IV diferentes.

Neste sentido, recomenda-se o uso de outros índices, outras imagens, dados de chuva, evaporação e insolação para trabalhos futuros, para entender melhor o comportamento espectral da vegetação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Engenharia Cartográfica, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R.; BASTIAANSSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL) – Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 2002

ANJOS, R. S. dos; CANDEIAS, A. L.B; NÓBREGA, R. Y.S. Caracterização das chuvas através do satélite TRMM em Petrolândia-PE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol.18, 307-326, Jan/Jun 2016.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>Acesso em: 24/03/2018

BARET, F; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation índices for LAI and APAR assessment. **Remote Sensing of Environment.** Vol. 35, 161-173, 2003. DOI: 10.1016/0034-4257.

BOLFE, E.L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais.** Tese, Universidade Federal de Campinas, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, 1973. 2 v. (DNPEA-DPP-DDP. Boletim Técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 14).

voltar ao
SUMÁRIO

CHEN, B., CHEN, J. M., JU, W. Remote sensing-based ecosystem-atmosphere simulation scheme (EASS) - Model formulation and test with multiple-year data. **Ecological Modelling**, v. 209, p. 277-300, 2007

CONDEPE FIDEM. **PIB das Regiões de Desenvolvimento (RD's) e dos Municípios de Pernambuco a preços de mercado.** Disponível em: http:<//www.condepefidem.pe. gov.br/web/condepe-fidem/ municipal> acessado em março/2018. 2015.

DUCHEMIN, B.; HADRIAB, R.; ERRAKIB, S.; BOULETA, G.; MAISONGRANDEA, P.; CHEHBOUNIA, A.; ESCADAFALA, R.; EZZAHARB, J.; HOEDJESA, J.C.B.; KHARROUD, M.H.; KHABBAB, S.; MOUGENOTA, B.; OLIOSOE, A.; RODRIGUEZ, J.C.; SIMONNEAUXA, V. Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. **Agriculture Water Manage**, v. 79, p. 1-27, 2006.

FERNANDES, A. C. G.; COUTINHO, M. A. N.; SANTOS, V. G.; NASCIMENTO, C. R. Utilização de intervalos de índices de vegetação e temperature da superfície para detecção de queimas. **Caderno Ciências Agrárias**. v. 8, n. 2, p. 30-40, ISSN 2447-6218, 2016.

FORMIGONI, M. H. de; XAVIER, A.C; LIMA, J.S.S.de. Análise Temporal da Vegetação na Região do Nordeste Através de dados EVI do MODIS. **Ciência Florestal,** Santa Maria, v. 21, n.1, 0. 1-8, jan-mar., 2011. ISSN 0103-9954

HUETE, A.R., LIU, H. Q., BATCHILY, K. and W.J. van Leeuwen. **"A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for the MODIS-EOS",** *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 32(4); 897-905, 1997*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília- DF. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>Acesso em: 24/03/2018.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Parênteses, São José dos Campos, SP, Brasil, 2009.

MACHADO, C. C. C.; PEREIRA, E. C. G.; ALBUQUERQUE, M. B. de.; SILVA, B. B. da.; GALVÍNCIO, J. D. Estimativa do Índice de área Foliar no Parque Nacional do Catimbau (PE – Brasil) e sua comparação com medições de campo usando o LAI-2200. Anais… In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, INPE. Foz do Iguaçu, PR, Brasil.1-8, 2013.

MATSUSHITA, B; YANG, W; CHEN, J; ONDA, Y; QIU, G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-Density Cypress Forest. Sensors 2007, Vol.7, 2636-2651; DOI: 10.3390/s7112636

voltar ao
SUMÁRIO

PARASTATIDIS, D; MITRAKA, Z; CHRYSOULAKIS, N; ABRAMS, M. Online Global Land Surface Temperatura Estimation From Landsat. Remote Sensing, Vol. 9, 2-16, 2017.

PARAHYBA, R. da B. V.; Silva, F.H. B. B. da; Silva, F. B. R. e; Araújo Filho, J. C. de; Lopes, P. R. C. Diagnóstico Agroambiental do Município de Petrolândia - Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro, 2004. 25p.

PONZONI, Flávio Jorge. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8_FJPonzoni.pdf. Acessado em março/2018/ 2002.

PREFEITURA DE PETROLÂNDIA. História de Petrolândia. Disponível em:< http://www.petrolandia.pe/a-cidade/3/historia.html>. acessado em março/2018. 2015.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R; SHIMABUKURO, Y. E; FERNANDES, S. L. Potencialidades dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril de 2009, INPE, p. 379-386.

TEIXEIRA, M.M.C.A. de. **Modelagem Hidro-Mecânica dos Solos Colapsíveis de Petrolândia.** Dissertação (Engenharia Civil-Geotécnica), 2006. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

SILVA, J. da; HAMULAK, T. M; RIBEIRO, S. R. A. **Índice de vegetação (NDVI) para identificação de áreas de reflorestamento**. Anais Semana de Geografia, v. 1, n. 1, Ponta Grossa. UEPG, 2012. ISSN 2317-9759. Acesso em: 25 de março de 2017.

VICTORIA, D. C.; ANDRADE, R. G. PAZ, A. R. (2009) **Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal**. Geografia, n. 34, Número especial: Geopantanal, p. 721-72

ZHU, G.; JU, W.; CHEN, J.M; LIU, Y. A Novel Moisture Adjusted Vegetation Index (MAVI) to Reduce Background Reflectance and Topographical Effects on LAI Retrieval. **Journal remote sensing**, v.9, 2014. DOI: 10.371/102560

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 26
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A PRODUÇÃO DE UMA CULTURA DE SUBSISTÊNCIA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

ANALYSIS OF CLIMATE INFLUENCE ON THE PRODUCTION OF A SUBSISTENCE CULTURE IN THE SEMIÁRID PARAIBANO

João Paulo de Oliveira Santos[1] *, Murilo Araújo Xavier [2], Francisco Ítalo Fernandes de Oliveira [3], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[4], Soraya Giovanetti El-Deir[5] **

[1]*Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.* * (Autor Correspondente)
[2]*Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.*
[3]*Departamento de Agronomia, UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.*
[4]*Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
[5]*Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.* ** (Professor Orientador)

RESUMO
A produção agrícola no Semiárido é altamente dependente das condições climáticas, sendo necessário compreender o nível de dependência a fim de se buscar estratégias de minimização dessa subordinação. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a evolução da produção de feijão durante um período de onze anos no munícipio de Araruna - PB, associando os resultados obtidos com a precipitação pluviométrica local, a partir de dados obtidos juntos ao IBGE e a AESA, assim como observar a relação entre a precipitação e os parâmetros avaliados, bem como a importância dessa cultura para o município em questão. A quantidade total de feijão produzida apresentou uma redução temporal, principalmente a partir de 2009. O período de estiagem, que se iniciou em 2012, foi responsável por uma queda acentuada na produtividade desta leguminosa, que mesmo em períodos com condições satisfatórias de precipitação, apresentou rendimento inferior a média nacional. Tomando como base os resultados encontrados, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias de produção que diminuam a dependência dos fatores climáticos sob a produção de feijão no município de Araruna, além de se buscar a tecnificação desse seguimento. .

Palavras-Chaves: Phaseolus vulgaris; Precipitação pluviométrica; Vulnerabilidade socioeconômica.

ABSTRACT
Agricultural production in the semi - arid region is highly dependent on climatic conditions, and it is necessary to understand this level of dependence in order to find strategies to minimize this subordination. In this context, this study aimed to evaluate the evolution of bean production during a period of eleven years in the municipality of Araruna, Paraíba, associating the results obtained with the local rainfall. The necessary data were collected together with IBGE and AESA. A high relation between the precipitation and the evaluated parameters was observed, as well as the importance of this culture for the municipality in question. The total amount of beans produced showed a reduction in time, mainly from 2009. The drought period that began in 2012 was responsible for a sharp drop in bean productivity, which even in periods with satisfactory precipitation conditions presented lower yield the national average. Based on the results found, it is necessary to develop production strategies that reduce the dependence of climatic factors under the production of beans in the municipality of Araruna, in addition to seeking the technification of this follow-up.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; Rainfall; Socioeconomic vulnerability.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A água é um elemento imprescindível para a fixação e desenvolvimento das mais diversas atividades humanas, dentre as quais a agricultura se destaca, por ser percursora da produção de alimentos e necessidades básicas. Logo, por ser altamente dependente dos recursos hídricos, problemas de escassez podem comprometer seriamente a produtividade das culturas, levando a distúrbios alimentares e socioeconômicos (SILVA et al., 2012).

A região Semiárida do Brasil ocupa uma área de cerca de 940 mil km², abrangendo oito estados do Nordeste e norte de Minas Gerais. A região é pautada basicamente na agricultura familiar, responsável por 1,7 milhão de estabelecimentos agropecuários e detentora de uma área equivalente a 43% do total dos estabelecimentos. Com uma população estimada de 23,8 milhões de habitantes, abriga 38% destes em áreas rurais, onde registra-se os principais problemas sociais e econômicos da região. Antes mesmo das discussões acerca dos efeitos das mudanças climáticas sobre as populações humanas, os moradores dessa região tem convivido com períodos de seca prolongada, que afetam as suas atividades produtivas e dificultam a melhoria das condições de vida (PEREIRA; CUELLAR, 2015).

No Semiárido brasileiro, a água é o principal fator limitante para o abastecimento das famílias, para o cultivo agrícola e para a criação animal. Essa região se caracteriza pela predominância de sistemas agropecuários dependentes de fatores ambientais, submetidos a um equilíbrio precário com os sistemas agroecológicos e socioeconômicos. O principal norteador e agente desse equilíbrio é a ocorrência de chuvas. Assim, o histórico de irregularidades pluviométricas torna a agropecuária uma atividade de risco nessa região (BRITO et al., 2012). Esta região, assim como as demais áreas semiáridas do globo, é caracterizada pela acentuada aridez do clima, além de deficiência hídrica devido a ocorrências de chuvas irregulares e a presença de longos períodos de estiagem que, por vezes, comportam-se como secas severas. Há a predominância de solos pobres em matéria orgânica, que representa um desafio a mais para a agricultura. Esse arcabouço de peculiaridades ambientais e climáticas contribuem para que a região tenha elevados níveis de pobreza, altos índices de analfabetismo, baixos indicadores socioeconômicos e concentrada infraestrutura hídrica e produtiva, como disparidades entre as classes sociais de forma acentuada; situação particularmente comum no meio rural (TEIXEIRA; PIRES, 2017), reflexo da falta de

voltar ao
SUMÁRIO

políticas públicas que sejam realmente eficientes para permitir o desenvolvimento local.

Esse cenário de irregularidades climáticas leva a agricultura do Semiárido a apresentar baixos índices de rendimento, com estrita dependência dos índices pluviométricos, para que se possa obter resultados agrícolas, que podem ser insatisfatórios, mesmo sob essas condições. Essa inconstância gera uma série de complicações no campo, que estendem-se desde o abandono da atividade até o êxodo rural, em que o outrora agricultor migra para grandes centros urbanos, em busca de melhores condições de vida (CASAGRANDE; SOUZA, 2012).

Além dos problemas de ordem climática, típicos dessa região, o atual modelo de exploração agrícola é pouco tecnificado, com a predominância de uma agricultura pautadas no cultivo de sequeiro, que caracteriza-se pelo plantio durante o período de chuva, sem nenhuma complementação hídrica por meio de técnicas de irrigação. Assim, qualquer descontinuidade de precipitação em uma das fases críticas da cultura pode levar a diminuição do rendimento final. Soma-se a esse cenário a força das lavouras de subsistência, que contribuem para perpetuar o ciclo de desigualdade na região, apesar de serem responsáveis pela maior parte da renda agrícola. Essas lavouras temporárias são a base da agricultura familiar da região (LIMA et al., 2016), sendo as principais atingidas pelos eventos de seca extrema.

Similar as demais regiões do Semiárido, o estado da Paraíba tem como um dos grandes gargalos para a sua produção agropecuária a ocorrência de secas prolongadas, havendo nesses eventos climáticos uma grande propensão ao registro de graves problemas socioeconômicos. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a evolução da produção de uma cultura de subsistência (feijão) durante um período de onze anos, no munícipio de Araruna – PB, associando os resultados obtidos com a precipitação pluviométrica local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Araruna é um município pertencente ao estado da Paraíba (Figura 1), inserido na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião do Curimataú Oriental. Ocupa uma área de 245,72 km^2 e tem uma população de 18879 habitantes (IBGE, 2010). Localiza-se nas coordenadas 06° 33' 28" Sul e 35° 44' 31" Oeste. No município, a agricultura é uma importante fonte de trabalho e renda, já tendo sido o maior produtor de feijão da Paraíba.

voltar ao
SUMÁRIO

O município está inserido na unidade geoambiental dos serrotes, inselbuergues e maciços residuais, com altitudes entre 200 a 500 metros, compreendendo elevações geralmente formadas por grandes penhascos rochosos. A vegetação é de Caatinga Hipoxerófila, com pequenas áreas de Florestas Caducifólia. Apresenta regime climático quente, com período chuvoso de fevereiro a agosto. O município encontra-se inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Curimataú e Jacu. Os principais corpos hídricos do município são a Lagoa d'Anta e o Açude do Limão, os seus principais cursos d'água apresentam regime de escoamento intermitente e padrão de drenagem do tipo dendrítico (CPRM, 2005).

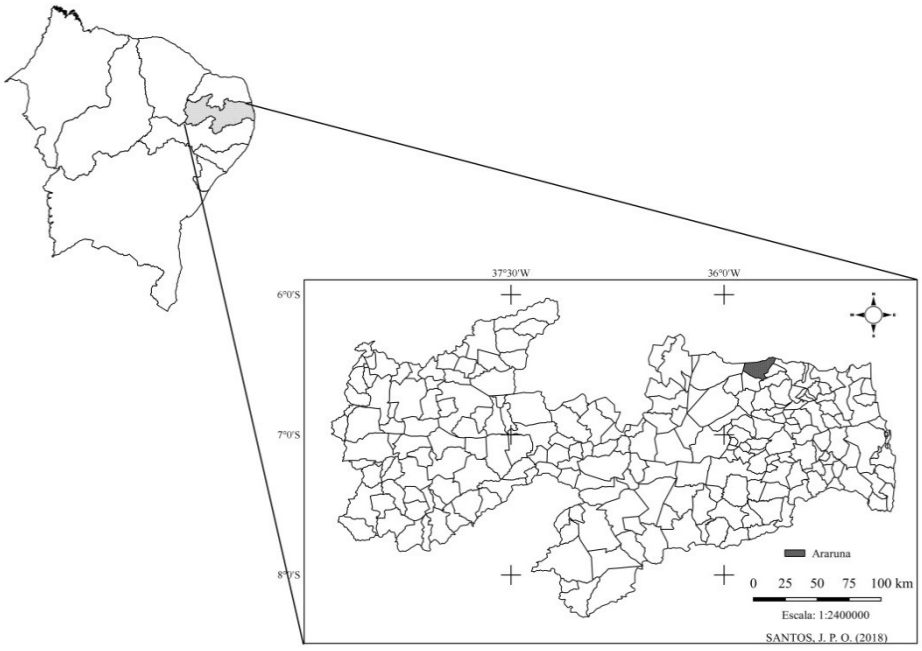


Figura 1 - Localização do município de Araruna, Paraíba.

As informações referentes ao cultivo de feijão em Araruna no período de 2005 a 2015 foram recuperados através do banco de dados da Produção Agrícola Municipal – Lavoura Temporária do IBGE, no Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). Obteve-se os valores relativos à precipitação pluviométrica no período estudado junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

voltar ao
SUMÁRIO

O município de Araruna apresentou áreas plantadas de feijão relativamente grandes, que chegaram a 7000 hectares em 2007 (Figura 2), resultados que demonstram a força da cultura nesse município. O feijão (*Phaseolus vulgaris,* L., Fabaceae) é uma leguminosa originária da América do Sul e constitui-se num dos principais alimentos da população brasileira, representando a fonte protéica básica na dieta diária (SOUZA, et al., 2013). Assim, seu cultivo como lavoura de subsistência é bastante praticado pelos agricultores familiares, representando uma fonte de segurança alimentar e nutricional para este grupo social.

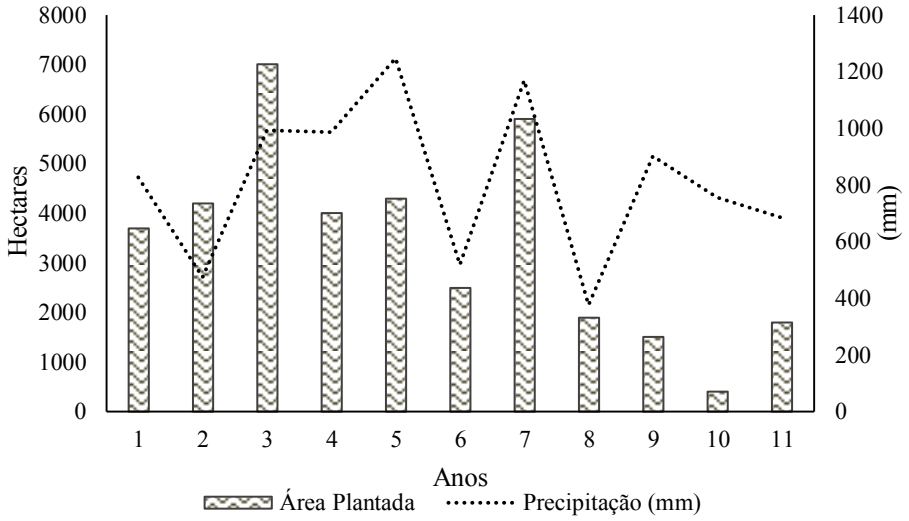


Figura 2 - Área plantada de feijão e precipitação pluviométrica no município de Araruna - PB (os números de 1 a 11 representam os anos de 2005 a 2015, respectivamente).

É perceptível que a precipitação foi um fator determinante na redução das áreas cultivadas com esse grão. O agricultor do Semiárido, de modo geral, é influenciado por bons índices pluviométricos para aumentar a sua a área de produção, comportamento inverso ao observado em anos com inverno irregular ou tardio. Observou-se uma redução brusca das áreas plantadas entre 2012 e 2015, período que caracterizou-se por apresentar umas das maiores secas da história do Nordeste. Embora para Araruna tenha sido registrada uma precipitação de 902,1 mm em 2013, maior que a média climatológica (845,5 mm), provavelmente os resultados insatisfatórios do ano anterior e a irregularidade na distribuição das chuvas tenham influenciado negativamente o produtor na hora de dimensionar as áreas a serem plantadas. Essa mesma tendência foi observada por Batista et al. (2018) para o município de Itaporanga, também no estado da Paraíba.

voltar ao
SUMÁRIO

No tocante a quantidade total de feijão produzida, houve uma queda acentuada a partir do ano de 2009, voltando-se a observar maiores valores em 2011 e 2013, embora o quantitativo seja muito inferior ao produzido entre 2005 e 2008 (Figura 3). Percebe-se que os eventos de baixa precipitação estão relacionados com essa queda, principalmente nos anos de 2010 e 2012. Embora em 2009 e 2013, os valores de precipitação estiveram acima da média climatológica para o município, os resultados da quantidade produzida e produtividade foram baixos, o que pode ser associado a uma série de fatores. Para 2009, a elevada precipitação (1247,1 mm) pode ter gerado um excesso de água no solo, condição extremamente desfavorável ao feijoeiro. Solos com alta umidade levam a baixa aeração do sistema radicular do feijão, prejudicando o desenvolvimento das plantas, além de que esse ambiente é um meio propício para a ocorrência de doença nesta cultura (SORATTO et al., 2003).

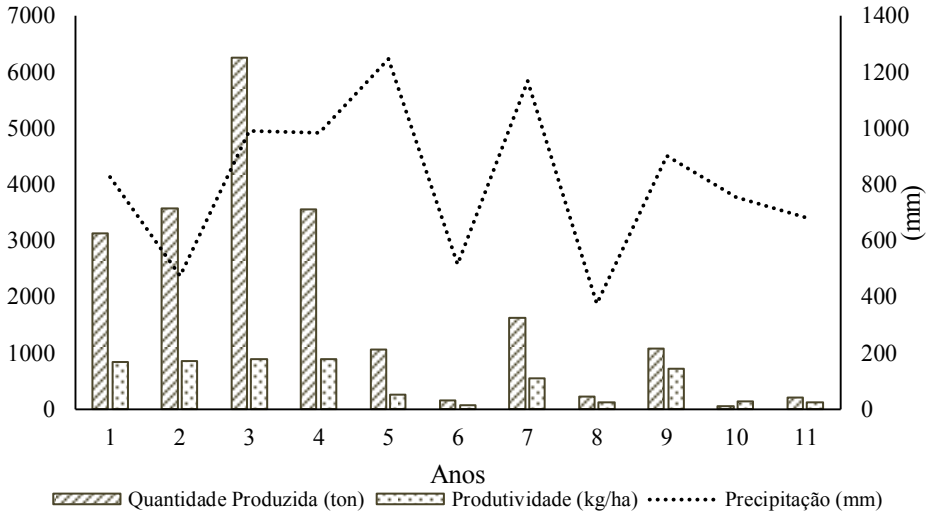


Figura 3 - Variáveis da produção de feijão e precipitação pluviométrica no município de Araruna – PB (os números de 1 a 11 representam os anos de 2005 a 2015, respectivamente).

Já em 2013, a forma irregular da precipitação comprometeu as características produtivas da cultura. Apesar de que anos mais chuvosos tendam a elevar a produção agrícola, se as precipitações não forem bem distribuídas dentro do ciclo da cultura, esta variável pode ser afetada negativamente, causando prejuízos nos resultados finais (SILVA; SILVA, 2016).

Os dados expõem a dependência de fatores pluviométricos para a obtenção de resultados produtivos, que mesmo sob condições ideais desse determinante, ainda se mostram inferiores ao panorama nacional. Mesmo nos anos mais chuvosos, a produtividade do feijão

voltar ao
SUMÁRIO

em Araruna foi bem inferior a média brasileira, que é de 1.105 kg por hectare (CONAB, 2017). Em grande parte das regiões produtoras de feijão no Semiárido, predomina a exploração agrícola por pequenos produtores, que fazem uso reduzido de insumos e aparatos tecnológicos, contribuindo assim para a obtenção de baixas produções (SOUZA, et al., 2013).

A longa estiagem iniciada em 2012 foi responsável por uma quebra significativa na produção de feijão, não só em Araruna, mas em grande parte das regiões produtoras do Semiárido. Em grande parte, isso ocorreu devido a predominância das lavouras de sequeiro, altamente dependentes das interações entre as fases fenológicas da cultura trabalhada e as variações interanuais do tempo e do clima. Independente da cultura plantada, nesse sistema existe a dependência inevitável da quantidade, da distribuição regular e da intensidade das chuvas no ambiente (MENEZES, et al., 2015). Para o feijão, essa dependência é ainda mais intensa, já que apresenta um ciclo curto, onde períodos de seca, por menores que sejam, podem afetar severamente as suas características produtivas (CALVACHE et al., 1997). Assim, mesmo sendo uma cultura já amplamente cultivada no Semiárido, precisa-se do desenvolvimento e da aplicação de técnicas e de manejos culturais que preconizem uma produção de feijão menos dependente dos fatores climáticos, levando a garantia de segurança alimentar e nutricional, além de redução da vulnerabilidade socioeconômica dos agricultores sertanejos.

4. CONCLUSÃO

A produção de feijão em Araruna mostrou-se fortemente dependente das condições climáticas. A produtividade foi inferior a média nacional, embora mesmo sob índices pluviométricos satisfatórios. Torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias de produção que diminuam a dependência dos fatores climáticos, além de se buscar a tecnificação desse seguimento.

5. REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Monitoramento**. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/. Acesso em: 15 de março de 2018.

BATISTA, M. C. ; SANTOS, J. P. O. ; SILVA FILHO, J. A. ; SOUSA, J. I. ; FELIX, R. J. S.; SILVA, J. L. C. Influence of rainfall variability on bean production (Phaseolus vulgaris L.) in

voltar ao
SUMÁRIO

a municipality of Brazilian semiarid. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 001-007, 2018.
BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, A. S.; PEREIRA, L. A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no Semiárido Pernambucano. [Rain water productivity in subsistence crops in the Semiarid of Pernambuco.] **Engenharia Agrícola,** v. 32, n. 1, p. 102-109, 2012.
CALVACHE, A. M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E.; BACCHI, O.O.S. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 3, p. 232-240, 1997.
CASAGRANDE, A.; SOUZA, E. B. C. O espaço e a demografia: o planejamento regional em perspectiva nas margens paranaenses do Lago de Itaipu. **Sociedade e Território**, v. 24, n. 1, p. 2-27, 2012.
CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 9 - Nono levantamento, junho 2017, 161p.
CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Araruna, estado da Paraíba**. CPRM/PRODEEM, Recife, 2005. 12 p.
LIMA, P. V. P. S.; MENDES, C. M.; ROCHA, L. A.; OLIVEIRA, M. R. R. No Rastro da Vulnerabilidade às Secas: Uma Análise da Produção de Grãos no Semiárido Brasileiro. **REDM**, v. 19, n. 1, p.183-196, 2016.
MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, J. L.C.; LIMA, T. S.; PIMENTA, T. A. Influência de veranico na produção agrícola no município de Santa Filomena, Piauí, Brasil. **Revista Verde**, v. 10, n. 4, p. 21 -25, 2015.
PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015. SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.
SILVA, G.; SILVA, D. Análise da Influência Climática Sobre a Produção Agrícola no Semiárido Cearense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.2, p. 643-657, 2016.
SORATTO, R. P. et al. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.
SOUZA. A. C. et al. Consórcio de pinhão manso e feijoeiro: alternativa para agricultura familiar. **Agrarian**, v.6, n.19, p.36-42, 2013.
TEIXEIRA, C. T. M.; PIRES, M. L. L. S. Análise da Relação Entre Produção Agroecológica, Resiliência e Reprodução Social da Agricultura Familiar no Sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 1, p. 47-64, 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 27
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA MICROCLIMÁTICA NAS PRAIAS DE CANDEIAS E BARRA DE JANGADA-PE: UM ESTUDO SOBRE A VULNERABILIDADE AMBIENTAL FRENTE ÀS MODIFICAÇÕES ANTRÓPICAS

ANALYSISOFTHEMICROCLIMATICINFLUENCEONTHEBEACHESOF CANDEIASAND BARRA DE JNGADA-PE: A STUDYONENVIRONMENTALVULNERABILITY IN THE FACE OFMODIFICATIONSANTHROPOGENIC

Juliane Barbosa Sales da Silva *, Ismael Batista Botelho*, Áurea Nascimento Siqueira Mesquita*, Bruno Fonseca da Silva*, Rennan Cabral Nascimento*

*Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **

RESUMO
O desenvolvimento urbano das cidades trouxe consigo compressões ambientais que acarretaram problemas tanto na perspectiva dos danos causados ao solo e sua biota quanto interferiram na saúde do homem através da mudança no microclima. Sabe-se que o desenvolvimento urbano em ambientes praias gerou a perda de faixas de areia e cobertura vegetal do bioma local modificando, assim, o sistema biológico local. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as condições microclimáticas na região costeira entre as praias de Candeias e Barra de Jangada, situadas no município de Jaboatão dos Guararapes - PE, através de método comparativo entre diferentes áreas e estruturas. A coleta dos dados foi realizada nas proximidades da área de engorda da praia de Candeias – PE, em trecho de aproximadamente 2 (dois) km em três intervalos de tempo durante 1(um) dia. Os pontos de coleta foram distribuídos em três superfícies, sendo elas: a) faixa de areia na orla da praia; b) calçadão ou via a beira mar mais próxima da faixa de areia da praia; e c) área asfaltada uma quadra posterior ao calçadão. Para coleta dos dados foram utilizados receptores de sinal GPS para aquisição das coordenadas geográficas e posterior georreferenciamento, equipamentos para coleta de temperatura relativa do ar e umidade relativa do ar, termo-higrômetros, e pistola a laser para medição da temperatura. Com isso, pode se concluir que a faixa de areia de engorda apresentou maior capacidade de absorção de calor e assim minimização da temperatura relativa do ar e da superfície e consequente aumento da umidade.Os resultados apontaram que a areia influenciou beneficamente na minimização térmica da área enquanto que a área posterior a edificações apresentaram os maiores registros de temperatura, seguido da área de calçadão na orla. Com isso, pode se concluir que a faixa de areia de engorda apresentou maior capacidade de absorção de calor e assim minimização da temperatura relativa do ar e da superfície e consequente aumento da umidade.
Palavras-Chaves:microclima, conforto térmico, impermeabilização do solo

ABSTRACT
The urban development of the cities brought with it environmental compressions that caused problems both from the perspective of the damage to the soil and its biota as they interfered in the health of man through the change in the microclimate. It is known that urban development in beaches environments generated the loss of sand tracks and vegetation coverage of the local biome thus modifying the local biological system. In this context, the objective of this research was to evaluate the microclimatic conditions in the coastal region between the beaches of Candeias and Barra de Jangada, located in the municipality of Jaboatão dos Guararapes-PE, through a method of compositions between different areas and Structures. The collection of the data was carried out in the vicinity of the area of fattening of the beach of Campos-PE, in excerpt of approximately 2 (two) km in three intervals of time during 1 (one) day. The collection points were distributed on three surfaces, with them: a) range of Sand on the shore of the beach; b) Boardwalk or via the seaside nearest the beach sand strip; and c) paved area one block posterior to the boardwalk. For data collection were used GPS signal receivers for acquisition of geographical coordinates and posterior georeferencing, equipment for collection of relative air temperature and relative humidity of air, thermo-hygrometers, and laser gun for Temperature measurement. With this, it can be concluded that the sand belt of fattening presented greater capacity of heat absorption and thus minimization of the relative temperature of the air and the surface and consequent increase of the humidity. The results pointed out that the sand influenced beneficially in the thermal minimization of the area while the posterior area of buildings presented the highest temperature records, followed by the Boardwalk area on the waterfront. With this, it can be concluded that the sand belt of fattening presented greater capacity of heat absorption and thus minimization of the relative temperature of the air and the surface and consequent increase of the humidity.
Keywords: microclimate, thermal comfort, soil proofin

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente vêm perdendo porções crescentes de espaços naturais em virtude de compressões antrópicos em tempos pretéritos e que se perpetuam nos dias atuais. Essas compressões vêm acarretado diminuições consideráveis de ambientes propícios a um conforto térmico.

Sabe-se que os desenvolvimentos nos espaços urbanos nas grandes cidades geraram a retirada de longas faixas de cobertura vegetal, impermeabilização dos solos, poluição a cursos de rios e lagos além de poluentes lançados no ar atmosférico. Esses fatos conjugados por sua vez originarammudanças em ciclos biológicos naturais, tais como, o bem estar climático, segundo as perspectivas do microclima.

Os impactos gerados ao microclima desses espaços foram fortemente influenciados pela retirada da cobertura vegetal existente, pela capacidade de suporte e permeabilidade de água à superfície e subsolo, podendo haver queda em níveis de água nos lençóis freáticos, e em virtude da impermeabilização do solo, que ocasiona as enchentesem ambientes urbanos, devido baixo escoamento da água em virtude do mesmo fenômeno.

Nos ambientes costeiros isso não se deferiu, o desenvolvimento urbano das cidades se deu, sobretudo ao longo de toda a costa brasileira (Freyre, 2014), os impactos a este ambiente aconteceram tanto com relação a barreiras antrópicas de prédios e edifícios, aos quais, geraram desconforto, devido aos ventos oriundos de ambientes aquáticos não conseguirem se deslocar para dentro da costa, além as faixas de areia estarem hoje quase que totalmente ocupadas.

Sabe-se que áreas com elevado processo de modificação humana possuem danos ambientais que modificam a sobrevivência de diversas escalas da vida, como maleficiosafauna e flora que são prejudiciaisà saúde humana (GOUVEIA, 1999).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as condições microclimáticas na região costeira entre as praias de Candeias e Barra de Jangada, Jaboatão dos Guararapes - PE, através de método comparativo entre diferentes áreas e estruturas. E, tendo como problemática, o aumento progressivo da urbanização como modificador do microclima local, gerando desconforto e prejuízos a áreas de convívio contínuo da população.

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na faixa litorânea entre as praias de Candeias e Barra de Jangada -PE, localizada na zona leste da cidade de Jaboatão dos Guararapes (Figura 01). A área de estudo foi escolhida segundo aspectos de modificação ambientais ocorridas nos últimos anos, devido aos processos erosivos naturais e ao processo de reversão dos impactos ambientais através da engorda da praia.

Figura 01– Mapa de localização da área de estudo. **Fonte**: Botelho (2018).

A obra de reposição (engorda) da faixa de areia na costa da praia de Candeias– PE representou um acréscimo de 30 a 40 metros na orla das praias (Site G1, 2013). Sabe-se que a área das praias hoje ainda sofre com os danos dos processos erosivos naturais aos quais necessitam de manutenção contínua, sendo para tanto necessárias obras de contenção ou reposição da faixa de areia em ambientes costeiros no nordeste brasileiro.

voltar ao
SUMÁRIO

A área de estudo apresenta ainda área com processos de modificações antrópicas em pequena, média e larga escala com área que apresentavam vegetações arbustivas e pequenas gramíneas a solo exposto ou com elevado grau de impermeabilização.

Segundo a classificação climática de Koppen o clima predominante da área de estudo é o As' com temperaturas médias que variam em torno de25ºC com a concentração de chuva predominantemente no inverno antecipadas no outono. A área sofre a influência das massas de ar equatoriais atlânticas e tropicais atlânticas, segundo a classificação de Strahler (2005).

2.2 Coleta dos dados

Os pontos de coleta dos dados foram distribuídos em um trecho aproximado de 2 km da orla, intercalados em 4 (quatro) faixas lineares de visita (Figura 01). A visita a campo foi realizada no dia 28 de agosto de 2016, as condições de tempo eram derelativa nebulosidade e pancadas de chuvas durante certos períodos entre os horários da visita. Foram realizadas coletas de temperatura média do ar, temperatura média da superfície e umidade relativa do ar, em diferentes ambientes, sendo eles: a) Faixa de areia na orla da praia; b) calçadão ou via a beira mar mais próxima da faixa de areia da praia e, c) área asfaltada posterior a edificações (Tabela 01).

Tabela 01: Distribuição dos pontos de coleta dos dados/ horário de coleta

Um exemplo de coluna (Coleta)	**Ponto A (*p/h*)**	**PontoB (p/*h*)**	**Ponto C (p/*h*)**	**Ponto D (p/*h*)**
Faixa de areia	1/9h00min	4/9h00min	7/9h00min	10/9h00min
Calçadão ou via próxima a areia	2/12h00min	5/12h00min	8/12h00min	11/12h00min
Uma quadra posterior à praia	3/15h00min	6/15h00min	9/15h00min	12/15h00min

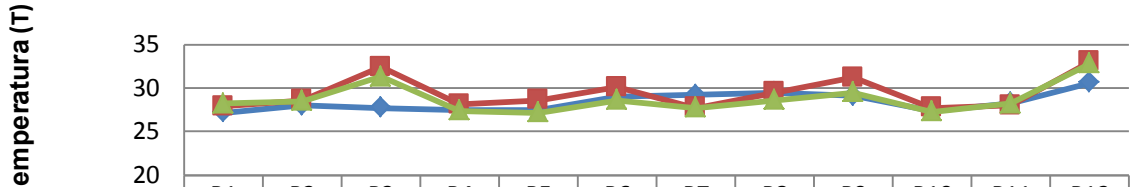
Para marcação das coordenadas geográficas dos pontos destacados foram utilizadosreceptores de GPS etrex 10 Garmin, para coleta da temperatura da superfície foi utilizado uma pistola a laser IR digital com infravermelho e leitor de LCD, no qual fazia medições de temperatura de -50º a 380º. Já para coleta dos dados de temperatura média do ar e umidade relativa do ar,foramutilizados o termo higrômetro Mod HT – 260 digital e portátil ao qual fazia medições de temperatura de -2-º a 70º, e as medições de umidade relativa do ar ficavam entre 0 a 100%.

voltar ao
SUMÁRIO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados apontaram que a influência antrópica impactou em modificações no microclima local gerando na área de estudo mudanças na temperatura da superfície e na temperatura e umidade relativa do ar.

Os pontos onde houve a influência de áreas modificações pela urbanização, uma quadra após a linha de costa, foram as que apresentaram maior incidência de temperatura relativa do ar. Em virtude, sobretudo, do processo de urbanização ocorrido nas praias de Candeias e Barra de Jangada, ter surtido efeitos danosos que se assemelham a barreiras artificiais modificando a livre circulação dos ventos. Fato este observado no ponto 12 que apresentou as maiores temperaturas registradas com valores entre 27,7ºC e 33,0º C, nos três horários de coleta, fato que se justifica pela área de coleta apresentar um conjunto habitacional de elevada quantidade de andares ao qual surtiu efeito de barreira antrópica (Gráfico 01).



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
9Horas	27,2	28,0	27,7	27,5	27,5	29,0	29,2	29,5	29,1	27,4	28,3	30,6
12 Horas	27,9	28,6	32,4	28,1	28,6	30,1	27,7	29,5	31,2	27,7	28,0	33,0
15 Horas	28,2	28,5	31,3	27,4	27,2	28,6	27,7	28,6	29,5	27,3	28,2	32,8

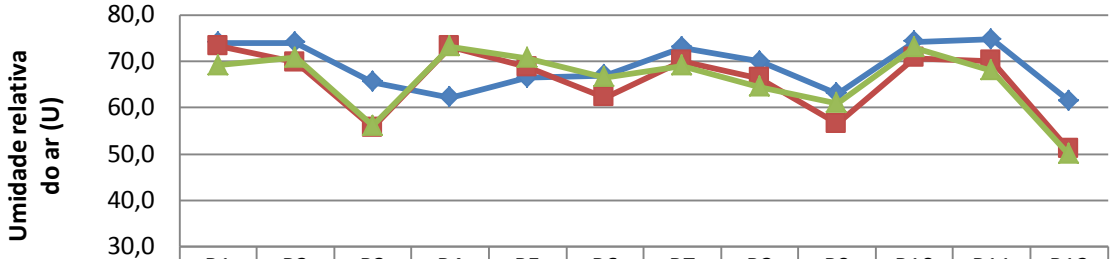
Gráfico 01: Temperatura média do ar registrada nos 12 (doze) pontos distribuídosna área de estudo**Legenda: Pontos -** P1/P4/P7/P10: faixa de areia na orla da praia; **Pontos –** P2/P5/P8/P11: calçadão ou via a beira mar mais próxima da faixa de areia da praia; **Pontos-** P3/P6/P9/P12: área asfaltada uma quadra posterior ao calçadão.

Segundo Romero (2011), a alteração na quantidade de edificações acarreta modificações no microclima local. Em um estudo realizado em Brasília, mostrou-se que a construção de edifícios mais longos (verticalizados) e pouco vazados acarretou em um aumento significativo da temperatura média do ar. Com isso, apesar da malha urbana na orla

voltar ao
SUMÁRIO

de Jaboatão dos Guararapes apresentar relativa distribuição nas edificações, à presença de edificações mais verticalizadas, mesmo em espaços distribuídos, acarretam em oscilação nos dados do microclima local em relação a faixa mais próxima ao mar. Seja esta caracterizada pelo aumento de temperatura ou um desconforto térmico. Fato este comprovado pela presença de temperaturas médias do ar localizadas nas áreas de areia da praia e calçadão menores que as posteriores as edificações, tendo nos pontos P1 com o menor índice registrado 27,2 ºC às 9 horas da manhã e no P7 com 27,2 ºC às 15 horas da tarde na faixa de areia da praia.

Os resultados referentes a umidade relativa do ar demonsteam que os pontos lozalizados em áreas onde haviam barreiras antrópicas, edificações e impermeabilização do solo, foram as que apresentaram menores indicativos. Fato esse que vêm a reafirmar o fato das ações modificadoras do homem estarem gerando alterações persectiveis. Tendo no ponto e P12 o menor registro de umidade na relativa do ar entre os pontos visitados.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
9Horas	74,0	74,0	65,5	62,2	66,5	67,0	73,0	70,0	63,0	74,2	74,7	61,5
12 Horas	73,3	69,8	55,7	73,2	68,7	62,2	70,1	66,4	56,5	70,7	70,1	51,0
15 Horas	69,1	70,8	56,1	73,2	70,7	66,6	69,0	64,5	61,0	73,0	68,0	50,0

Gráfico02: Umidade relativa do ar nos 12 (doze) pontos distribuídos na área de estudo **Legenda: Pontos -** P1/P4/P7/P10: faixa de areia na orla da praia; **Pontos –** P2/P5/P8/P11: calçadão ou via a beira mar mais próxima da faixa de areia da praia; **Pontos-** P3/P6/P9/P12: área asfaltada uma quadra posterior ao calçadão.

Nascimento etall. (2013) apontaram que áreas de urbanização surtem efeitos danosos ao microclima das cidades. Estudo realizado na Praça do Derby – PE mostrou que o conforto térmico encontrado na área central da praça, cercada de árvores, é maior que as áreas em seu arredor com alto grau de impermeabilização dos solos com superfícies asfaltadas e elevado grau de circulação de veículos.

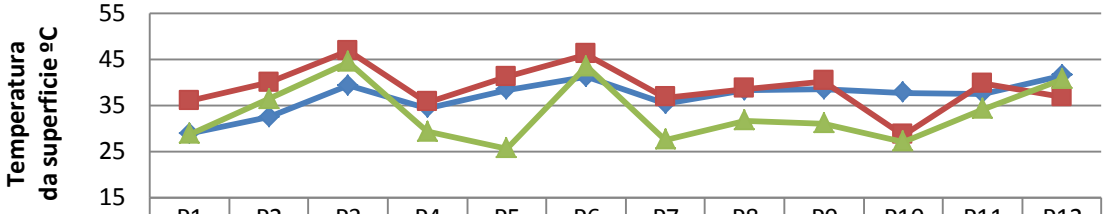
Sabendo-se disso as áreas com superfícies que permitem a absolvição de calor e menor refletância são benéficas na minimização de temperatura, seja ela temperatura

voltar ao
SUMÁRIO

relativa do ar ou temperatura da superfície (Gráfico 03), no caso do estudo foram feitas medições referentes à temperatura encontrada na faixa de areia e seus benefícios como minimização da temperatura.

Estudos correlacionados afirmam que a urbanização ao longo da linha de costa gera alterações não apenas ao microclima local, mas, sobretudo interferem em processos erosivos naturais.Fato observado ao longo da faixa litorânea entre Candeiase Barra de Jangada – PE, ao qual se tornou bastante vulnerável aos processos erosivos devido ao grande processo de ocupação da área costeira. (SOUZA; SANTOS, 2015)

Os resultados referentes à temperatura média da superfície vieram a confirmar os dados encontrados referentes à temperatura relativa do ar e a umidade relativa do ar. Os pontos localizados na faixa de areia apresentaram temperatura relativa menor que os encontradosnos pontos em áreas posteriores a edificações. Porém o ponto P5 localizado em área de calçadão apresentou o menor indicativo de temperatura, se devendo, provavelmente, ao fato deste localizar-se em área com pequenas gramíneas que cresceram na área da orla da praia.



	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
9Horas	28,9	32,5	39,3	34,5	38,4	41,2	35,4	38,3	38,5	37,8	37,6	41,5
12 Horas	36,0	40,0	46,8	35,7	41,2	46,1	36,7	38,6	40,3	28,6	39,8	36,8
15 Horas	28,8	36,4	44,4	29,4	25,7	43,5	27,6	31,8	31,1	27,2	34,3	40,7

Gráfico 03: Temperatura média da superfície nos 12 (doze) pontos distribuídos na área de estudo **Legenda: Pontos -** P1/P4/P7/P10: faixa de areia na orla da praia; **Pontos –** P2/P5/P8/P11: calçadão ou via a beira mar mais próxima da faixa de areia da praia; **Pontos-** P3/P6/P9/P12: área asfaltada uma quadra posterior ao calçadão.

Sabe-se que a modificação da superfície do solo por processos antrópicos gera mudanças abruptas na forma de absorção e reflexão da temperatura (Alves, 2012) fazendo com que áreas passem a refletir maior calor e modificar a vida da sociedade local gerando fenômenos como desconforto térmico (Nóbrega, 2011). Esse desconforto pode ser verificado em toda a área estudada, seja como a percepção da temperatura ou mesmo da umidade relativa presente ao longo da orla, com variações entre os pontos de livre circulação das brisas

voltar ao
SUMÁRIO

marítimas para as áreas com barreiras antrópicas e, tendo a faixa de areia o minimizador da sensação de calor encontrada na área.

4. CONCLUSÃO

Com isso, pode-se concluir que os processos antrópicos apresentam intima ligação com as modificações espaciais do microclima.A elevada taxa de ocupação da região costeira na área de estudo fez com que fosse perceptível, através dos dados levantados, inferir as variações de temperatura e umidade relativa do ar, causando nas áreas mais afastadas do mar e mais próximas dos bolsões urbanos (verticalizado e impermeabilizado) um desconforto térmico quando comparada as regiões mais próximas à faixa da praia e com a presença menor da impermeabilização e sugestiva aproximação com elementos vegetacionais, sejam eles gramíneos a arbóreos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEO/UFPE) e as professoras ministrantes ao conhecimento adquirido na disciplina gestão ambiental baseada em ambientes costeiros

6. REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L ; BIUDES, M. S. Padrões de temperatura do ar e da umidade relativa : estudo de caso no campus de Cuiabá da Universidade Federal do Mato Grosso. **Revista de Geografia.** Volume 30 , n 3, 2012.

FREYRE, G. **Nordeste.** 7º ed. ver – São Paulo: Global 2004.

NASCIMENTO, R. C; SILVA, J. B. S; SANTOS, R. F; VASCONCELOS, T. L. **Estudo microclimático da praça do Derby e entorno, Recife – PE.** Série Encontro das Águas ; n. 7, 2013.

NOBREGA, R; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos da cidade do Recife. **Revista de Geografia** (UFPE) V. 28, No. 1, 2011.

ROMERO, M. A. B. Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. **Forúm Patrimônio. Mudanças climáticas e o impacto das cidades,** v.4, n.1, 2011.

voltar ao
SUMÁRIO

SOUZA, P. O;SANTOS, G. A. P. **Análise de pós-impacto em curto e médio prazo da engorda da praia de Candeias e Piedade através da caracterização meiofaunística, e isolamento de biomodelos.** XIII CONIC VII CONITIE IV ENC. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. Revista Saúde e Sociedade. v. 8, n1, p 49-61, 1999.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 28
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA A REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

ANALYSIS OF PERFORMANCE OF INTENSIVE RAIN EQUATIONS FOR THE METROPOLITAN REGION REGION

Ialy Rayane de Aguiar Costa*, Artur Paiva Coutinho **.

*Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Núcleo de Tecnologia, Grupo de Recursos Hídricos, Caruaru, Brasil.**
*Professor Adjunto do Núcleo de Tecnologia do Centro Acadêmico do Agreste da UFPE, Brasil. ***

RESUMO
As equações de intensidade, duração e frequência possuem evidente importância na concepção dos diversos projetos hidráulicos-hidrológicos, como na drenagem urbana, agrícola e de rodovias. A determinação de hidrogramas de projetos necessita de hietogramas de projeto associados a um tempo de recorrência e a uma duração específica. Esse trabalho realiza uma comparação de desempenho de cinco equações de chuvas intensas correntemente utilizadas na cidade do Recife. Três dessas equações foram determinadas pela ENCIBRA (1978), Acqua Plan (1980) e Ramos e Azevedo (2010), outras duas foram determinadas por Coutinho et al. (2010), a partir de métodos de desagregação de precipitação: Método de Bell e Método das relações entre durações. Como resultados, observou-se que a equação proposta pela Acqua Plan (1980) subestima as alturas de precipitação para todos os tempos de retorno analisados. Além disso, a equação determinada pela Acqua Plan (1980) é a menos conservadora, subestimando o pico do hietograma em até 44% quando comparada com a equação da ENCIBRA (1978). A equação 4, determinada por Coutinho et al. (2010), pelo método das relações entre durações, possui o maior bloco máximo de precipitação para todos os tempos de retorno.

Palavras-Chaves: Chuva de projeto, Hietograma de projeto, Precipitações máximas.

ABSTRACT
The intensity, duration and frequency equations are clearly important in the design of various hydraulic-hydrological projects, such as urban drainage, agricultural and road drainage. The determination of project hydrographs requires the determination of project hyetograms associated with a recurrence time and a specific duration. This work compares the performance of five heavy rain equations, which are currently used in the city of Recife. Three of those equations were determined by ENCIBRA (1978), Acqua Plan (1980), Ramos and Azevedo (2010)) and two of them by Coutinho et al. (2010), from precipitation disaggregation methods. As results, it was observed that the equation proposed by Acqua Plan (1980) underestimates the precipitation heights for all the return times analyzed. The equation proposed by Acqua Plan (1980) underestimates the precipitation heights for all the return times analyzed. However, the equation determined by Acqua Plan (1980) is less conservative than the others, underestimating the peak of the hyetogram by up to 44%, when compared to the ENCIBRA (1978) equation. The equation 4, which was determined by Coutinho et al. (2010) through the method of relations between durations, has the largest maximum block of precipitation for all return times.

Keywords: Project rainfall, Project hyetogram, Maximum rainfall.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

As equações de intensidade, duração e frequência possuem importância fundamental para a concepção e dimensionamento de estruturas hidráulicas. As equações i-d-fs permitem a estimativa dos hietogramas de projeto associados a um tempo de retorno e uma duração específica, possibilitando a determinação das vazões de projeto e também a estimativa dos hidrogramas através dos diversos métodos de transformação chuva vazão.

No caso da cidade do Recife, existem algumas equações determinadas através da metodologia clássica com dados pluviográficos: a equação determinada pela (ENCIBRA (1978), FIDEM (1980), Ramos e Azevedo (2010)) e duas equações determinadas a partir de uma série histórica de precipitações máximas diárias utilizando a metodologia de Bell (1969) e o método das relações entre durações (Coutinho et al (2010)).

O método da desagregação de chuvas desenvolvido pelo DAEE/CETESB (1980) adota o fator médio de 1,14 para a transformação de chuva máxima de 1 dia, em chuva de 24 h. Para outros tempos de duração de chuvas, utilizam-se os coeficientes apresentados em tabelas facilmente encontradas em publicações como Tucci (2004). No entanto, Silveira (2000) sintetiza e facilita o uso dessas relações através da determinação de uma expressão analítica.

Segundo Righetto (1998), o método de Bell (1969) é indicado para regiões onde as chuvas do tipo convectiva são predominantes. Esse método é válido para tempos de retorno variando de dois a cem anos e para durações de cinco a cento e vinte minutos. O método se aplica com a estimativa de altura pluviométrica máxima diária anual correspondente a um tempo de retorno de dois anos e duração de sessenta minutos. O método de Bell e o método das relações entre durações são metodologias alternativas que podem ser utilizadas quando não se dispõem de dados pluviográficos. Para a aplicação desses métodos é necessária a disponibilidade de boas séries de dados pluviométricos, isto é, séries longas, contínuas e consistidas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise do desempenho de cinco equações de intensidade, duração e frequência (ENCIBRA (1978), Acqua-Plan (1980), Ramos e Azevedo (2010) e Coutinho et al. (2010)) correntemente utilizadas na cidade do

voltar ao
SUMÁRIO

Recife, facilitando assim a utilização das mesmas para os projetos de engenharia de recursos hídricos concebidos na RMR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram plotadas as alturas de precipitação em função do tempo para as equações de intensidade-duração e frequência existentes para a cidade do Recife. A cidade do Recife dispõe de duas equações de chuva elaboradas pelas consultoras ENCIBRA, contratada pela Prefeitura do Recife no final da década de 1970, e Acqua-Plan, contratada pela FIDEM em 1980; onde foram tomados como base os dados históricos entre 1926 e 1977, observados nos postos de Olinda e do Curado. Ressalta-se que apenas a da ENCIBRA (1) foi obtida especificamente para a cidade do Recife.

Equação da chuva elaborada pela ENCIBRA (1978) para a cidade do Recife:

$$\boldsymbol{i = \frac{335{,}47.T^{0{,}218}}{(t+4)^{0{,}539}}} \qquad (1)$$

As equações elaboradas pela Acqua-Plan referem-se à Região Metropolitana do Recife - RMR. Em seu estudo, a consultora estabeleceu duas equações (2a e 2b). Adota-se o valor máximo entre as expressões (2a) e (2b).

$$i_1 = \frac{456{,}768.(T-1{,}5)^{0{,}117}.(1-4{,}54.10^{-21}.t^8)}{(t+6)^{0{,}5811}} \qquad (2a)$$

$$i_2 = \frac{72{,}153.(T-1{,}75)^{0{,}173}}{(t+1)^{0{,}74926}} \qquad (2b)$$

Ramos e Azevedo (2010) (equação 3) realizaram a atualização da equação i-d-f para a cidade do Recife, a partir de uma série de 40 anos (de 1968 a 2007) para um posto pluviográfico situado no Aeroporto Internacional dos Guararapes.

$$i = \frac{1423{,}97\ T^{0{,}1124}}{(t+21)^{0{,}7721}} \qquad (3)$$

Coutinho et al. (2010) desenvolveram uma expressão i-d-f baseada em uma série de precipitações máximas diárias a partir do método das relações entre durações (equação 4) e do método de Bell (equação 5):

voltar ao
SUMÁRIO

$$i = \frac{662{,}83\ T^{0{,}2522}}{(t+3{,}78)^{0{,}7489}} \quad (4)$$

$$i = \frac{362{,}72\ T^{0{,}2129}}{(t+4{,}12)^{0{,}5824}} \quad (5)$$

Nessas expressões, T é o período de retorno em anos, t a duração da chuva em minutos, e i a intensidade de precipitação em mm/h.

A distribuição temporal da chuva foi feita com base na metodologia apresentada no método do *Bureau of Reclamation* descrito por Bertoni e Tucci (2001). A metodologia denominada de blocos alternados distribui a precipitação ao longo do tempo de forma a buscar um cenário crítico de precipitação. Este cenário baseia-se em precipitação pequena e média no início do tempo e precipitação alta próximo do final da duração, quando geram hidrogramas com grande pico. O procedimento consiste em (Porto Alegre, 2005):

Para os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos, foram calculadas através das i-d-f selecionadas a precipitação correspondente à duração, espaçadas pelo intervalo de tempo até a duração total. Por exemplo, sendo a duração total de 60 min e o intervalo de tempo de 10 min, calcula-se a partir da i-d-f as precipitações de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Esses valores são precipitações acumuladas, Pa(t), para cada duração.

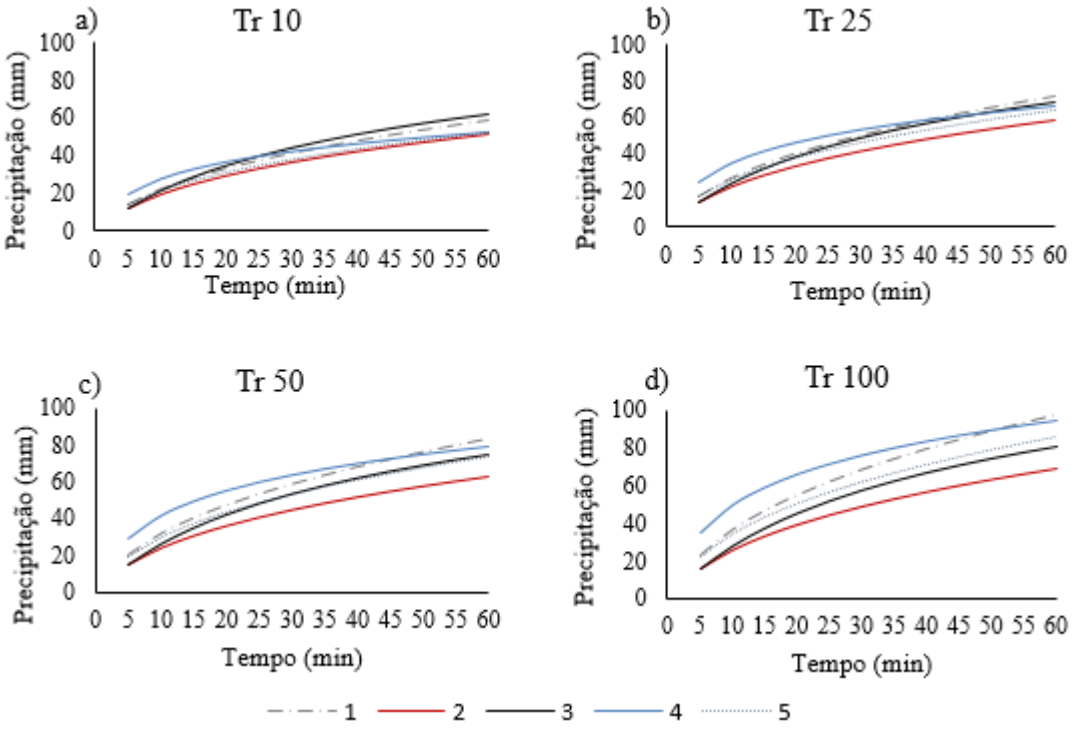
Considerando que a precipitação em cada intervalo de tempo é a diferença entre dois intervalos de tempo, obtém-se a primeira versão do hietograma. Geralmente, esse resultado mostrará o valor máximo no primeiro intervalo de tempo, portanto o hietograma deve ser reordenado para buscar cenários mais desfavoráveis. Os incrementos de chuva foram reordenados conforme explicitado por Bertoni e Tucci (2001) para o método do *Bureau of Reclamation* da seguinte maneira: 6, 4, 3, 1, 2, 5. Com a maior precipitação no quarto intervalo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As alturas de precipitação para um tempo de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos são apresentadas, respectivamente, na Figura 1. Para um tempo de retorno de dez anos, a equação proposta por Coutinho et al. (2010) a partir do método de desagregação de chuva das relações entre durações apresenta as maiores alturas de precipitação para uma duração de até vinte

minutos. A partir da duração de vinte minutos, a equação proposta por Ramos e Azevedo (2010) apresenta as maiores estimativas para a precipitação até a duração de sessenta minutos. Além disso, a equação proposta pela Acqua Plan (1980) apresenta as menores alturas de precipitação durante todo o tempo. Isso pode levar a uma subestimativa das vazões de projeto, ou mesmo dos volumes necessários para armazenamento de algumas obras de drenagem.

A análise para um tempo de retorno de vinte e cinco anos demonstra que a equação desenvolvida por Coutinho et al. (2010), através do método das relações entre durações (equação 4), estima maiores alturas de precipitação pluviométrica até uma duração de trinta e cinco minutos. A partir de trinta e cinco minutos, a expressão também desenvolvida por Coutinho et al. (2010), desta vez a partir do método de Bell (1969), apresenta maiores estimativas para precipitação. Também para esse caso, a equação desenvolvida pela Acqua Plan (1980) subestima sempre as alturas de precipitação. As diferenças entre as equações aumentam com o incremento do tempo de retorno.



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 1 - Altura de precipitação para um tempo de retorno de: a) 10 anos, b) 25 anos, c)50 anos e d) 100 anos calculadas a partir das equações de intensidade duração e frequência "1", "2", "3", "4' e "5" da cidade do Recife.

Na Figura 2 são apresentados os hietogramas de projeto para os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos pelo método do *Bureau of Reclamation*. Observa-se que para todos os tempos de retorno a equação desenvolvida por Coutinho et al. (2010) apresenta o maior pico de precipitação. No entanto, para as demais durações, no trecho ascendente e descendente do hietograma as alturas pluviométricas para essa equação não se apresentam maiores. Embora demonstre maior pico, a equação 4 não apresenta a maior lâmina total precipitada.

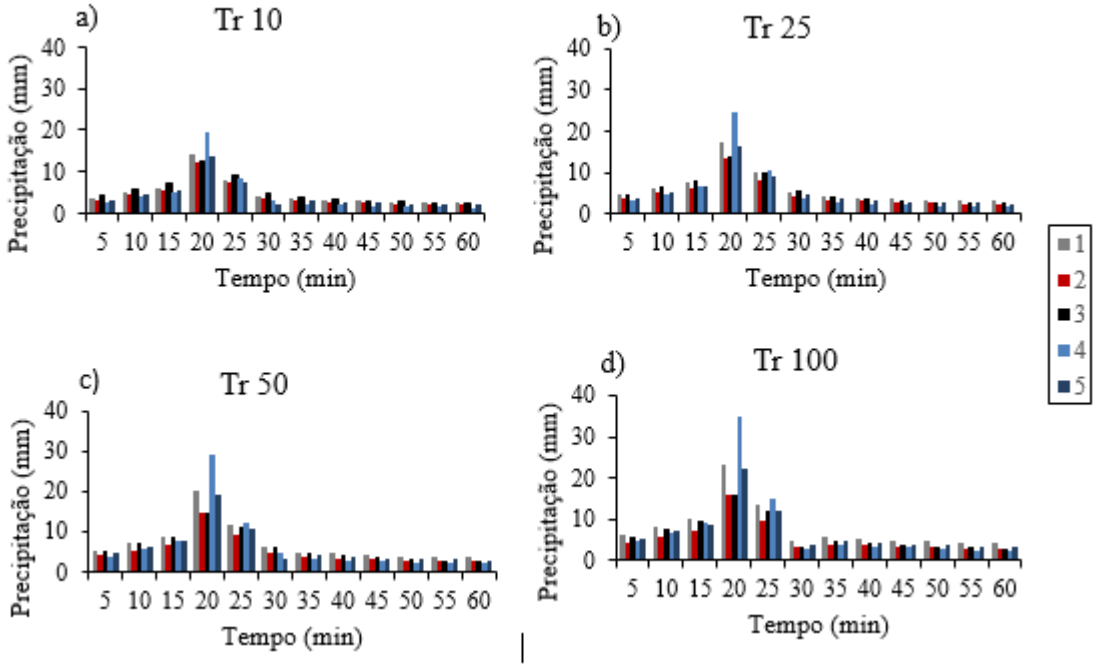


Figura 2 - Hietograma de projeto para um tempo de retorno de: a) 10 anos, b) 25 anos, c) 50 anos e d) 100 anos calculados a partir das equações de intensidade, duração e frequência "1", "2", "3", "4" e "5" da cidade do Recife.

Na Tabela 1 são apresentados os totais precipitados para cada hietograma determinados a partir das equações "1", "2", "3", "4" e "5". Observa-se que para um tempo de retorno de dez anos a equação 3 é a que demonstra o maior total precipitado, com um valor de 62 mm. Para um tempo de retorno de vinte e cinco anos, a equação 1 é a que apresenta o maior total precipitado, com um total de 71,92 mm. Para tempo de retorno de cinquenta anos,

voltar ao
SUMÁRIO

a equação 1 possui o maior total precipitado e a equação 4 o segundo maior total. Essa tendência é mantida também para o tempo de retorno de cem anos.

Tabela 1 - Total precipitado para os hietogramas de projeto com os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos com o uso da equação "1", "2", "3", "4" e "5".

Tempo de retorno	EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO E FREQUÊNCIA				
	1	2	3	4	5
	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
10	58,9	51,42	62	52,74	51,08
25	71,92	57,91	68,72	66,45	63,80
50	83,66	63,04	74,29	79,15	71,95
100	94,80	66,56	77,34	91,61	83,40

1-ENCIBRA, 2-Acqua Plan, 3-Ramos e Azevedo (2010), 4,5- Coutinho et al. (2010).

Na Tabela 2 são apresentados os blocos máximos para cada hietograma determinados a partir das equações "1", "2", "3", "4" e "5". Observa-se que a equação 4 possui o maior bloco máximo de precipitação para todos os tempos de retorno. Nesse contexto, a equação 1 demonstra o segundo maior bloco máximo de precipitação, com valores muito próximos daqueles apresentados pela equação 5. Os menores valores máximos foram aqueles apresentados pela equação 2 ou pela equação 3. Esse resultado tem forte impacto na estimativa das vazões de pico nos hidrogramas de projeto.

Tabela 2 - Precipitação máxima dos hietogramas de projeto com os tempos de retorno de 10, 25, 50 e 100 anos com o uso da equação "1","2","3","4" e "5".

Tempo de retorno	EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO E FREQUÊNCIA				
	1	2	3	4	5
	Pmax(mm)	Pmax(mm)	Pmax(mm)	Pmax(mm)	Pmax(mm)
10	14,13	12,14	12,42	19,38	13,62
25	17,25	13,67	13,77	24,41	16,65
50	20,07	14,88	14,89	29,08	19,18
100	23,24	16,17	16,09	34,63	22,24

1-ENCIBRA, 2 – Acqua Plan, 3-Ramos e Azevedo(2010), 4,5- Coutinho et al.(2010).

Na análise para um tempo de retorno de vinte e cinco anos, a equação 4 apresentou o maior valor de pico do hietograma, com um valor de 24,41 mm, seguida pela equação

voltar ao
SUMÁRIO

determinada pela ENCIBRA (1978), com um valor de 17,25 mm. O menor valor do pico do hietograma para o tempo de retorno de vinte e cinco anos foi apresentado pela equação determinada pela Acqua Plan, com um valor de 13,67mm. Esses resultados demonstram que a equação determinada pela Acqua Plan é a menos conservadora, subestimando para esse caso o pico do hietograma em até 44% quando comparada com a equação da ENCIBRA (1978).

4. CONCLUSÃO

A equação proposta pela Acqua Plan (1980) subestima as alturas de precipitação para todos os tempos de retorno analisados. Verificou-se que a mesma é a menos conservadora, subestimando o pico do hietograma em até 44% quando comparada com a equação da ENCIBRA (1978). A equação 4, determinada por Coutinho et al. (2010) pelo método das relações entre durações, possui o maior bloco máximo de precipitação para todos os tempos de retorno.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio a realização da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ACQUA-PLAN; FIDEM. **Plano Diretor de Macrodrenagem da Região Metropolitana do Recife**, disponível na EMLURB. Recife – PE, 1980.

BELL, F. C. (1969). Generalized rainfall-duration-frequency relationships. **Journal of the Hydraulics Division –ASCE,** v.95, p311-327, 95: 311-327.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora UFRGS, 2001.

COUTINHO, A. P.; SILVA, R. O. B.; SILVA, F. B.; Montenegro; ANTONINO, A. C. D. (2010). Determinação de Equações de Chuvas Intensas para Municípios das Mesorregiões do Estado de Pernambuco Com Dados Pluviométricos. In **Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, Fortaleza, 2010, 14 p.

voltar ao
SUMÁRIO

DAEE-CETESB (1980). **Drenagem urbana: Manual de projeto**. São Paulo, 466p.

ENCIBRA S.A. ENGENHARIA DE CONSULTORIA (1978). **Plano Diretor de Drenagem Urbana para a Cidade do Recife**, disponível na EMLURB, Recife.

FIDEM (1980). **Plano Diretor de Macrodrenagem da Região Metropolitana do Recife**, disponível na EMLURB,Recife.

PORTO ALEGRE.(2005). **Plano Diretor de Drenagem Urbana - Manual de Drenagem Urbana. Volume VI** - Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005

RAMOS, M. A.; AZEVEDO, J. R. G. (2010). **Nova equação de chuvas intensas para a cidade de Recife-Pernambuco.** X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Fortaleza/Ceará.

RIGHETTO, A. M. (1998). **Hidrologia e Recursos Hídricos. EESC / USP**, São Carlos- SP, 840 p.

SILVEIRA, A. L.L; (2000). **Equação dos Coeficientes de Desagregação de Chuva** . In Revista Brasileira de Recursos Hídricos,Porto Alegre, v5,n4,p.143-147,out/dez 2000.

TUCCI, C. E. M. (2004). **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 943 p.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 29
AS VULNERABILIDADES COSTEIRAS FRENTE A EROSÃO NA PRAIA DO JANGA - MUNICÍPIO DE PAULISTA/PE

COASTAL VULNERABILITY TO EROSION AT JANGA BEACH IN THE MUNICIPALITY OF PAULISTA/PE

Renata Larissa Alves Soares da Silva[1], Ítalo Rodrigo Paulino de Arruda [2],, João Paulo de Oliveira Gomes[3], Wenderson Sávyo Aguiar da Silva[4], Osvaldo Girão da Silva[5]

Departamento de Geografia, UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.[1, 2 e 5]
Departamento Acadêmico de Ambiente , Saúde e Segurança IFPE, Instituto Federal de Pernambuco, Brasil. [3]
Departamento de Geografia, UFPE,Universidade Federal da Bahia,Brasil[4]

RESUMO
A área de estudo vem sofrendo inúmeros processos provenientes da degradação ambiental de cunho antrópico decorrentes de ações voltadas para o planejamento ambiental que padecem de estudos técnicos. O estudo objetivou perceber a problematização das questões ambientais em relação a degradação costeira para que se viabilize estudos futuros sobre estas problemáticas em pró de uma Educação Ambiental que possa sensibilizar e conscientizar a própria população dos problemas existentes na região onde residem. Para tanto, foram realizados estudos para entender os processos superficiais (morfodinâmicos) e hidrodinâmicos atuantes na gênese e configuração da paisagem costeira através de análises morfoscópicas e hidrodinâmicas com o intuito de identificar as vulnerabilidades ambientais existentes a partir da classificação da orla com base nos processos morfodinâmicos. Foram realizadas análises espaço-temporais da evolução da orla desde a década de 1990 até 2016 a partir do processo de intervenção antrópica e suas consequências na alteração das dinâmicas superficiais da área costeira. A pesquisa resultou na identificação, classificação e a espacialização das vulnerabilidades ambientais existentes na área, e os riscos que podem trazer para a dinâmica físico/natural, assim como para os habitantes locais.
Palavras-Chaves: Vulnerabilidades Ambientais; Geomorfologia Costeira; Paulista/PE.

ABSTRACT
The area of study has undergone numerous processes from the environmental degradation of anthropic origin resulting from actions geared towards environmental planning that suffer from technical studies. The study aimed to understand the problematization of environmental issues in relation to coastal degradation so that future studies on these problems can be made possible in order to provide an Environmental Education that can sensitize and raise awareness among the population of the problems in the region where they live. For that, studies were carried out to understand the surface (morphodynamic) and hydrodynamic processes involved in the genesis and configuration of the coastal landscape through morphoscopic and hydrodynamic analyzes in order to identify the existing environmental vulnerabilities based on the classification of the border based on the morphodynamic processes. Space-time analyzes of the evolution of the border from the 1990s to 2016 were carried out from the anthropic intervention process and its consequences on the alteration of the surface dynamics of the coastal area. The research has resulted in the identification, classification and spatialization of existing environmental vulnerabilities in the area, and the risks that can bring to the physical / natural dynamics, as well as to the local inhabitants.

Keywords: Environmental Vulnerabilities; Coastal Geomorphology; Paulista / PE.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os espaços urbanos, que se revelam como *lócus* da diversidade de relações sociais e econômicas, são instáveis do ponto de vista físico-natural, pois se constituem em locais de concentração de atividades comerciais, de serviços, gestão, industriais e residenciais, que representa uma ameaça para a dinâmica ambiental de sistemas costeiros, tanto do ponto de vista físico quanto biológico.

Em relação ao estado de Pernambuco, foram estabelecidos critérios para a proteção dos ambientes costeiros a partir da lei n° 14.258 de 23 de dezembro de 2010, que instituiu a política estadual de gerenciamento costeiro para o estabelecendo como área não edificante a partir da linha de preamar máxima, definindo limites de 33 metros em zona urbana e 33 metros a 100 metros em área não urbana. Porém, estas delimitações podem não ser o suficientes ao desconsiderar outras variáveis, como o tipo de praia.

No estado de Pernambuco, cerca de 40% da população reside na zona costeira desde a década passada, tornando-a espaços susceptíveis à ocorrência de problemas ambientais. A extensão do litoral pernambucano de 187 km, abriga mais de 3,3 milhões de habitantes, correspondente a cerca de 56% do total de população urbana do estado.

Tomando por base estes aspectos, a orla da Praia do Janga/ Paulista-PE apresenta problemas de ordenamento territorial relacionados com ocupações irregulares, erosão e avanço relativo da linha de costa. A partir destas problemáticas, justificou-se a necessidade da realização do estudo em pauta que identificou vulnerabilidades atreladas às formas de uso e ocupação que estão influenciando sobre a dinâmica da linha de costa.

A pesquisa, ora apresentada, visa fornecer subsídios iniciais, assim como recomendações, para que os agentes públicos possam viabilizar ações futuras que atendam às necessidades de equilíbrio ambiental considerando as dinâmicas naturais e as demandas socioeconômicas contemporâneas das espacialidades costeiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

voltar ao
SUMÁRIO

A área de estudo localiza-se na zona costeira do município de Paulista, na porção norte da Região Metropolitana do Recife , abarcando cerca de 4 quilômetros, situada em unidade geológica formada por terrenos quaternários e terciários inconsolidados (Formação Barreiras e Depósitos Flúvio-marinhos e Aluvionares), que sustentam as feições de planícies e tabuleiros ou baixos planaltos sedimentares, que fazem parte da Bacia Sedimentar Paraíba, que compreende uma faixa costeira limitada, estruturalmente, entre o Alto de Mamanguape ao norte, e o Lineamento Pernambuco, ao sul.

- **Atividades de Campo:** Foram realizadas cinco campanhas de campo nos mês de janeiro, fevereiro, março e abril e em meados de maio de 2017 na praia do Janga, sendo que na primeira aconteceu a tiragem de imagens sobre toda a orla que serviu como reconhecimento de área e nas demais vezes retiradas as coordenas geográficas junto a cada ponto de coleta das amostras sedimentológicas que viabilizaram a validação das informações levantadas em gabinete, no que tange as formas de uso e ocupação do solo e os tipos de construções existentes, que serviram para classificar a orla quanto a sua tipologia, os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos atuantes que auxiliaram na classificação dos domínios morfodinâmicos, identificação e delimitação das formas superficiais e identificação e classificação das vulnerabilidades ambientais, por meio de observação direta dos fenômenos;
- **Coleta de Amostras:** Os pontos de coleta foram determinados com base nas morfologias costeiras encontradas na área de estudo, que são uma resposta aos processos morfodinâmicos atuantes. A coleta sedimentológica nas várias feições costeiras objetivou identificar mudanças no padrão granulométrico dos sedimentos. Este procedimento de coleta das amostras consistiu no reconhecimento de áreas de acúmulo, ou deposição sedimentar a partir da identificação de áreas representativas para a realização da coleta, por meio das características expostas nos sedimentos, tais como estruturas sedimentares, cor das camadas de sedimentos e textura. Esta etapa visou à identificação de fragilidade ambiental e vulnerabilidades existentes. Neste sentido, o grau de vulnerabilidade ambiental está relacionado aos processos de erosão ou destruição da orla em virtude de processos naturais ou intervenção antrópica;
- **Procedimentos Laboratoriais:** As amostras coletadas foram encaminhadas para o laboratório de Geomorfologia do Quaternário do Nordeste Brasileiro (GEQUA), onde foram separadas em porções de 100 g, lavadas e peneiradas por 10 minutos para separar as frações granulométricas. Depois de peneirada as amostras foram separadas por fração para ser colocados seus valores em gramas no Software Sysgran 3.0, onde foram obtidos os resultados na metodologia de Folk & Ward (1957). Foram gerados dois gráficos com a metodologia de classificação textural de Shepard (1954) e do diagrama de Pejrup (1988). Posterior a estes processos, todas as amostras foram para a etapa de análise morfoscópica por meio de uma lupa eletrônica, onde cada amostra pertencente a fração de 0.500 mm e 0.250 mm tiveram 100 grãos selecionados para a análise com o intuito de identificar suas características físicas para ver se cada amostra era de origem orgânica ou terrígena. Através dessas análises morfoscópicas e dos outros resultados expostos, foi percebido o que de fato vinha acontecendo com cada ponto de coleta;

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o *Sysgran 3.0,* tivemos o resultado em 3 diferentes gráficos com as metodologias

voltar ao
SUMÁRIO

de Shepard, Pejurp e Folk & Ward. Na metodologia de Shepard, obteve-se o resultado de que todo o material trabalhado é da classe areia; na metodologia de Pejurp conseguiu-se extrair o resultado de que o material trabalhado é areia, mas também que a hidrodinâmica na área de estudo é alta; e com a metodologia de Folk & Ward (Tabela 1), obteve-se o resultado da classificação dos grãos de sedimentos, ao qual expressa a textura de cada um.

Foram coletadas 19 amostras sedimentológicas, pertencentes a 9 grupos sendo um para cada quebra-mar que no total são 9, no qual resultou na mesma quantidade de Coordenadas Geográficas que significa cada ponto de coleta, fazendo-se assim através do ArcGis 10.0 um mapa (Figura 2) espacializando o ponto de cada extração ao longo da praia do Janga.

Tabela 1: Resultados de classificação dos sedimentos através da metodologia de Folk &Ward.

GRUPOS	MÉDIA (g)	CLASSIFICAÇÃO
J-1-1	2,823	Areia fina
J-2-1	1,059	Areia média
J-3-1	1,042	Areia média
J-1-2	3,183	Areia muito fina
J-2-2	2,814	Areia fina
J-3-2	3,049	Areia muito fina
J-1-3	0,5417	Areia grossa
J-2-3	1,4	Areia média
J-3-3	0,9038	Areia grossa
J-1-4	0,9038	Areia grossa
J-2-4	2,73	Areia fina
J-3-4	3,196	Areia muito fina
J-1-5	3,196	Areia muito fina
J-2-5	3,285	Areia muito fina
J-3-5	3,437	Areia muito fina
J-1-6	3,437	Areia muito fina
J-2-6	1,976	Areia média
J-3-6	0,8931	Areia grossa
J-1-7	0,8931	Areia grossa
J-2-7	1,473	Areia média
J-2-8	0,2757	Areia grossa
J-3-8	0,4965	Areia grossa
J-1-9	0,4965	Areia grossa
J-2-9	0,755	Areia grossa

voltar ao
SUMÁRIO

Fonte: Folk &Ward (Adaptado)

No decorrer das atividades de coletas das amostras, foi analisada a feição praial que se caracteriza, conforme Muehe (2001) como uma orla exposta, mas também com a presença dos quebra-mares que foram postos no início dos anos 2000 e que servem de dissipadores para o gradiente de força das ondas, ocasionando assim, a diminuição da erosão costeira e a diminuição da morfodinâmica praial.

Figura 2: Localização dos Pontos de Coletas. **Fonte:** Autor, extraído do ArcGis 10.1.

4. CONCLUSÃO

Em relação aos fatos ocorridos, foram construídos nove quebra – mares e *Bagwalls* ao longo da Praia do Janga, visando assim, a diminuição do avanço da linha de costa e do gradient de força das ondas. Mas, com a construção desses mecanismos que tendem a dissipar cada vez mais as ondas e aumentar o processo de gradação da costa, foi percebido que o

voltar ao
SUMÁRIO

problema de erosão que se presenciava na Praia do Janga, transferiu-se para a Praia de Pau Amarelo, intensificando cada vez mais o efeito dominó e diminuindo drasticamente a integralização da população a estas áreas de lazer.

Com a dinamicidade costeira afetada, as vulnerabilidades ambientais tendem a aumentar, visto que com a diminuição da força das ondas, o processo de retenção de resíduos sólidos despejados através dos esgotos, tendem a ficar entre os quebra – mares e a linha de costa, formando assim, em pequenas praias estanques (células) de lixos, no qual ocasionam nos mais variados problemas de saúde, como também na morte da biota marinha.

Conclui-se que os processos morfodinâmicos em áreas costeiras é de grande importância para a vida marinha, assim também para a população que habita nas faixas litorâneas. Diante dessas inúmeras problemáticas, percebe-se que o bom funcionamento de uma área costeira tende a trazer mais visitantes ao local, visto que, uma área costeira é tratada como uma área de lazer, mas também uma área onde o comércio se expande, gerando variadas formas de trabalho.

5. AGRADECIMENTOS

Primeiramente meus agradecimentos serão dados ao CNPq por custear toda a pesquisa e viabilizar o desenvolver e a evolução da ciência. Meus agradecimentos ao Professor Dr. Osvaldo Girão da Silva por toda orientação. Agradecemos ao Laboratório de Geomorfologia do Quaternário do Nordeste Brasileiro (LABGEQUA) e ao Laboratório de Geografia Ambiental (LAGEAM) pelo espaço cedido para análises. Por fim, agradecemos a Universidade Federal de Pernambuco por todas as oportunidades dadas junto ao Departamento de Ciências Geográficas.

6. REFERÊNCIAS

FOLK, R. L. & WARD, W. **Bazos River bar: a study in the significance of grain size parameters.** Journal of Sedimentary Research, v. 27, p.3-26, 1957.

MUEHE, D**. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento** In: Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 2, n° 1**,** p. 35-44. 2001.

PEJURP, M. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a**

voltar ao
SUMÁRIO

new approach. *In:* Boer,P.L.; van Gelder,A. & Nio,S.D.(Ed). Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies. D.Reidel, Dordrecht, p.289-300, 1988.
SHEPARD, F. P. **Nomenclature based on sand – silt – clay ratios.** Journal of Sedimentary Petrology, v.24, 1954, p.151-158.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 30
A RELAÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS RIBEIRINHAS COM OS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE IRANDUBA – AMAZONAS

THE RELATION OF THE RURAL COMMUNITIES RIVERSIDE WITH THE WATER RESOURCES IN THE MUNICIPALITY OF IRANDUBA – AMAZONAS

Matheus Silveira de Queiroz* Ana Paulina Aguiar Soares** Antonio Gomes Tomaz Neto**

*Graduando em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Brasil.**
*Professora de Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Brasil.***
*Graduando em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, Brasil.**

RESUMO
Estudo sobre as relações entre homem e natureza na margem esquerda do baixo rio Solimões, no município de Iranduba – AM. Ênfase é dada em como as comunidades lidam com os recursos hídricos, pois como que estão instaladas na unidade geomorfológica denominada planície de inundação, ficam sujeitas à sazonalidade do rio. O objetivo é compreender e analisar como a interação com os recursos hídricos molda a vida cotidiana das comunidades rurais ribeirinhas. Para tanto, foram feitas pesquisas de campo em 11 comunidades, onde foram realizadas entrevistas com lideranças, moradores antigos e professores. Os resultados obtidos mostram que os moradores mantêm dependência do meio hídrico fluvial. As águas do rio são importantes nas atividades domésticas e da produção, porém apesar da grande abundância desse recurso os comunitários passam por dificuldades para obter água potável, já que nenhuma comunidade possui um sistema eficiente de abastecimento. A erosão fluvial lateral é um risco que afeta diretamente as habitações, aspectos da produção e da infraestrutura nas comunidades. A perda de terras faz com que se recuem as estruturas como residências, igrejas, áreas de lazer próximas às margens, ou, no extremo, podem causar a emigração compulsória para os centros urbanos e zonas rurais na terra firme.
Palavras-Chaves: Comunidades Rurais Ribeirinhas, Recursos Hídricos, Planície de Inundação.

ABSTRACT
Study concerning the relations between man and nature on the coast surrounded by Solimões river of Iranduba *municipality* – AM. Emphasis is given on how communities deal with water resources, since they are installed in the geomorphological unit denominated flood plain, they may be subjected to the river seasonality. The objective is to comprehend and analyse how the interaction with water resources shape the daily life of the rural riverside communities. For this purpose, it was made field researches in 11 communities, where there were conversations with leaders and a bibliographic search with secondary data. The results obtained show that the local residents have dependency on the water environment. Water is important to the residents on the housework and production, but in spite of the big abundance of this resource the community has difficulties to obtain potable water, since no community has an efficient supply system. The lateral fluvial erosion is a risk that affects directly the dwellings, production aspects and the infrastructure of communities. The loss of lands ensure a retreat of the structures next to the riverside. In addition, it is caused a migration effect to the urban centers and rural areas on the dry land.
Keywords: Rural riverside communities, Water resources, Flood plain.

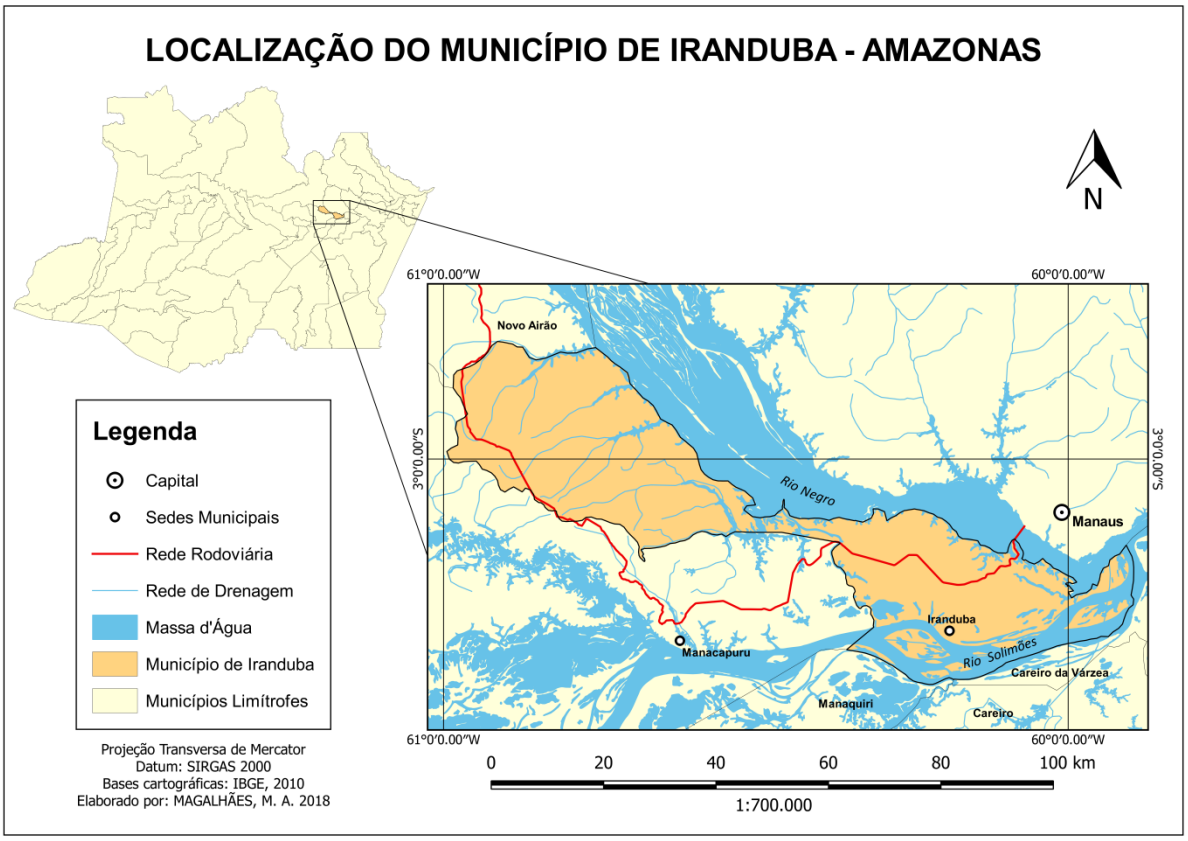
voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O município de Iranduba está localizado ao sul da cidade de Manaus e faz fronteira fluvial e rodoviária (através da ponte Phellipe Daou) com a metrópole. O seu território é banhado tanto pelo rio Solimões quanto pelo rio Negro, exatamente onde um deságua no outro passando a formar o Rio Amazonas. Por se encontrar próximo da metrópole, o município teve o incentivo de dois polos econômicos, o de cerâmicas e o hortifrutigranjeiro para atender demandas de Manaus, nas décadas de 1970 e 80, que estava em plena expansão populacional devido à recém implantação do Projeto Zona Franca de Manaus (facilitações tributárias, financeiras e creditícias às empresas industriais e comerciais que se estabelecessem no município).

Iranduba teve sua institucionalização como município em 1981. Além de sua sede urbana, possui quatro distritos (Cacau Pirêra, Ariaú, Lago do Limão e Paricatuba) e 42 comunidades consideradas rurais, segundo o plano Diretor do Município (IRANDUBA, 2011) em 2.216,817 km² de área territorial. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016) estima a população de Iranduba em 47.407 pessoas. A área delimitada para a pesquisa compreende toda a costa do município banhada pelo rio Solimões (Mapa 1).

voltar ao
SUMÁRIO



Mapa 1 - Localização do município de Iranduba e sua situação geográfica entre os rios Negro e Solimões – Estado do Amazonas – Brasil. Elaboração: Magnus Magalhães (2018).

Esta pesquisa trata da complexidade das relações homem-natureza e como a dinâmica fluvial impacta as áreas de várzea município de Iranduba no contexto micro (familiar) e macro (municipal, regional) das comunidades rurais e regiões adjacentes. Considera-se importante esse estudo, concordando com Ross (1995, p. 16), ao afirmar que "É objeto de preocupação da Geografia de hoje conhecer cada dia mais o ambiente natural de sobrevivência do homem, bem como entender o comportamento das sociedades humanas, suas relações com a natureza e suas relações socioeconômicas e sociais".

O uso da água sempre foi essencial ao homem e ao longo das épocas ele foi aprimorando as formas de manejá-la. Campos (2003, p. 13) afirma que a Política de Águas Brasileira é fundamentada na prerrogativa de que a água é um domínio público. No entanto, na área estudada, a falta de tratamento adequado para torná-la potável e a impossibilidade de construir poços em áreas sujeitas à inundação deixa os ribeirinhos irandubenses a mercê da água densamente carregada de sedimentos do rio Solimões e seus afluentes.

voltar ao
SUMÁRIO

A bacia hidrográfica Amazônica tem uma superfície estimada em 6,5 milhões de km², sendo a maior do mundo, além de possuir grande variedade de diversidade mineral e vegetal. Seus habitantes estão historicamente ligados às águas seja para subsistência, exploração de recursos ou deslocamento fluvial. Pereira (2007) observa que desde as primeiras incursões feitas por Francisco Orellana (1541-1542) já se notava uma dependência do meio hídrico dos povos nativos e que, até meados do século dezessete, os navegadores registram a existência de imensos povoados com "verdadeiras cidades" às margens do Amazonas; falam ainda da "fartura" de alimentos e de uma sofisticada organização político-social. Ou seja, as águas eram extremamente importantes para transporte, produção, caça, dentre outros fatores determinantes para as interações sociais.

As comunidades rurais ribeirinhas estão alocadas na unidade geomorfológica denominada planície de inundação estão sujeitas à sazonalidade anual dos rios amazônicos. Fraxe (2000) salienta que a várzea possui um caráter "anfíbio", porque coube ao homem se adaptar a essa realidade. Segundo Viera (1992, citado por PEREIRA, 2007, p. 13) "a várzea do complexo Solimões-Amazonas corresponde a aproximadamente 1,5 a 2% do território da Amazônia brasileira (75 a 100 mil km²), contrastando em variados aspectos com a maior parte da região constituída de terras secas e altas, denominadas de terra firme". Apesar de reduzida territorialmente, comparada com a terra firme, a várzea atrai um grande número de residentes devido às suas vantagens econômicas decorrentes do solo fertilizado pelas águas.

Essas vantagens, no entanto, estão limitadas pelos riscos. Risco para Veyret e Richemond (2007, p. 23) "é uma construção social. A percepção que os atores têm de algo que representa um perigo para eles próprios, para os outros e seus bens [...]". Na várzea é possível observar os riscos de grandes enchentes e de erosões laterais fluviais (conhecidas popularmente como terras caídas). Carvalho (2006) caracteriza terras caídas como qualquer processo, simples ou complexo, que envolva deslocamento de terra por meio natural (escorregamento, deslizamento, desmoronamento e desabamento). O fenômeno das terras caídas é natural, porém a ocupação humana pode acelerar esse processo, de forma que é necessário um esquema de adaptação das habitações e da produção.

A várzea amazônica tem como característica seu solo fértil devido à deposição de sedimentos transportados pelas enchentes e fixados no solo nas vazantes, facilitando o plantio

voltar ao
SUMÁRIO

de hortifrútis e a engorda dos animais. Entretanto, Pereira (2007, p. 12) considera que "a alternância de fases terrestres e aquáticas devido às variações do nível do rio é um fator ecológico limitante para a vida nos ambientes das várzeas do rio Solimões-Amazonas". Há limitantes para a agricultura familiar que, segundo Castro et al. (2007, p. 56), "[...] caracteriza-se como uma importante forma de organização da produção que associa família, produção e trabalho nos diversos ambientes de produção terrestres e aquáticos", pois a sazonalidade dos rios impossibilita a prática agropecuária nas épocas de cheia, limitando as possibilidades de produção em média três a quatro meses por ano.

O objetivo desse trabalho é compreender e analisar como a interação com os recursos hídricos molda a vida cotidiana das comunidades rurais ribeirinhas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O método aqui proposto transitou entre as abordagens dialética e fenomenológica. Na concepção de Alves (2008, p 239) "A utilização de apenas um método para uma complexidade diversa, como é o caso do espaço geográfico, não dá conta ou suporte para o geógrafo".

A fenomenologia busca evidenciar as essências repondo-as na existência, na medida em que o palpável sempre existiu "ali", numa forma prévia ao pensamento. A abstração intelectual espaço-temporal do mundo "vivido" materializou-se no exercício descritivo da experiência da maneira como ela ocorre, uma vez que o real deve ser registrado e não construído ou constituído (MERLEAU-PONTY, 1999, citado por PEREIRA et al., 2010, p. 174).

O método dialético segundo Japiassu e Marcondes (1990, p. 167) "procede pela refutação das opiniões do senso comum, levando-as à contradição, para chegar então a verdade, fruto da razão".

Sobre os procedimentos metodológicos foram visitadas onze (11) comunidades rurais ribeirinhas (7 de Setembro, Divino Espírito Santo, Nossa Senhora de Fátima, Santa Luzia da Ilha do Baixio, Santo Antônio do Furo do Paracuúba, São Francisco, São João Batista, São Sebastião, Costa do Catalão, Santa Luzia e Bom Jesus do Paraná do Xiborena), todas

voltar ao
SUMÁRIO

localizadas na margem esquerda do baixo rio Solimões (Figura 1), entre agosto de 2017 e março de 2018, quando foram coletados coordenadas, registros fotográficos e entrevistas semi-estruturadas com lideranças, moradores antigos e professores, acerca do espaço vivido, buscando-se apreender a sua concepção e sua memória afetiva, condizendo com a fenomenologia.

Figura 1: Localização das comunidades visitadas ao longo da costa de Iranduba, margem esquerda do baixo rio Solimões. Elaboração: Antonio Tomaz Neto. Fonte: Google Earth (2018).

Todas as comunidades estão assentadas próximas ao nível de base do rio Solimões, conhecido como encontro das águas e são territorialmente pertencentes ao município de Iranduba, no estado do Amazonas. Seus moradores, por estarem em uma área de planície de inundação, adaptaram o seu meio social e os fatores econômicos à dinâmica das águas. As comunidades possuem características de várzea com a tipologia de moradias próprias (as palafitas) e um sistema econômico, que tem como principais meios de obtenção de renda a agricultura familiar e a pecuária.

Além da observação empírica foram feitos levantamentos bibliográfico e de dados secundários - em órgãos federais, estaduais e municipais -, a fim de entender os fenômenos

voltar ao
SUMÁRIO

socioeconômicos e físicos que interferem direta ou indiretamente na vida cotidiana das comunidades.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação homem-natureza é um sistema complexo, por isso, este tópico está dividido em três partes: *A importância do rio Solimões para a vida ribeirinha*; *O problema do abastecimento de água para o consumo doméstico;* e *O risco das terras caídas*. Considera-se, com isso, contribuir para um melhor entendimento das diferentes formas de interação entre os recursos hídricos e a vida rural amazônica.

3.1 A importância do rio Solimões para a vida ribeirinha

A dinâmica fluvial é importantíssima para a vida varzeana e a adaptação às peculiaridades naturais é um fator limitante para as populações ali abrigadas. Santos e Ribeiro (1988) afirmam que todos os rios de água barrenta da Amazônia formam várzeas, e estas são formadas pelos sedimentos aluviais provenientes dos Andes ou Pré-Andes; essas várzeas são ricas em sais minerais. Um rio tem como base geomorfológica as seguintes unidades: terraço, leito maior, leito menor, leito de vazante e dique marginal. Nos ambientes estudados, os moradores sobrevivem plantando ou/e criando animais nas áreas do leito maior, onde o solo é mais rico devido aos depósitos de sedimentos carregados pelo rio durante as enchentes.

Os rios são corpos dinâmicos que trabalham moldando o ambiente em macro e micro escalas e em tempo que pode variar de alguns segundos até eras geológicas. Pereira e Witkoski (2012) consideram que o trabalho mecânico das águas do rio Amazonas, e consequentemente, do rio Solimões, ao longo dos séculos soterrou braços de afluentes, estreitou ou alargou canais, comprimiu florestas, aumentou terras, alterou o traçado do rio, criou obstáculos pelo depósito de seus sedimentos, revelou ilhas depois das cheias ou atalhos pelos furos, erodiu terras e expulsou habitantes de suas margens. A dinâmica fluvial anual passa por quatro períodos: enchente, cheia, vazante e seca, referidos a cotas que variam entre máximas (cheia) e mínimas (seca). Durante a cheia os ribeirinhos enfrentam dificuldades

impostas pela natureza, mas, ações antrópicas também afetam o seu cotidiano durante os meses de cheia, como relata um ribeirinho da comunidade Nossa Senhora de Fatima:

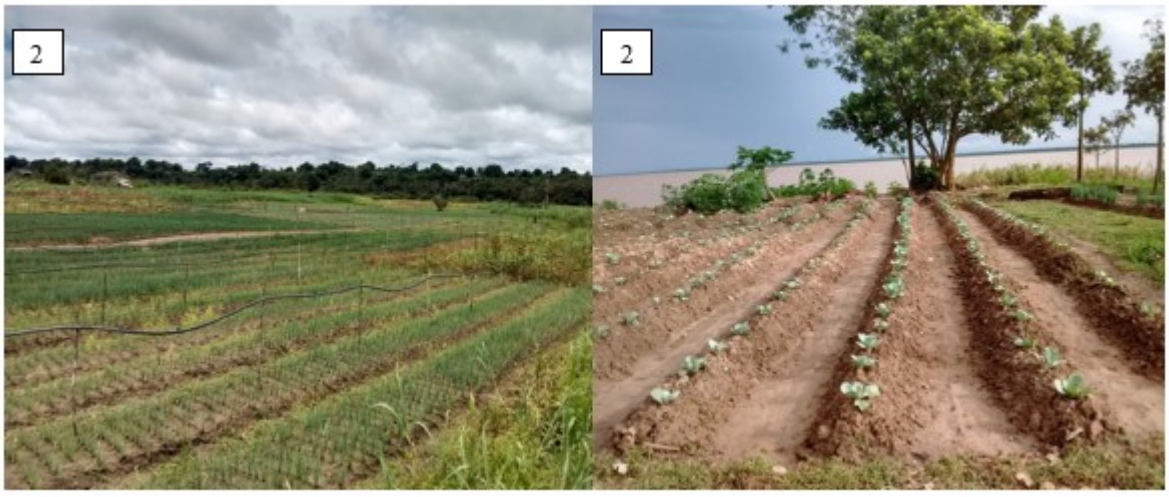
> Tudo que Deus faz é bem feito, eu não reclamo de nada, mas só tem uma coisa, enquanto não alaga o assoalho, porque o assoalho da minha casa é alto, mas já foi duas vezes que a água cobriu. Enquanto não cobrir o assoalho tudo bem, porque os banzeiros dessas embarcações que passam aqui, barco grande, tudo passa aqui, aí pega uma casa dessa ai, que nem a minha, chega treme tudo! Se não alagar o assoalho, tá bom (Morador antigo da Comunidade N. Sra. De Fatima, 16/02/2018).

Esse relato demonstra o quanto as cotas do rio variam de ano para ano e como as embarcações que navegam em alta velocidade causam o que é chamo de "Banzeiro" que é a sucessão de ondas provocadas pela movimentação de embarcações. Durante as cheias os banzeiros se tornam mais violentos podendo até mesmo derrubar casas que estão no nível do rio.

As comunidades estudadas possuem íntima relação tanto com as paisagens aquáticas quanto com as terrestres, e dependem da sazonalidade da dinâmica fluvial amazônica. Das onze visitadas, oito possuem acesso por estrada durante as épocas da vazante, no período de seca e durante parte da enchente do rio, porém devido ao estado das estradas vicinais e a qualidade dos transportes os comunitários preferem o transporte fluvial para se deslocar tanto à sede do município de Iranduba, quanto a Manaus. Devido a ponte sobre o rio Negro (Phelippe Daou), inaugurada em 2011, houve mudanças em toda a dinâmica de locomoção rural-urbano. Quando o deslocamento é para Manaus o transporte rodoviário, principalmente para os que possuem veículo próprio, é mais viável economicamente, nos períodos em que as estradas não estão submersas (enchentes sazonais).

A questão da renda se anuncia como uma rede complexa de produção e escoamento. Os moradores que não possuem veículo próprio precisam dos comerciantes "atravessadores" para escoar a produção. As plantações na várzea só acontecem na vazante e na seca do rio, por isso, os cultivos são apenas de ciclo curto (Fig. 2a e 2b).

voltar ao
SUMÁRIO



Figuras 2a e 2 - Plantação de hortaliças em comunidades nas margens do Rio Solimões. Fotos: 2a - Antonio Tomaz Neto, plantio de cebolinha, comunidade Divino Espírito Santo; 2b - Matheus Queiroz, plantio de couve, comunidade São Sebastião. Período de enchente, margem esquerda do baixo rio Solimões, fevereiro 2018.

Nas comunidades visitadas são cultivadas alface, cebolinha, cheiro verde, couve, mandioca, pepino, pimenta. Na várzea o escoamento da produção, em sua maioria, é feito por via fluvial.

A pecuária se faz presente nas comunidades (Figura 3), porém, assim como na agricultura, também para a criação de gado, a sazonalidade das águas é um fator limitante. Os animais geralmente são criados em dois ambientes: a várzea e a terra firme. Quando as águas estão baixas os animais são criados na várzea e são postos para pastar nos campos naturais, pois a qualidade do pasto é superior e a engorda ocorre mais rápido devido à fertilidade do solo varzeano. Quando as terras estão submersas, o gado é transportado para a terra firme, porém alguns comunitários utilizam as tradicionais “marombas”, que são estruturas suspensas acima do rio para comportar os animais.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 3. Criação bovina na comunidade Santo Antônio – Iranduba / AM. Foto: Matheus Queiroz (Fevereiro, 2018). Margem esquerda do baixo Rio Solimões, período de enchente.

A pesca não é uma fonte de renda explorada pelos ribeirinhos, os peixes pescados essencialmente para autoconsumo e, às vezes, quando se tem um excedente na produção, venda em pequena escala. Quando começa a enchente e não é possível plantar ou criar em larga escala, os moradores das comunidades ficam sem outra fonte de renda, por isso, alguns sobrevivem com o auxílio de programas governamentais, enquanto familiares vão para outras localidades para obter renda e enviar para aqueles que permaneceram durante a cheia.

As habitações, sobre palafitas, são tradicionais na cultura ribeirinha, pois são adaptadas para a sazonalidade do rio, de forma que os residentes podem viver na região durante o ano todo, embora não possam praticar agricultura e pecuária tendo em vista que as terras ficam submersas. As comunidades são dotadas de energia elétrica proveniente de programas governamentais ou com a estrutura custeada pelos próprios moradores. O lazer é realizado com jogos em campos de futebol e eventos de igrejas, ou promovidas por iniciativas familiares, ou escolas. As comunidades estudadas possuem a característica de se organizar em associações de moradores/produtores, a fim de facilitar as relações comerciais e as reivindicações feitas ao governo.

3.2 O problema do abastecimento de água para consumo doméstico

voltar ao
SUMÁRIO

As comunidades rurais ribeirinhas amazônicas estão assentadas em áreas de grande disponibilidade de água. Segundo Dourado (2011, p. 23) a bacia amazônica possui uma produção hídrica que corresponde a 78% do total brasileiro para uma densidade populacional variável de 2 a 5 hab/km². Porém nenhuma das comunidades visitadas possui sistema de abastecimento de água próprio. No rio Solimões, área estudada, tem a característica barrenta, por ser um grande transportador de sedimentos, dentre outros fatores, inviabiliza o consumo humano direto.

A instalação de poços ainda é o caminho mais viável para obtenção de água potável em lugares de difícil acesso, pois a água dos aquíferos é considerada potável.

As comunidades estudadas usam como alternativa para não disponibilidade de água potável, a compra de garrafões de água na sede do município ou de outros moradores que possuem poços nas áreas de terra firme. Mas essa alternativa vale apenas para alimentação, mas demais necessidades domésticas e de apoio à produção, como a irrigação (Figura 4), são usadas águas do rio Solimões captadas com o apoio de bombas.

Figura 4. Sistema de irrigação na comunidade Bom Jesus do Paraná do Xiborena – Iranduba / AM. Foto: Matheus Queiroz (Fevereiro, 2018). Irrigação com águas extraídas do rio por bombeamento.

Com a tecnologia atual é possível instalar poços em áreas de planície de inundação, porém não é um local apropriado devido à sazonalidade do rio que faria com que, em média,

voltar ao
SUMÁRIO

cerca de metade do ano eles ficassem submersos; além disso as águas do lençol freático ficaram expostos à contaminação.

3.3 O risco das terras caídas

A água dos rios serve como um catalisador no sentido da modificação física dos relevos que circundam o corpo d'água. Segundo Conti e Furlan (1995, p. 126) o sistema hidrológico das bacias hidrográficas transporta materiais erodidos do relevo da bacia de uma região para outra sempre do sentido de montante para jusante. As terras caídas se enquadram nos processos erosivos provocados pela água que, segundo Rebello (2010), estão relacionados com a erosividade da chuva, as propriedades do solo, a cobertura vegetal e as características da encosta, posteriormente, depois de erodidos, os sedimentos serão transportados pelo rio.

Terra caída é o nome popular de erosão fluvial. Para Christofoletti (1981, citado por CARVALHO, 2012, p. 22) é definida "como sendo os processos que resultam na retirada de detritos do fundo do leito e das margens, fazendo com que passem a integrar a carga sedimentar". Esse processo erosivo é um fator redutor. Portanto as pessoas que possuem terrenos afetados pela erosão fluvial lateral, instalados nessas áreas, sofrerão com a perda de parte de suas terras. Todas as comunidades estudadas, exceto Santa Luzia da Ilha do Baixio (Iranduba / AM), por se localizar em uma ilha que funciona como depósito de sedimentos, sofrem com o fenômeno das terras caídas (Figuras 5).

voltar ao
SUMÁRIO

Figuras 5a e 5b. Processo de terras caídas. Fotos: 5a – Matheus Queiroz, Comunidade Santo Antônio; 5b – Antonio Tomaz Neto, Comunidade Espírito Santo. Margem esquerda do baixo Solimões, Iranduba - AM (Fevereiro, 2018).

A perda do solo causa diversos infortúnios para os comunitários, porém a memória afetiva que os moradores possuem da terra e os fatores econômicos de plantação e criação de gado faz com que eles não queiram sair das áreas de várzea. Os ribeirinhos precisam constantemente recuar as casas, postes de eletricidade, plantação e estradas. Os seguintes relatos exprimem como os ribeirinhos lidam com o fenômeno das "terras caídas":

> Depois que eu cheguei aqui, essa já é a quinta casa que eu faço, toda vez vindo mais pra trás, então os bananais, os seringais, isso tudo já foi embora pro meio do rio. O campinho do Barcelona era lá pra frente, agora tá pra aqui do lado. Nossa sede também já mudamos. Todo ano a terra cai e a gente vem mudando. Na época que meu pai veio pra cá o terreno media 450 metros de frente por 1.000 de fundo, agora não dá 600 metros da beira do rio até o final (Morador da Comunidade São João Batista - 17/02/2018)

> A estrada já foi mudada três vezes por causa das terras que caíram, já caíram muito, é uma "caição" medonha de terra. (Moradora da Comunidade N. Sra. De Fatima - 16/02/2018)

O ribeirinho se considera dono de sua terra, no entanto para a natureza ele não passa de um inquilino efêmero, pois quem decide o tempo de sua moradia é o rio, por meio do fenômeno natural de erosão de margem, designado pela terminologia regional como "terras caídas".

Quanto mais se aproxima da foz do rio Solimões (encontro das águas) pode-se notar que a severidade das terras caídas aumenta. Em comunidades como Costa do Catalão e 7 de Setembro ocorre emigração compulsória, proporcionada pela perda de terras, para Manaus ou para a terra firme no próprio município de Iranduba.

4. CONCLUSÃO

Na várzea, observa-se que as comunidades ribeirinhas atuam dependendo quase que inteiramente dos recursos hídricos superficiais. Portanto, estudar a relação entre as águas e o homem torna-se importante no contexto social e natural, visto que ocorrem interações complexas entre esses reguladores ambientais.

voltar ao
SUMÁRIO

O rio Solimões, com suas águas ricas em sedimentos, é um importante fator de construção social. Os comunitários adaptam todos os elementos socioeconômicos à dinâmica fluvial. A agropecuária para consumo próprio e para o mercado é importante, porém os moradores ficam socioeconomicamente limitados pela sazonalidade das águas. Apesar de a alternativa rodoviária para o escoamento da produção e transporte, estar presente em algumas comunidades, a qualidade das vias é muito precária ficando inutilizadas durante a época que as águas do rio sobem (enchente e cheia). Desse modo, os ribeirinhos ficam ainda mais dependentes dos recursos hídricos.

O abastecimento de água é um percalço para os moradores, fazendo-os buscar alternativas por iniciativa própria. O governo tanto do estado quanto do município não apresentam formas reais e constantes de atender à demanda de água potável, portanto a compra individual, o tratamento caseiro e o deslocamento geográfico são alternativas encontradas. A interferência do poder públicos com políticas próprias para o morador rural ribeirinho a fim de solucionar as suas carências torna-se importante no contexto da produção, moradia, qualidade de vida, dentre outros.

O risco das terras caídas é um importante limitador da vida ribeirinha. A queda das terras acarreta em diversas mudanças socioeconômicas no contexto familiar e comunitário. Observa-se uma migração rural-rural e rural-urbano, porém os moradores apresentam resistência de sair de suas casas para uma realidade diferente. Por fim, é importante analisar as socioespacialidades das comunidades rurais ribeirinhas amazônicas com o intuito de entender como se relacionam com o espaço.

5. AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Universidade do Estado do Amazonas pelo incentivo com a bolsa do Programa de Iniciação à Pesquisa – PAIC e ao Núcleo de Pesquisa Urbano e Regional – NPUR pelos momentos de discussão e aprendizado coletivo.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Flamarion Dutra. Considerações sobre métodos e técnicas em Geografia Humana. **DIALOGUS**. Ribeirão Preto, v.4, n.1, 2008, p. 227-241.

voltar ao
SUMÁRIO

CAMPOS, Nilson. Política das águas. In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Taciana (Org.). **Gestão das Águas**: Princípios e Práticas. Fortaleza: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003, pp. 203-215.
CAMPOS, Nilson; STUDART, Taciana. A cobrança pelo uso da água. In: CAMPOS, Nilson; STUDART, Taciana (Org.). **Gestão das Águas**: Princípios e Práticas. Fortaleza: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003, pp. 111-126.
CARVALHO, José Alberto L. de. **Erosão Nas Margens do Rio Amazonas:** o Fenômeno das Terras Caídas e suas Implicações na vida dos moradores**.** Tese - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Niterói/RJ: Universidade Federal Fluminense, 2012.
CARVALHO, José Alberto Lima de. **Terras Caídas e consequências sociais:** Costa do Miracauera -Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara -AM, Brasil. Dissertação – Programa de Pós-Graduação Sociedade e Cultura. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.
CASTRO, Albejamere Pereira de; SILVA, Suzy Cristina Pedroza da; PEREIRA, Henrique dos Santos; FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto; SANTIAGO, Josane Lima. A agricultura familiar: principal fonte de desenvolvimento socioeconômico e cultural das comunidades da área focal do Projeto Piatam. FRAXE, Therezinha; PEREIRA, Henrique dos Santos; WITKOSKI, Antônio C. (Org.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas:** modos de vida e uso dos recursos naturais**.** Manaus: EDUA, 2007, pp. 55-88.
CONTI, José Bueno; FURLAN, Sueli Angelo. Geoecologia: O clima,, os solos e a biota. In: ROSS, Jurandyr L. Sanches (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995, pp. 68-207.
DOURADO JUNIOR, Octavio Cascaes. **Gestão De Recursos Hídricos Nos Países Da Bacia Amazônica**: Conflitos Legislativos. Universidade Federal do Pará: Programa De Pós-Graduação Em Desenvolvimento Sustentável Do Trópico Úmido. Belém, 2011, pp. 236.
FRAXE, Therezinha**. Homens Anfíbios**: etnografia de um campesinato das águas. São Paulo: Annablume, 2000.
FRAXE, Therezinha; PEREIRA, Henrique dos S.; WITKOSKI, Antônio C. (Org.) **Comunidades ribeirinhas amazônicas:** modos de vida e uso dos recursos naturais**.** Manaus: EDUA, 2007.
IBGE, **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação** com data de Referência de 1º. De julho de 2016. Disponível em ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_20160913.pdf.
IRANDUBA, Lei 121 - Plano Diretor. Prefeitura Municipal de Iranduba: **Diário Oficial dos Municípios do Estado do Amazonas**, 21/02/2011.
JAPIASSÚ, H. & MARCONDES, D. **Dicionário básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1990.
PEREIRA, Henrique dos Santos. A Dinâmica da Paisagem Socioambiental Das Várzeas Do Rio Solimões-Amazonas. In: FRAXE, Therezinha; PEREIRA, Henrique dos Santos; WITKOSKI, Antônio C. (Org). **Comunidades ribeirinhas amazônicas:** modos de vida e uso dos recursos naturais**.** Manaus: EDUA, 2007, pp. 11-32.
PEREIRA, Luiz Andrei Gonçalves; CORREIA, Idalécia Soares; OLIVEIRA, Anelito Pereira de. Geografia Fenomenológica: Espaço e Percepção. In **Caminhos de Geografia.** Uberlândia v. 11, n. 35, Set/2010 p. 173 - 178.

voltar ao
SUMÁRIO

PEREIRA, Marcelo Souza; WITKOSKI, Antônio Carlos. Construção de paisagem, espaço e lugar na várzea do rio Solimões-Amazonas. **Novos Cadernos NAEA**, v. 15, n. 1, 2012, pp. 273-290.
REBELLO, Adorea. (Org.). **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física.** Manaus: EDUA, 2010, pp. 9-40.
REBELLO, Adorea. A erosão no contexto das bacias hidrográficas. In: REBELLO, Adorea (Org.). **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física.** Manaus: EDUA, 2010, pp. 9-40.
ROSS, Jurandyr L. Sanches. Os fundamentos da Geografia da natureza. In: ROSS, Jurandyr L. Sanches (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1995, pp. 13-65.
SANTOS, Umberto Menezes; RIBEIRO, Maria de Nazaré Goés. A Hidroquímica do rio Solimões. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus – AM. **Acta Amazônica**, 18, pp. 145-172, 1998.
VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinet de. O risco, os riscos. In: VEYRET, Yvette (Org). **Os Riscos**: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2007, pp- 23-46.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 31
BALANÇO HÍDRICO ENTRE 2000-2016 E SEU COMPARATIVO COM O ANO DE 2016 E SUA INFLUÊNCIA DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA – PE

WATER BALANCE BETWEEN 2000-2016 AND ITS COMPARISON WITH THE YEAR 2016 AND ITS INFLUENCE OF WATER STORAGE IN SOIL IN THE MUNICIPALITY OF SERRA TALHADA-PE,BRAZIL-EDMA

Manoel Vieira de França, Juan Xavier Vieira Ferraz, Raimundo Mainar de Medeiros, Romildo Morante de Holanda, Fernando Cartaxo Rolim Neto.

Professor MSc da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil.
Graduando em Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil
Doutor pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil
Professor doutor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil.
Professor doutor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil

RESUMO
O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos. Objetiva-se realizar e analisar o computo do Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) entre o período de 2000-2016 e seu comparativo com o ano de 2016 com o intuito de verificar o déficit hídrico e a influência do armazenamento de água no solo no município de Serra Talhada – PE. Os dados de precipitação média mensal foram fornecidos pela Agencia de água e clima do Estado de Pernambuco, empregaram-se do software em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais, anuais, plotando os seus respectivos gráficos e tendências. Os referidos dados (APAC, 2018). Os dados de temperatura foram estimado pelo software Estima_T, Os elementos meteorológicos aqui estudados e discutidos mostram que mudanças bruscas ocorreram e que os habitantes deverão mudar de táticas no futuro em relação aos plantios, armazenamento de água e condições de sobrevivência. Estudos futuros ainda mais específicos devem ser levados em consideração para visualizar melhor como os sistemas transientes e os efeitos locais afetara a variabilidade pluvial e a ETP e EVR. Tendência de aumento de temperatura e nos índices evaporativos poderão ocasionar eventos extremos de precipitações em curto intervalo de tempo e de alta intensidade.

Palavra-chave: Deficiência e excedente hídrico, Planejamento hídrico, Sustentabilidade.

ABSTRACT
Water planning is the basis for any form of integrated management of water resources. The objective of this study was to perform and analyze the calculation of the Water Balance by the Thornthwaite and Mather method (1948, 1955) between the period 2000-2016 and its comparison with the year 2016 in order to verify the water deficit and the influence of storage of soil water in the municipality of Serra Talhada - PE. The average monthly precipitation data was provided by the State of Pernambuco's water and climate agency. The software was used in electronic spreadsheets to extract monthly and annual averages, plotting their respective graphs and trends. These data (APAC, 2018). The temperature data were estimated by the software Estima_T, The meteorological elements studied here and discussed show that abrupt changes occurred and that inhabitants should change tactics in the future in relation to plantings, water storage and survival conditions. Even more specific future studies should be taken into account to better visualize how transient systems and local effects will affect rainfall variability and ETP and EVR. Tendency of temperature increase and evaporative indices may cause extreme events of short time and high intensity precipitation.

Keywords: Deficiency and water surplus, Water planning, Sustainability.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A seriedade da elaboração do balanço hídrico (BH) para determinada região está relacionada, por exemplo, à viabilidade econômica da plantação de grãos e controle das épocas de semeaduras, constituindo-se numa estratégia de planejamento e para o desenvolvimento de programas, principalmente com enfoque na sustentabilidade.

O BH permite estabelecer o período e o trimestre mais chuvoso, onde os agricultores irão realizar seu planejamento para aproveitar as chuvas e realizar o seu plantio de sequeiro, auxiliando deste modo a redução de gasto de água do lençol freático e dos reservatórios.

O balanço sobre o déficit de água ou o aumento, pode reduzir a produção e/ou a qualidade do produto, enquanto que o excesso de irrigação, além das perdas de água e energia, pode contribuir para a lixiviação dos nutrientes e agroquímicos para as camadas inferiores do solo ou até mesmo atingindo o lençol freático. Em regiões áridas e semiáridas, o uso inadequado da irrigação pode levar também à salinização do solo. Por outro lado, através do planejamento e manejo adequado, podemos determinar a quantidade de água de uma cultura, isso implica em estudos de levantamentos de solos, clima e fatores culturais.

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (LIMA, 2009).

Um estudo de Medeiros et al. (2012) para o município de Picuí, Paraíba indica que os índices pluviométricos não serão suficientes para vários tipos de culturas, o que inviabiliza o cultivo de sequeiro, caso os cenários pessimistas sejam confirmados. O autor ainda adverte que diante de um cenário pessimista, à condição para o armazenamento de água das chuvas para o consumo humano e anima sofrerá impactos significativos, sendo necessário, portanto, o planejamento para convivência com a seca através da construção de cisternas e outros similares, que possibilitem o armazenamento de água e minimização dos impactos da falta de chuvas

voltar ao
SUMÁRIO

Medeiros (2016) Realizou o cálculo do balanço hídrico (BH) mensal para o município de Matinhas (PB), visando o planejamento da citricultura. O BH resultou em oito meses (agosto a março) de deficiência hídrica com total acumulado de 354,5 mm, ocorrendo excedente hídrico nos meses de junho e julho, evapatranspirando 32% acima dos índices pluviométricos ocorridos, a evaporação real anual é na ordem de 906,7 mm.

Objetiva-se realizar e analisar o computo do Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) entre o período de 2000-2016 e seu comparativo com o ano de 2016 com o intuito de verificar o déficit hídrico e a influência do armazenamento de água no solo no município de Serra Talhada – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Serra Talhada (Figura 1), localizada no território do Pajeú na mesorregião do Sertão do estado de Pernambuco. Localiza-se nas coordenadas geográficas de latitude 07°59' Sul e longitude 38°17’ Oeste com altitude média de 429 m.

Figura 1. Localização do município de Serra Talhada-PE, Brasil. Fonte: Adaptada Autor.

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de abril, maio e junho e os seus meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas na área da municipal são as contribuições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e formam nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações de linhas

voltar ao
SUMÁRIO

de instabilidades, orografia, trocam de calor e suas contribuições locais e regionais segundo Medeiros (2016).

Segundo a classificação climática por Köppen (1928) Serra Talhada tem o clima tipo AS Tropical Chuvoso, com verão seco, esta classificação esta de acordo com Alvares et al (2014).

Com respeito aos solos, nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado, ocorrem os Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; Topos e Altas Vertentes, os solos Brunos não Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Podzólicos, drenados e fertilidade natural média e as Elevações Residuais com os solos Litólicos, rasos, pedregosos e fertilidade natural média.

O Domínio Intersticial é composto de rochas sedimentares dos Depósitos Aluvionares, Depósitos Colúvio-eluviais, Formação Tacaratu e da Formação Mauriti. O Domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o sub-domínio rochas metamórficas constituído da Formação Serra do Olho D' água, Complexo Riacho da Barreira, Suíte Recanto-Riacho do Forno, Complexo Salgueiro-Riacho Gravatá, Complexo São Caetano e do Complexo Serra de Jabitacá e o sub-domínio rochas ígneas da Suite calcialcalina Itaporanga, Suíte Meruoca, Suíte Prata, Suíte Salgueiro-Terra Nova, Suíte Triunfo, Suíte Conceição Suíte Xingó e dos Granitóides.

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia.

Os dados de precipitação média mensal foram agrupados caracterizando um período de normal climatológica para o período de 2000-2016 onde, empregaram-se do software em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais, anuais, plotando os seus respectivos gráficos e tendências. Os referidos dados foram fornecidos pela Agencia de água e clima do Estado de Pernambuco (APAC, 2018).

Os dados de temperatura foram estimado pelo software Estima_T, (CAVALCANTI et al, 1994; 2006) estando disponível no sitio da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm. Para o município em estudos.

voltar ao
SUMÁRIO

Utilizou-se o método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para o cálculo do balanço hídrico climatológico em escala mensal para a área em estudo, ou seja, o BH cíclico, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura e precipitação média. Essa técnica é a mais utilizada para trabalhar com dados de balanço global de água do ponto de vista climatológico. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, por meio da pluviosidade (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), considerando um nível máximo possível de armazenamento. O balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETP), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e do armazenamento efetivo de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal de acordo com Camargo (1971).

Nos cálculos do BH utilizaram-se da capacidade de água disponível (CAD) representativos dos solos encontrados na região de estudo as CAD's trabalhada no estudo foi de 100 mm com o intuito de verificar a irrigação com déficit hídrico monitorado **e** a influência do armazenamento de água no solo. Utilizou-se para os cálculos do BH planilhas eletrônicas desenvolvidas por Medeiros (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 têm-se as variabilidades evaporativas seguidamente de suas deficiências e excedentes hídricos do período de 2000-2016 e seu comparativo com o ano 2016.

A evapotranspiração da década foi maior que a do ano de 2016 em todo o período com total anual de 1501,8 mm, enquanto que em 2016 o total foi de 912,9 mm. A evaporação decadal fluiu a cima do ano de 2016 em todo o período, exceto nos meses de junho e setembro, com total anual de 601,9 mm na década e 404,4 mm em 2016.

Não se registrou excedentes hídricos na década ao passo que em 2016 registrou-se excedente de 13,1 mm no mês de março. As deficiências hídricas registraram-se entre os meses de março a janeiro na década de 2000-2017 enquanto que no ano de 2016 não ocorreu deficiência nos meses de janeiro e março.

Tabela 1. Dados da década de 2000-2016 e no ano de 2016 para o município de Serra Talhada – PE

voltar ao
SUMÁRIO

	2000-2016				2016			
Meses	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	149,2	93,7	55,6	0,0	87,2	87,2	0,0	0,0
Fev	126,4	126,4	0,0	0,0	77,9	47,6	30,3	0,0
Mar	130,4	129,4	1,0	0,0	84,1	84,1	0,0	13,1
Abr	119,4	80,6	38,8	0,0	78,2	63,4	14,8	0,0
Mai	108,8	59,1	49,7	0,0	73,8	48,3	25,5	0,0
Jun	92,5	19,9	72,6	0,0	63,6	20,6	43,0	0,0
Jul	91,6	18,4	73,2	0,0	60,5	11,9	48,5	0,0
Ago	102,9	5,4	97,5	0,0	61,9	5,1	56,8	0,0
Set	121,5	1,9	119,6	0,0	69,4	11,1	58,3	0,0
Out	148,0	10,8	137,3	0,0	80,9	1,8	79,1	0,0
Nov	151,6	19,8	131,8	0,0	84,5	0,8	83,7	0,0
Dez	159,4	36,6	122,9	0,0	91,0	22,5	68,5	0,0
Anual	1501,8	601,9	899,9	0,0	912,9	404,4	508,5	13,1

.

Os elementos meteorológicos aqui estudados e discutidos mostram que mudanças bruscas ocorreram e que os habitantes deverão mudar de táticas no futuro em relação aos plantios, armazenamento de água e condições de sobrevivência**.**

Ufoegbune et al. (2011) apresentaram estimativas do balanço hídrico no Lago Oyan no Noroeste da Nigéria tendo como objetivos específicos obter a média mensal de precipitação, padrões sazonais pluviométricos, estimativa da evaporação, evapotranspiração potencial e real da área estudada, avaliaram a quantidade de água excedente que está facilmente disponível para a infiltração e o escoamento, além de determinar a quantidade de recarga disponíveis por área este trabalho vem acolobarar com o estudo em desenvolvimento.

Na figura 2 tem-se a variabilidade do balanço hídrico onde se observam reposições hídricas nos meses de janeiro e março, as deficiências hídricas ocorreram entre os meses de abril a dezembro e fevereiro, retirada de água no solo verifica-se entre os meses de abril a setembro e fevereiro. No mês de março registra-se pequeno excedente hídrico. O ano de 2016 não foi de bom armazenamento de água e no setor agropecuário ficou em déficit.

voltar ao
SUMÁRIO

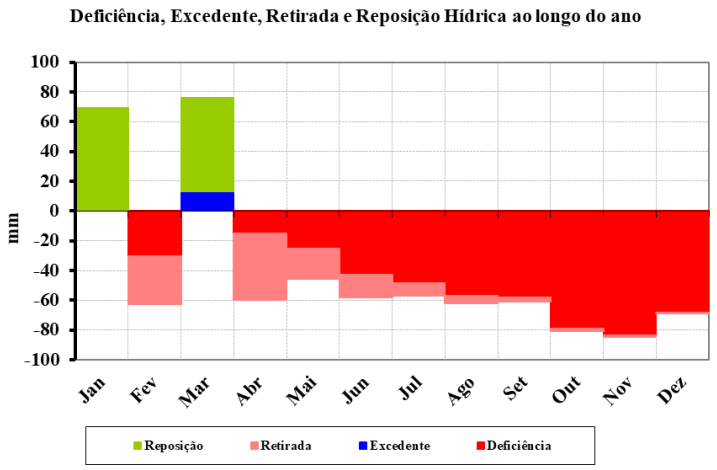


Figura 2 – Gráfico do balanço hídrico do ano de 2016 para o município de Serra Talhada – PE.

Na figura 3 tem-se repisiçao hidrica no mês de feveiro, e nos demais meses predominou a deficiencia hidrica, com maior deficiencia nos meses de agosto a dezembro. Portanto o período de 2000-2016 pode ser caracteriado com período de deficiencias hídricas elevadas.

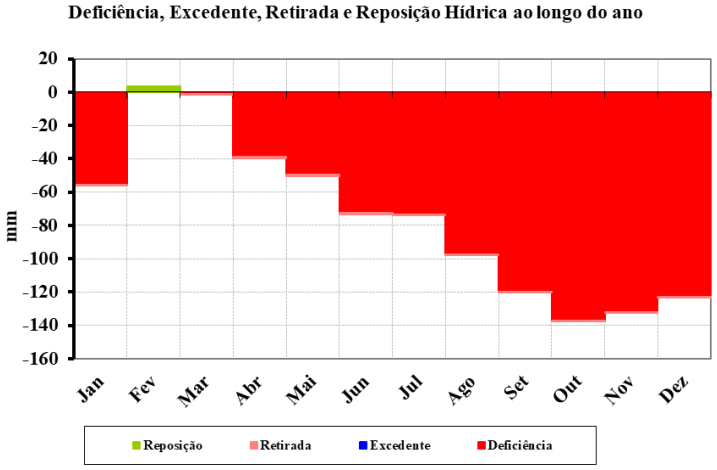


Figura 2 – Gráfico do balanço hídrico do período de 2000-2016 para o município de Serra Talhada – PE.

Vários autores em estudos na região semiárida brasileira demostraram que o período de 2000-2016 ocorreram deficiências hídricas estes estudos vem a confirmar tais afirmações.

4. CONCLUSAO

voltar ao
SUMÁRIO

O balanço hídrico é ferramenta importante na classificação climática de dada região e pela apresentação do excedente e das deficiências hídricas do solo para a captação de água de chuva onde apontam suas semelhanças com as condições atmosféricas.

Os elementos meteorológicos aqui estudados e discutidos mostram que mudanças bruscas ocorreram e que os habitantes deverão mudar de táticas no futuro em relação aos plantios, armazenamento de água e condições de sobrevivência**.**

Estudos futuros ainda mais específicos devem ser levados em consideração para visualizar melhor como os sistemas transientes e os efeitos locais afetara a variabilidade pluvial e a ETP e EVR.

Tendência de aumento de temperatura e nos índices evaporativos poderão ocasionar eventos extremos de precipitações em curto intervalo de tempo e de alta intensidade.

5. REFERENCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

APAC. Agencia Pernambucana de água e clima. 2018.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 10 (1) p.140-147. 2006.
CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157. 1994.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. KLIMATE DER ERDE. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LIMA, F.B.; SANTOS, G.O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

MEDEIROS, R.M.; BANDEIRA, M.M. Balanço Hídrico Climatológico, em Decorrência do Aquecimento Global, no Município de Picuí - Semiárido Paraibano. Revista Brasileira de Geografia Física. V.01, , P. 59-72. 2012.

voltar ao
SUMÁRIO

MEDEIROS, R.M. Balanço Hídrico de conformidade Thorthwaite e Mather 1948, 1955 em planilhas eletrônicas, 2016.

MEDEIROS, R.M. Estudo Climático do Município de Matinhas-PB. Editora da Universidade Federal de Campina Grande – EDUFCG. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. editora@ufcg.edu.br. P.150. 2016.

MEDEIROS, R.M. Estudos dos fatores provocadores de chuvas no estado de Pernambuco - Brasil. 2016.

THORNTHWAITE, CW. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, CW.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

UFOEGBUNE, G.C.; YUSUF, H.O.; ERUOLA, A.O.; AWOMESO, J.A. Estimation of Water Balance of Oyan Lake in the North West Region of Abeokuta, Nigeria. **British Journal of Environment & Climate Change**, v.1, n.1, p.13-27, 2011.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 32
CONFORTO TÉRMICO URBANO: UM ESTUDO DE CASO NOS BAIRROS DO RECIFE-PE

URBAN THERMAL COMFORT: A CASE STUDY IN THE RECIFE-PE NEIGHBORHOODS

Tamires Gabryele de Lima Mendes*, Priscila Thais Bezerra do Nascimento, Jaelson de Melo Bezerra, Lillian Souza dos Anjos, Ranyére Silva Nóbrega**.

*Mestranda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.**
Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Graduando em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
*Professor Dr. Orientador Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.***

RESUMO
O objetivo deste estudo foi analisar o conforto térmico em bairros do Recife, estado de Pernambuco, Brasil. Para isso, foi necessário calcular as médias mensais de umidade e temperatura do ar, nos horários de 6:00, 12:00 e 18:00, para em seguida analisar a zona de conforto e o índice de calor e elaborar uma interpolação de dados .Foi identificado que o conforto térmico nos bairros estão relacionadas à hora, mês e o local. Os resultados mostraram predomínio de dias confortáveis pela manhã às 06:00 e índice de calor não há alerta nos dois meses à saúde humana, a desconfortáveis à s 12:00 com alerta à saúde humana com destaque a Imbiribeira e com área amena nesse horário para Tamarineira e confortável a intermediário no horário das 12:00 horas. Diante dos resultados analisados, indica-se um planejamento urbano que leve em consideração o conforto térmico nos bairros, assim como ações que promovam os cuidados necessários para o ser humano no seu dia a dia.

Palavras-Chaves: conforto térmico, urbanização, índice de temperatura e umidad e.

ABSTRACT
The objective of this study was to analyze thermal comfort in Recife neighborhoods, state of Pernambuco, Brazil. For this, it was necessary to calculate the monthly averages of humidity and air temperature, at the times of 6:00, 12:00 and 18:00, to then analyze the comfort zone and the heat index and elaborate a data interpolation . It was identified that the thermal comfort in the neighborhoods are related to the hour, month and the place. The results showed a predominance of comfortable days in the morning at 06:00 and heat index there is no alert in the two months to human health, the uncomfortable at 12:00 with alert to human health emphasizing the Imbiribeira and with a mild area at that time for Tamarineira and comfortable to intermediate in the time of 12:00 hours. Considering the results analyzed, it is indicated an urban planning that takes into account the thermal comfort in the neighborhoods, as well as actions that promote the necessary care for the human being in their day to day.

Keywords: thermal comfort, urbanization, temperature and humidity index.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A grande preocupação da sociedade é a questão ambiental que tem se tornado o centro de grandes discussões globais, como tema central a vegetação e sua conservação que consegue manter a qualidade climática, sobretudo nos espaços da urbe. Com as alterações do espaço natural para um espaço construindo ao longo da história da humanidade, ocasionou prejuízos para a qualidade de vida do ser humano.

Os avanços das cidades ocorreram pela necessidade de preencher as relações socioeconômicas, portanto não se tinha uma forma ideal de urbanização. Para Conti (1998, p.42) "que considera a cidade a mais espetacular forma de transformação do espaço geográfico, repercutindo direta e indiretamente na organização social e ambiental em todo o planeta". Deste modo, com o processo de urbanização, houve um crescimento nas modificações climáticas pelas atividades e ações no espaço urbano.

Para Labaki e Santos (2011)

> o fenômeno da urbanização é crescente e as cidades apresentaram, nas ultimas décadas, grande crescimento da população, do espaço e de atividades, transformando drasticamente tanto o ambiente natural como o ambiente construído. Esse novo ambiente construído vem sofrendo significativa alteração climática, com prejuízo para a qualidade de vida das populações.

A urbe apresenta graus distintos de processos de urbanização, no qual não se tem um roteiro para o estudo do seu clima. Para se ter uma melhor perspectiva de estudo voltado para o clima a escala espacial/temporal é essencial, podendo ser classificada como (Macroclima, Mesoclima e Microclima) é importante considerar que a Urban Boundary Layer – UBL /Camada Limite Urbana (CLU) é voltado para uma escala mesoclima (FAÇANHA, et.al 2015). E o dossel urbano fica abaixo dessa escala que seria a configuração das ruas, edifícios e a influencia da arborização se tem os perfis intraurbanos singulares que formam os microclimas.

Para compreender a relação entre a sociedade e o clima o viés da climatologia urbana, deve ser observado de uma forma sistêmica dentro de sua área de estudo. As cidades podem gerar um clima próprio/clima local.

voltar ao
SUMÁRIO

As alterações no ambiente como a ausência de cobertura vegetal, a impermeabilização do solo e o acréscimo de construções verticais de prédios que alteram a termodinâmica e a hidrologia da superfície, que provocam o aumento da temperatura e da pluviosidade, a diminuição da umidade, entre outros fatores (AYOADE, 2010). E dependendo da magnitude destas modificações, elas podem causar a formação de Ilhas de Calor Urbano (ICU) (LOMBARDO, 1985).

A formação da ICU acontece no centro da cidade, dependendo do conjunto de construções que acercam podendo ser denso ou compacto, promovendo um aumento de temperatura e como consequência um desconforto térmico. Fatores que facilitam esse fenômeno de ocorrer: A poluição do ar, fontes antrópicas de calor, tipos de superfície e a configuração de verticalização urbana.

Vários autores conceitua o conforto térmico como o estado de bem-estar, como o organismo não necessita ativar mecanismos termorreguladores para estabelecer a temperatura corporal de uma maneira estável. Para Garcia (1985, p. 199), "consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir bem".

Para Fanger (1970), o conforto térmico é uma condição da mente que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico, então este pode ser analisado como trocas térmicas que dependem de vários fatores, sejam eles ambientais e/ou pessoais, comandados por processos físicos. Para TORTORA e DERRICKSON, 2017, p. 107

> Em resposta a temperaturas ambientais elevadas ou ao calor produzido por exercício, a produção de suor aumenta; a evaporação do suor da superfície da pele, e assim ajuda a baixar a temperatura do corpo. Em resposta a baixas temperaturas ambientais, a produção de suor, ajuda a conservar o calor. Além disso, os vasos sanguíneos na derme se contraem (se estreitam), o que diminui o fluxo sanguíneo e reduz a perda de calor do corpo. (TORTORA e DERRICKSON, 2017, p. 107)

A discussão sobre o conforto térmico urbano é classificado por Jollands et al. (2009) como fundamental para o perfil urbano, mostrando subsídios para que se possa elaborar outros estudos apropriados para o planejamento e ordenação do espaço urbano.Com os diferentes usos do solo, barreiras de prédios, interesse econômico e distribuição irregular de

voltar ao
SUMÁRIO

vegetação do Recife, foram constado por autores como Nóbrega, Santos e Moreira (2016) que os microclimas do Recife têm comportamentos diferentes em diversos bairros e, é neste contexto que se insere este trabalho.

Sendo assim, é diante deste contexto que esse artigo se insere, com o objetivo principal de realizar um estudo do clima urbano, especificamente no campo térmico, dentro do espaço intra-urbano em dois bairros do Recife-PE. A pesquisa procura relacionar o conforto térmico para analisar a influência desse aspecto no clima urbano atuante no Recife e desenvolver uma análise de conforto térmico em ambientes urbanos distintos na cidade do Recife no mês de outubro de 2015 e fevereiro de 2016.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Para o presente estudo foi selecionado o município de Recife, capital de Pernambuco apresentada pela Figura 01, situado no Nordeste Brasileiro no centro leste da região. O clima da cidade é caracterizado por ser quente e úmido, do tipo AS`com chuvas de outono a inverno, apresentando alta umidade relativa do ar, com valores médios anuais superiores 84% (KÖEPPEN, 2004). Sua população está avaliada em 1.625.583 habitantes no ano de 2016, a sua área territorial é de 2018 km^2 e sua densidade demográfica é de 7.039,64 habitantes por km^2 .A cidade está situada na latitude 8° 03´ 14” S e na longitude 34° 52’ 51” O, sua mancha urbana fica situada sobre uma planície flúvio-marinha. Sua altitude média é de apenas 4 metros acima do nível do mar (CORRÊA, 2006).

voltar ao
SUMÁRIO

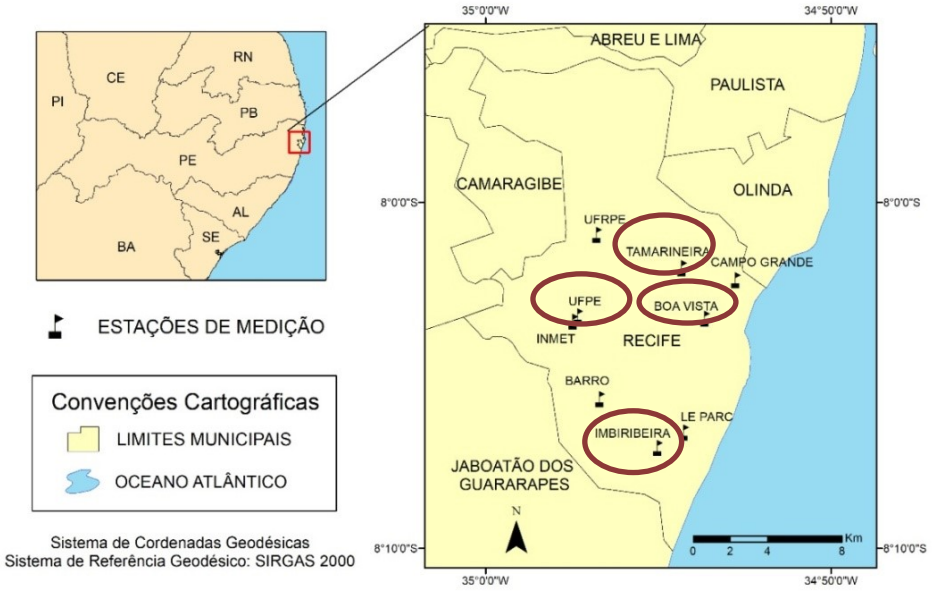


Figura 1 – Localização da área de estudo no estado de Pernambuco, destacando a cidade do Recife e a distribuição dos bairros destacados em vermelho. **Fonte:** Tamires (2017).

Coleta de dados e caracterização das áreas

Para a elaboração do índice de ilhas de calor e conforto térmico, foram utilizados dados mensais de temperatura do ar e umidade de 4 termohigrômetros, marca HOBO U20, no mês de outubro de 2015 e fevereiro de 2016. As médias mensais estão divididas em três horários: 6:00, 12:00 e 18:00.

Os instrumentos possuem um *datalogge*r e abrigo para proteger da incidência direta de radiação solar e chuva. No litoral pernambucano nesse período é caracterizado por uma estação seca (setembro a fevereiro) primavera/verão, no qual a população tem uma exposição maior a temperatura mais elevada de um ambiente externo.

Para a análise dos dados foram utilizados os intervalos de 30 minutos para um detalhamento diário com precisão. Altura das estações de coleta de dados foi definida em 1,5 m ideal por não causar influência do solo. As estações foram distribuídas de acordo com os perfis particulares de cada local (Tabela 1), lugares apropriados para a instalação com segurança do aparelho e locais sem barreiras artificiais/naturais para não interferir na coleta dos dados.

voltar ao
SUMÁRIO

Tabela 1: Caracterização das Estações de Coleta de Dados (ECD)

Bairros	Descrição das áreas	Localização – Termohigrômetro
IMBIRIBEIRA	- Contruções adensadas; - Pequenos prédios; - Pouquíssima vegetação; -Área próxima ao Aeroporto; com altíssima circulação de veículos;	
CIDADE UNIVERSITÁRIA/ UFPE	- Construções espaçadas; -Presença de vegetação -Ambiente escolar; -Circulação razoável de veículos.	
BOA VISTA	- Construções densas; -Alta quantidade de prédios; - Pouquíssima vegetação. -Um dos centros econômicos da cidade, com altíssima circulação de veículos e pedestres.	

voltar ao
SUMÁRIO

TAMARINEIRA	-Área com edificações; -com a presença de alguns prédios, casas e pouca vegetação; -Ambiente de moradia, com alta circulação de veículos; -Divisa entre área de prédios adensados e subúrbio com baixas construções;	

Fonte: Tamires Mendes (2017).

3. METODOLOGIA

Foi necessário o processamento dos dados horários de temperatura e umidade dos termohigrômetros para que os mesmos apresentassem as médias mensais nos horários de 6:00, 12:00 e 18:00 de outubro de 2015 e fevereiro de 2016.

O calor solar pode prejudicar várias atividades executadas a céu aberto, como os trabalhos rurais, a construção civil e até mesmo as pessoas que pretendem chegar no seu local de trabalho entre outros, consequências que podem ser aumentadas pelo fator da época do ano e da área geográfica onde são desenvolvidas as atividades (COX, 1973). Para indicar o conforto térmico foi utilizada a tabela de Freitas (2005) com os dados obtidos e comparados pela tabela característica para a cidade do Recife. A (Tabela 2) indica a temperatura como influencia na sensação de conforto térmico.

Tabela 2 - Zona de conforto para o clima tropical litorâneo quente e úmido, Recife-PE.

voltar ao
SUMÁRIO

Zona de Conforto para o clima tropical litorâneo quente e úmido, Recife –PE (esses valores sofrem alterações dependendo da combinação de fatores organicos e climáticos, entre outros)			
Qualidade do ambiente	**Temperatura do ar (°C)**	**Umidade Relativa do ar (%)**	**Velocidade do vento (m/s)**
Confortável	**24 a 28**	**50 a 70**	**1,0 a 3,0**
Intermediário	**22 a 24 e 28 a 30**	**30 a 50 e 70 a 80**	**0,5 a 1,0 e 3,0 a 4,0**
Desconfortável	**< 22 e > 30**	**< 30 e > 80**	**< 0,5 e > 4,0**

Fonte: FREITAS, 2005.

Analisado os dados das estações e comparado com a tabela, os dados foram interpolados no software de processamento de dados espaciais ArcGis 10.2. Permitindo a visualização de quais bairros apresentavam zonas de conforto e desconforto térmico de acordo com a sua localização espacial, médias mensais e horárias. Além da tabela anteriormente exposta, há também, a (Tabela 3) que está a seguir. Nela são mostrados os níveis de alerta e as consequências do Índice de calor (IC) para o ser humano (NÓBREGA; VERÇOSA, 2011).

Tabela 3- Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do IC.

Nível de Alerta	Índice de Calor	Síndrome de Calor (sintomas)
Perigo extremo	54° C ou mais	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente.
Perigo	41,1 – 54° C	Câimbras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
Cautela extrema	32,1° - 41° C	Possibilidade de câimbras, esgotamento e insolação para exposições prologandas e atividade física.
Cautela	27,1 – 32° C	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
Não há alerta	Menor que 27° C	Não há problemas.

Fonte: National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA. Adaptado por Nobrega e Verçosa (2011).

voltar ao
SUMÁRIO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao serem analisadas os dados de conforto térmico em todos horários (6:00, 12:00 e 18:00) ocorre uma variação de acordo com a sua localização geográfica e os períodos estudados. Na tabela 4 evidenciam temperaturas no horário das 06:00 da manhã.

Tabela 4- Médias mensais de temperatura (de outubro de 2015 e fevereiro de 2016), às 06:00, nos bairros do município de Recife.

Bairro	**Outubro 2015 (*Temperatura*)**	**Umidade**	**Fevereiro 2016 (*Temperatura*)**	**Umidade**
UFPE	25,0 ℃	80,2%	26,1℃	83,5%
Imbiribeira	25,9 ℃	76,6%	27,1℃	79,6%
Tamarineira	26,0 ℃	74,8%	27,2℃	78,2%
Boa Vista	26,5 ℃	73,4%	27,6℃	77,2%

Fonte: Tamires Mendes (2018).

Quando verificado a (Tabela 4) com as médias mensais às 6:00, é perceptível que nesse horário da região caracterize com levemente quente, que de acordo com a Tabela de Freitas (2005), onde 24℃ a 28℃, é caracterizado como conforto térmico e no índice de calor não há alerta, com isso não ocasionando problemas à saúde humana.

O bairro da Boa vista apresenta média de temperatura elevada nos dois meses distintos com o nascer do sol o diferencial de temperatura entre os bairros não tem disparidades, o aumento gradativo da temperatura do ar e umidade relativa nos bairros localizados numa região onde há uma grande concentração de edificações que tendem a absorver mais calor (NÓBREGA; VITAL, 2010). Destacando-se, pela influência da maritimidade que mantém as temperaturas estáveis ao longo do dia pela lenta perda de ganho de calor. A baixa amplitude máxima de 1,2℃ evidencia que em todos os pontos do município de Recife houve temperaturas amenas.

A umidade relativa do ar se mostra elevada no bairro da cidade universitária (UFPE) registrou-se os valores máximos de 80,2% em outubro e 83,5% em fevereiro nesse horário, por ser e uma zona próxima a uma área de reserva de mata atlântica, o que explica diferentes comportamentos desta variável meteorológica. Foi encontrado o menor valor de umidade no

voltar ao
SUMÁRIO

ponto da Boa vista com 73,4% em outubro e 77,2% em fevereiro por ser uma área com edificações, intensidade de tráfego e construções civis influenciando na temperatura.

Tabela 5- Médias mensais de temperatura (de outubro de 2015 e fevereiro de 2016), às 12:00, nos bairros do município de Recife.

Bairro	**Outubro 2015 (*Temperatura*)**	**Umidade**	**Fevereiro 2016 (*Temperatura*)**	**Umidade**
UFPE	29,8	60,0%	29,8	67,0
Imbiribeira	30,5	60,6%	30,1	69,5
Tamarineira	28,0	66,6%	28,8	69,6
Boa Vista	29,1	62,7%	29,9	67,5

Fonte: Tamires Mendes (2018).

Ao meio dia, todos os bairros apresentam sensações de intermediário a desconfortável com temperaturas de 28°C a 30,5°C, com nível de cautela e índice de calor de possível fadiga em caso de exposição prolongada ou atividade física . Em todo o município, essa área ficou restrita a uma pequena ilha de calor localizada no sudoeste recifense.

Quando o sol atinge o zênite ao meio o dia, a maioria dos bairros tem seus picos de temperatura, com destaque da Imbiribeira, UFPE e a Boa vista; a Tamarineira se destaca como ilha de frescor. A Imbiribeira é destaque de altas temperaturas este bairro é localizado o Aeroporto Internacional dos Guararapes e Ginásio de Esportes Geraldo Magalhães, conhecido como Geraldão. O bairro é em parte residencial e em parte comercial. Há grandes galpões, as áreas verdes estão concentradas na lagoa do Araçá, porém há um déficit no restante do bairro.

A Tamarineira com menor temperatura em relação os outros pontos se mostra com temperaturas medianas. Em seu entorno formado por edifícios que dependendo da hora causa sombras em determinados locais e sofre influências do Parque da Jaqueira local com diversas espécies arbóreas, de médio a grande porte, promovendo uma zona de alívio da temperatura com diferença de amplitude térmica de 2,5 °C do Bairro da Imbiribeira e Tamarineira no mês de outubro de 2015 na primavera e 1,3°C no mês de fevereiro de 2016 no verão, fica nítido o contraste térmico de diferenciação de áreas por o aumento de atividades humanas, edificações e a ausência de arborização. Ocorrendo mudanças significativas na superfície terrestre

voltar ao
SUMÁRIO

afetando no conforto térmico. O padrão da umidade relativa do ar nos dois meses nos pontos não registraram valores de saturação ficando no valor normal.

Tabela 6- Médias mensais de temperatura (de outubro de 2015 e fevereiro de 2016), às 18:00, nos bairros do município de Recife.

Bairro	**Outubro 2015 (*Temperatura*)**	**Umidade**	**Fevereiro 2016 (*Temperatura*)**	**Umidade**
UFPE	26,3°C	72,9%	27,9 °C	73,8%
Imbiribeira	27,4°C	69,9%	28,8 °C	72,6%
Tamarineira	26,6°C	71,6%	28,4°C	72,4%
Boa Vista	26,6°C	72,1%	28,2 °C	72,8%

Fonte: Tamires Mendes (2018).

Analisando as médias mensais da temperatura horário das 18:00 (Tabela 6), algumas características mostram-se evidentes quando comparadas com os horários já apresentados. Dentre eles, semelhanças nas condições de conforto térmico no horário das 6:00, onde todos os bairros apresentaram boas condições térmicas e com nível de cautela e índice de calor de possível fadiga em caso de exposição prolongada ou atividade física. A única diferença entre esses bairros estaria o bairro da Imbiribeira com temperatura maior que os demais com perfil urbano de densidade urbana alta, no qual os edifícios do bairro vizinho são de Boa viagem impedem a ventilação nas ruas próximas a orla. A ausência de vegetação, a impermeabilidade do solo e a altura dos prédios de Boa viagem, formam uma barreira que impedem a circulação do ar, contribuindo para o clima quente e se tornando um local com ilha de calor.

Com a utilização do ArcGis foi possível fazer um diagnóstico espacial dentro da área de estudo analisando as médias mensais de cada bairro em outubro 2015 e fevereiro de 2016, identificando as causas e particularidades de dados da distribuição de temperatura nos bairros distribuídos ao longo da cidade.

voltar ao
SUMÁRIO

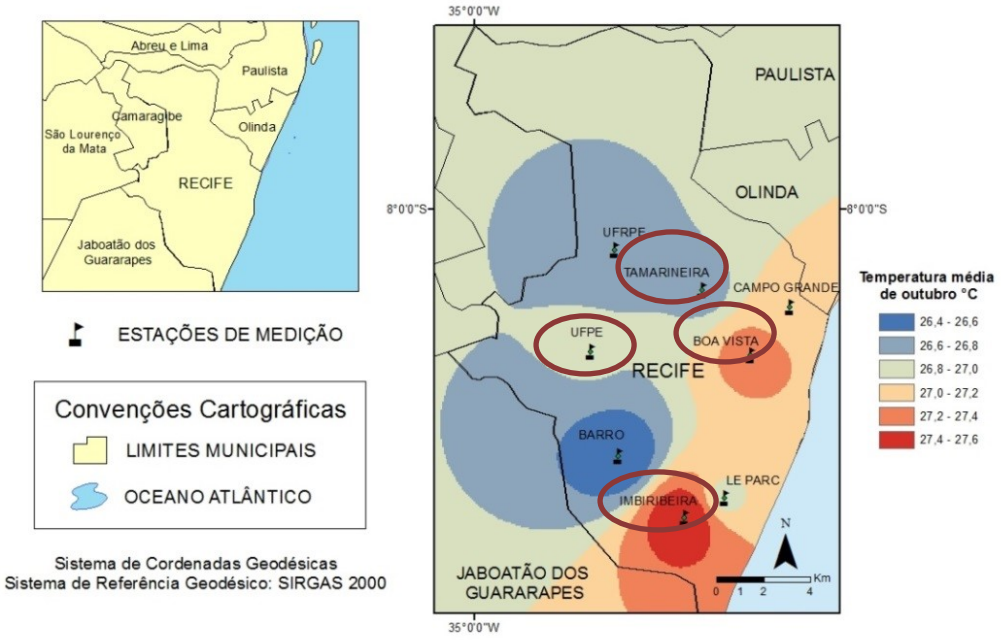


Figura 3 - Temperatura média do mês de outubro de 2015. **Fonte:** Tamires Mendes (2017).

As médias para os períodos mensais foram vistos na (Figura 3) que a Imbiribeira se mantém com a média de temperatura mais alta e em seguida o bairro de Boa vista a média desses bairros ficam entorno de 27,2 °C a 27,6 °C de temperatura. O bairro da Tamarineira indica menor temperatura seguida pela UFPE como pode ser observado na figura 12 no mês de outubro ficando com média de 26,4°C a 26,8 °C de temperatura.

voltar ao
SUMÁRIO

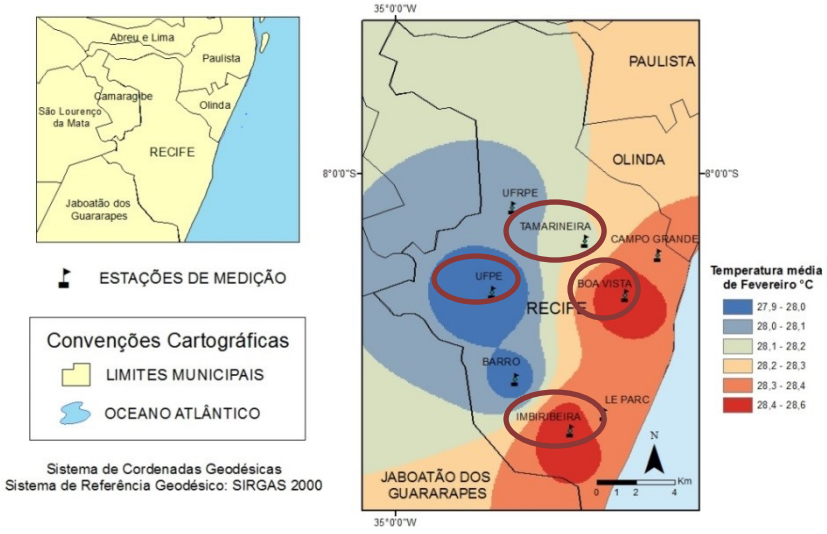


Figura 4- Temperatura média do mês de fevereiro de 2016. **Fonte:** Tamires Mendes (2017).

Em 2016 no período do verão em fevereiro a variação de temperatura diminui. O bairro da UFPE mesmo com paisagens urbanas diferenciada se mostrou com temperaturas amenas como pode ser visto na (Figura 4). Identificando a Tamarineira com pouca alteração de temperatura, que ficaram quase com as mesmas temperaturas que as estações que ao longo das análises se tornaram concentradores de calor. Os demais pontos Imbiribeira e Boa Vista, houve uma concentração de calor, pelos impactos das áreas nos fluxos de energia do ambiente como a (que ao passar dos meses se tornou um concentrador de calor). No mês de fevereiro a interpolação de dados se mostrou pouco dinâmica no qual as estações ficaram com certa homogeneidade de temperatura.

5. CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado, verificou-se que as temperaturas nos pontos de coleta e que as zonas de conforto encontradas variaram entre confortável a desconfortável nos três horários avaliados, as áreas foram levemente quentes.

Apesar da insuficiência de radiação solar às 18:00, os bairros do Recife no mês de outubro de 2015 e fevereiro de 2016, apresentaram condições de calor leve para a população.

voltar ao
SUMÁRIO

Alguns fatores podem ser questionados como concentradores de absorção de calor das áreas edificadas, diminuição do calor latente dos materiais urbanos devido à ausência de vegetação.

Com os resultados é possível observar que a grande quantidade das construções provoca alterações térmicas no ambiente, que pode afetar o ser humano na qualidade de vida ou no meio urbano formando o fenômeno das Ilhas de Calor em grandes áreas urbanas, por exemplo. O ponto (bairro) com maior índice de calor (IC) na cidade do Recife foi o da Imbiribeira. Já o ponto com o menor índice de calor foi a Tamarineira, isso deixa claro o problema de adensamento de prédios no bairro da Imbiribeira, formando correntes canalizadas de vento, a impermeabilização do solo por conta do asfalto das ruas e avenidas do bairro e a pouca quantidade de arborização, já que o conforto térmico é influenciado pelas condições ambientais, que vem sendo ameaçadas, principalmente pela ausência de vegetação. Já na área da Tamarineira, ainda há uma grande quantidade de vegetação, dando uma sensação de conforto maior.

Ressalta-se que Recife tem uma dinâmica microclimática significativa as quais estão relacionadas aos fatores climáticos e a disposição da configuração urbana. Se os órgãos públicos participarem de forma ativa para aumentar o maior número possível de ilhas de frescor, poderá ser melhor o conforto térmico, seja com a manutenção de praças ou parques ou com projetos de lei.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Grupo de Estudos em Climatologia Tropical e Eventos Extremos (TROPOCLIMA) do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

7. REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

voltar ao
SUMÁRIO

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. São Paulo: Atual, 1998. (Série Meio Ambiente).
CORRÊA, A.C.B. **Contribuição À Análise Do Recife Como Um Geossistema Urbano**. Revista de Geografia. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, n0 3, jul/dez. 2006.

COX, J. W. **Temperaturas Extremas**. In: FUNDACENTRO. Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho. São Paulo, 1973. v. 3, p. 684 – 711.

FAÇANHA, A. C. ; AQUINO, Cláudia M. S. (Org.) ; CARDOSO, Josenete A. (Org.) ; SILVA, Silvana S. (Org.) . Geografia: o regional e geoambiental em debate [ISBN 9788574638713]. 1. ed. Teresina: EDUFPI, 2015. v. 1. 247p.

FANGER, P. O. **Thermal Confort**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FREITAS, R.. **O que é conforto**. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió - AL. Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005. p. 726-735.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima**, médio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis S. A. 1985.

IBGE**. Cidades.** Disponível em <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco|recife|infograficos:-informacoes-completas> **.** Acesso em agosto de 2017.

JOLLANDS, N; RUTH, M. C.; BERNIER, G. **The climate's long-term impact on New Zealand infrastructure (CLINZI) Project A- case study of Hamilton City**, New Zealand. Journal of Environmental Management, Vol. 83, Issue 4, p. 460-477, 2007.

LABAKI, Lucila Chebel et al. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, 2013.

LOMBARDO, M.A**. Ilha de Calor nas Metrópoles**. Ed. Hucite, São Paulo, 1985.
NOBREGA, R. S. ; SANTOS, P. F. C. ; MOREIRA, E. B. M. . **Morfologia Urbana E Ilhas De Calor Na Cidade Do Recife/Pe: Distribuição Espacial E Intensidade**. Revista de Geografia (Recife), v. 33, p. 319-333, 2016.

NÓBREGA, R. S., VERÇOSA, T. **O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do recife**. Revista de Geografia (Recife), 28(1), 2011.

NÓBREGA, R. S; VITAL, L. **Influência da urbanização sobre o microclima de Recife e formação de Ilha de Calor (Influence of urbanization on the climate of Recife and development of Heat Island)**. Revista Brasileira de Geografia Física, América do Norte, 2010.

voltar ao
SUMÁRIO

TORTORA, Gerard J. DERRICKSON, Bryan. **Corpo Humano. Fundamentos de Anatomia e Fisiologia**. 675 p. Editora Artmed. 10. ed. 2017. Porto Alegre RS.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 33
DESAFIOS PARA REVITALIZAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA EM RECIFE

CHALLENGES FOR THE REVITALIZATION OF WATER COURSES IN RECIFE

Priscila Lyra Cabral *, Gastão Cerquinha Fonseca Neto* , Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral**

Departamento de Engenharia Civil, CTG, UFPE, Brasil (pricabral.mrc@gmail.com)*
*Universidade de Pernambuco e Universidade Federal de Pernambuco ** (Professor Orientador)*

RESUMO
Os cursos d'água de Recife estão bastante degradados e atualmente já se reconhece a necessidade de revitalização dos rios e riachos de Recife. O objetivo da pesquisa desenvolvida pelos autores é a revitalização dos rios e riachos da cidade de Recife e uma etapa fundamental para o processo de revitalização é a identificação das causas que dificultam o referido processo. A metodologia do presente trabalho de pesquisa consistiu na análise bibliográfica e documental, análise de mapas analógicos e digitais bem como visitas de campo para observação dos problemas. Como resultados, observou-se a excessiva poluição por esgoto e por resíduos sólidos, e que as calhas dos rios foram sendo estranguladas por aterros ao longo de muitos séculos, Como conclusão verificou-se que as principais dificuldades para a revitalização dos rios e riachos em Recife são: invasão dos pobres, invasão dos ricos, ocupação das margens pela prefeitura para construção de ruas, retificação e canalização, lançamento de esgoto doméstico, resíduos sólidos difusos.
Palavras-Chaves:Rios Urbanos, sistema de esgoto,revitalização de rios

ABSTRACT
Recife's waterways are very degraded and the need to revitalize Recife's rivers and streams is now recognized. The objective of the research developed by the authors is the revitalization of the rivers and streams of the city of Recife and a fundamental step for the revitalization process is the identification of the causes that hamper the said process. The methodology of this research consisted of bibliographical and documentary analysis, analysis of analogue and digital maps as well as field visits to observe the problems. As a result, excessive pollution by sewage and solid waste has been observed, and river sections have been reduced by landfills for many centuries. As a conclusion, the main difficulties for the revitalization of rivers and streams in Recife are: invasion of the poor people, invasion of the rich people, occupation of banks by municipal authority for streets, rectification and channeling, domestic sewage disposal, diffuse solid waste.
Keywords: urban rivers, sewage system, river revitalization.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A grande maioria das cidades ao redor do mundo teve início com agrupamentos de populações ao redor de fontes de água, uma vez que este recurso é essencial para o desenvolvimento humano. Desta forma, são inúmeras as civilizações que possuem rios e riachos cortando sua paisagem urbana. Muitas vezes, entretanto, esses cursos d'água passaram a ser ignorados pela população principalmente no século XX onde a prioridade das cidades passou a ser o carro e consequentemente as ruas e avenidas.

A cidade do Recife é recortada pelas bacias hidrográficas dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipió(com seu rio principal uma grande quantidade de rios afluentes), ao norte por algumas sub-bacias do rio Paratibe e ao sul por algumas sub-bacias do rio Jaboatão. Estes rios com seu grande número de riachos afluentes (chegando a quase uma centena deles)fez com que Recife crescesse sendo conhecida como Veneza Brasileira.

Os rios e riachos, entretanto, não foram valorizados ao longo dos anos e, passaram a ser visto como um problema, um entrave na "urbanização". No final do século XX, os rios e riachos já se encontravam muito poluídos por lixo e esgoto que eram lançados sem qualquer controle.

A grande concretagem dos espaços urbanos, inclusive às margens dos rios das grandes cidades brasileiras fez com que os mesmo recebessem muita mais água nos períodos de chuva terminando por transbordar e alagar ruas e casa do entorno (Miguez et al, 2016).

Com a urbanização excessiva, a qualidade da água dos rios e riachos foi se deteriorando. Uma avaliação da qualidade da água de curso d'água de Recife, claramente evidenciou o lançamento de esgotos domésticos. Comparando os resultados, o autor verificou que por exemplo no riacho Parnamirim com o pior cenário do enquadramento dos corpos hídricos proposto pelo Conama, que é a Classe IV, os únicos parâmetros que a atenderam a referida legislação foram: o Ph, que variou entre 7,1 e 7,2; e a Turbidez que teve variação de 20 a 50 UT (Cometti et al, 2017).

Nas últimas décadas do século XX com o conceito de desenvolvimento sustentável como foco de qualquer interação com a natureza, a sociedade vem se conscientizando de que a água é um bem finito e sensível às ações antrópicas (Zahed Filho et al, 2009). No início do

século XXI, a academia e parte da sociedade mais esclarecida passou a reconhecer a necessidade de revitalização dos cursos d'água de Recife e cidades vizinhas, mas ainda há muitos desafios a serem vencidos.

Nas últimas décadas do século XX, a cidade de Recife cresceu a taxas muito elevadas acarretando diversos problemas na oferta dos serviços públicos principalmente no setor de saneamento com dificuldades no abastecimento, na coleta de esgoto, nos resíduos sólidos e na drenagem urbana, sendo que os três últimos itens acarretam consequências para os cursos d'água.

Estudos anteriores salientam que para o sucesso das ações de revitalização de rios e riachos é essencial que o problema seja reconhecido pela maioria da população e dos gestores públicos, assim como as soluções propostas precisam ser abrangentes, envolvendo os aspectos hidráulicos, hidrológicos, naturais e sociais (Preuss et al, 2017). Entre os aspectos sociais, é importante observar as invasões das calhas fluviais pela população da cidade.

Entre as diversas patologias que afetam os rios e riachos das cidades, Walsh et al (2005) ressaltam a perda da eficiência hidráulica para drenagem das águas por ocasião das chuvas intensas. No caso de Recife, um dos fatores que levam à perda da eficiência hidráulica é o estrangulamento da calha fluvial por aterros e ocupação indevida das margens.

O objetivo da pesquisa desenvolvida pelos autores é a revitalização dos rios e riachos da cidade de Recife e uma etapa fundamental para o processo de revitalização é a identificação das causas que dificultam o referido processo. Para isto, foram analisados diversos aspectos dos cursos d'água e o presente artigo discute o resultado das observações realizadas e mostra algumas das dificuldades para o processo de revitalização dos cursos d'água de Recife.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho de pesquisa consistiu na análise bibliográfica e documental, análise de mapas analógicos e digitais bem como visitas de campo para observação dos problemas dos cursos d'água e das dificuldades e desafios do meio físico, biótico e antrópico.

voltar ao
SUMÁRIO

A análise bibliográfica envolveu de início os aspectos geomorfológicos, hidráulico e hidrológicos que eram mais evidenciados em décadas passadas. A pesquisa na bibliografia mais recente procurou focar mais nos aspectos ambientais, a qualidade de água e os fatores sociais que interferem com os cursos d'água.

Além dos mapas analógicos e digitais, foram analisadas também imagens de satélites disponíveis na internet com diversos graus de precisão e obtidas em diversos anos, o que possibilitou também analisar a evolução ao longo do tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na década de 1970, houve um conjunto de intervenções na bacia do Capibaribe. Com o intuito de reduzir as enchentes que aconteceram nesta época.Foram construídas três grandes barragens de retenção com finalidade de reter grandes vazões que vinham do Alto Capibaribe, do rio Tapacurá, do rio Goitá e do riacho Cotunguba (intermitente). Além disso, foi feita a retificação de um pequeno trecho a jusante da BR-101 e foi alargada a calha em alguns trechos do rio na planície (CABRAL et al., 2017).

Com as barragens, as grandes cheias do Capibaribe não voltaram a ocorrer, mas nos anos de maior pluviosidade tem ocorrido inundações por extravasamento das calhas fluviais no rio Beberibe, no rio Tejipió e em vários dos riachos das sub-bacias da planície de Recife.

Com a redução dos riscos das grandes inundações, muitas famílias de baixa renda ou de nenhuma renda passaram a ocupar as margens dos cursos d'água criando uma das grandes dificuldades atuais para o processo de revitalização (IBGE, 2010).

A migração da população rural para a cidade, anteriormente por razões climáticas, ainda continuam existindo em menor escala pelo atrativo social e econômico das cidades criando um déficit habitacional crítico que tem levado a população pobre a ocupar lugares de risco nas encostas de morros ou nas margens dos cursos d'água (Cavalcanti et al., 2008). As Figura 1 e Figura 2 mostram alguns exemplos.

A figura 1 mostra uma ocupação na margem do Capibaribe no bairro da Torre e a figura 2 mostra uma ocupação na área do Detran no bairro da Iputinga, ambas desrespeitando as áreas de preservação permanente (APP).

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 1. Invasão da margem do rio Capibaribe pela população pobre na localidade de Santa Luzia no bairro da Torre (Fonte: Google, 2018)

O grande crescimento populacional ocorreu de forma desordenada e desigual, gerando uma grande diferença nas características das moradias locais. Uma parcela da população, sem ter onde e como construir suas moradias acabou por fazer casas, chamadas de palafitas, em cima das calhas de rios ou riachos próximos à aglomeração urbana, é construído com estacas de madeiras fixadas às margens do rio e tábuas e outros materiais encontrados nas ruas e lixões formando uma moradia em condições precárias.

Quando a prefeitura da cidade precisa fazer alguma obra de requalificação urbana na margem de algum curso d'água é necessário todo um conjunto de atividades de cadastramento e indenização dos moradores que invadiram as margens tornando o processo caro e lento. E o pior é que ao serem indenizados, grande parte deles vai invadir a margem de outros cursos d'água num ciclo vicioso, bastante perverso para a cidade.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 2. Invasão das margens do Capibaribe pela população pobre na localidade do Detran no bairro da Iputinga (Fonte: Google, 2018)

Entretanto, não apenas a população pobre invade os espaços dos rios. O movimento da especulação imobiliária fez com que as pessoas físicas ou jurídicas (em especial as construtoras) aumentassem seus lotes invadindo o espaço dos cursos d'água que cortam a cidade, estrangulando-os cada vez mais.

Sendo assim, uma outra grande dificuldade para a revitalização dos rios e riachos em Recife é a invasão das margens pelos ricos (classe média e classe média alta) nos bairros nobres da cidade em que casa de alto padrão e prédios de luxo invadem as APP para obter mais espaço para garagens, play-ground e áreas de lazer.

A figura 3 mostra uma ocupação de APP no bairro de Apipucos e a figura 4 mostra uma situação equivalente no bairro das Graças, ambas desrespeitando o código florestal e a própria lei do uso e ocupação do solo da cidade.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 3. Construção de conjunto residencial em Apipucos não respeitando o afastamento mínimo entre as edificações e o rio (Fonte: Google, 2018)

Além das invasões dos pobres e dos riscos, outra grande dificuldade é a ocupação dos espaços das água pela própria prefeitura para ruas, avenidas e outras obras públicas. O desenvolvimento urbano aconteceu de forma carrocêntrica, isto é, as medidas de urbanismo estavam sempre voltadas ao uso dos carros, ignorando o meio ambiente e as próprias pessoas.

voltar ao
SUMÁRIO

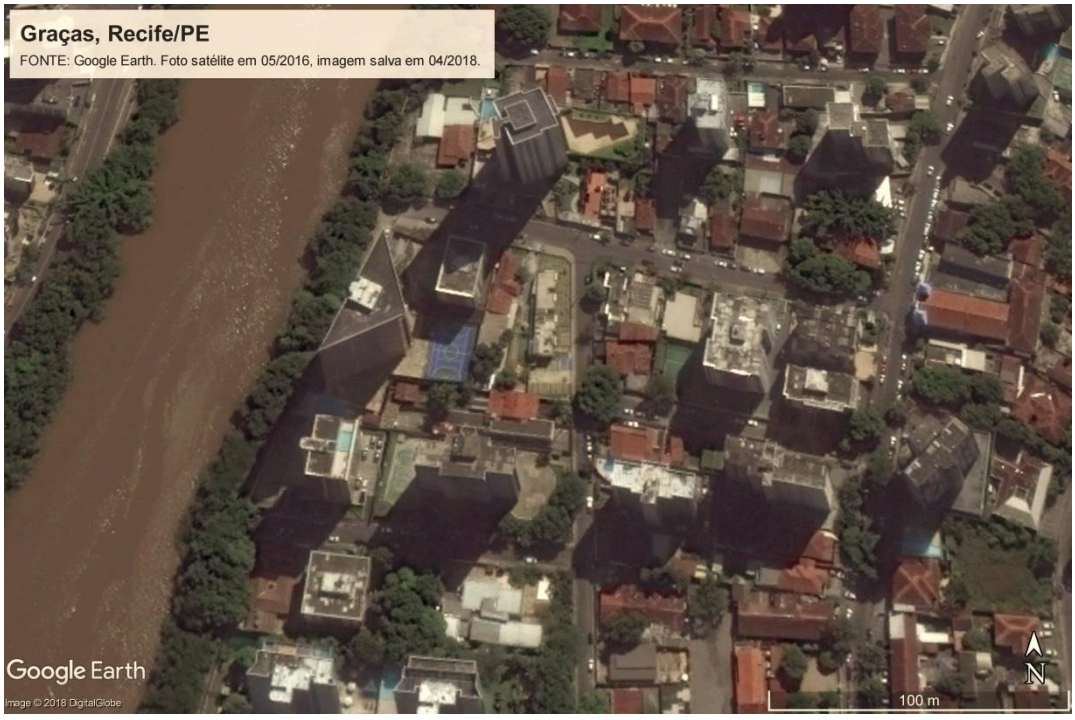


Figura 4. Prédio no bairro das Graças ocupando a margem do rio, não respeitando o afastamento mínimo (Fonte: Google, 2018)

Ficou comum, então, construir largas vias de carros às margens de riachos retificados e canalizados. A impermeabilização do solo devido às construções, tais como ruas asfaltadas, prédios, casas e até parques concretados, resulta na redução do lençol freático das bacias urbanas.

A figura 5 mostra o canal (riacho) do Sport que foi tamponado por placas de concreto da Av Abdias de Carvalho e vias laterais, de modo que o riacho desaparece em baixo do concreto e não volta a aparecer.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 5. Canal (riacho) do Sport. Ao chegar junto do portão do Sport o riacho desaparece por baixo das placas de concreto

Além disso, o entendimento científico-tecnológico do século passado (século IXX e século XX) dizia que a melhor forma de resolver os problemas de alagamentos era fazendo com que a água escoasse o mais rápido possível, a chamada fase "Higienista" (Miguez et al, 2016) . Desta forma, deu-se início à retificação e canalização dos riachos que percorriam a cidade, caracterizando um outro grande problema para revitalização dos riachos.

Em consequência de todas essas intervenções antrópicas, diversos problemas urbanos e ambientais podem ser destacados, a exemplo de aumento no nível das enchentes (muito maior ao que era esperado).

No fim do século XX, com o grande processo de urbanização, o sistema de saneamento básico não acompanhou o crescimento populacional, desta forma, o lixo e dejetos foram largados nos rios e riachos que cortam a cidade. Com o passar do tempo e a canalização dos riachos, eles se tornaram cada vez mais depósitos de esgoto e uma parte da população acredita que esta seja a função principal dos canais (Preuss, 2013).

voltar ao
SUMÁRIO

Alguns anos atrás o governo do estado iniciou uma parceria público-privada (PPP) com uma construtora para consertar o sistema existente e universalizar o sistema de coleta e tratamento de esgoto na região metropolitana. Infelizmente a construtora não pôde dar continuidade e o projeto foi repactuado com outra construtora, ficando o novo prazo de conclusão para 2037.

Quanto aos resíduos sólidos, a prefeitura de Recife consegue coletar aproximadamente 99% dos resíduos da cidade (SNIS, 2016). No entanto, a parcela de 1% não coletado ainda corresponde a muito lixo que é largado nas ruas, praças, terrenos baldios e que durante as grandes chuvas são carreados para os cursos d'água.

Tudo isto colaborou para que esses cursos d'água fossem agredidos nas últimas décadas resultando em riachos-canalizados com margens e calhas principal ocupadas, margens e fundos concretados, sendo usados como depósito de lixo e local de despejo do esgoto resultando em extinção quase total da vida aquática.

4. CONCLUSÃO

Atualmente, grande parte da sociedade está consciente da necessidade de revitalizar os rios e riachos da Região Metropolitana do Recife, mas ainda falta um longo caminho a percorrer para completar a mudança de paradigmas e os cursos d'água voltarema ser valorizados.

As principais dificuldades para a revitalização dos riachos são: invasão dos pobres, invasão dos ricos, ocupação das margens pela prefeitura, retificação e canalização, lançamento de esgoto doméstico, resíduos sólidos difusos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o CNPq, a CAPES e a FACEPE pelo apoio recebido em forma de bolsas de iniciação científica e de mestrado.

6. REFERÊNCIAS

CABRAL, J. J. S. P.; FONSECA NETO, G. C.; CABRAL, P. L.; LINS, R. M. A.; MONTEIRO, P. B. C. L.; BRAGA, R. A. P. Avanços e desafios para a revitalização de rios

voltar ao
SUMÁRIO

urbanos em recife: o caso do riacho Parnamirim. Anais XXII SBRH, Associação Brasileira de Recursos Hídricos , 1-8, 2017.

COMETTI, J L S; CABRAL, J J S P; Amanda Valesca Barbosa, ALVES, A V B, Impactos da Urbanização na Qualidade de Água de dois Afluentes do rio Capibaribe, Recife – PE, Anais XXII SBRH, Associação Brasileira de Recursos Hídricos , 1-8, 2017.

REURIS PROJECT TEAM. (2012). **Urban rivers – Vital Spaces: Manual for urban river revitalisation, implementation, participation, benefits.** REURIS Project Team, Central Europe, 327 p.

BRAGA, Ricardo Augusto Pessoa; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral; Pedro Oliveira; Marcelo de Aquino Soares & Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão, INFORMAÇÕES HIDRÁULICAS E HIDROLÓGICAS PARA RENATURALIZAÇÃO DO RIACHO PARNAMIRIM, Simpósio ABRH, 2009

CABRAL, J. J. S. P.; PREUSS, S. L. da C. NETO, G. C. da F. **Capibaribe e seus afluentes na planície de Recife: visão multidisciplinar de um rio urbano e sua importância para o sistema de drenagem das águas pluviais**. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal – RN, 2014. 10p.

CAVALCANTI, H; LYRA, M R B ; AVELINO, E; MOSAICO URBANO DO RECIFE - Exclusão Inclusão Socioambiental, FUNDAJ, 2008.

COSTA, F. A. Pereira. **Anais Pernambucanos;** vol. 03. Coleção Recife, História e Cultura, Fundação de Cultura da Cidade do Recife. 1992

FREY, K. (2012). Articulação em rede para governança ambiental urbana. In Gestão de natureza pública e sustentabilidade. Org. por Philippi Jr., A., Sampaio, C.A.C. e Fernandes, V., Coleção ambiental, ed. Manole, Barueri – SP, pp. 147 – 177

IBGE. Aglomerados subnormais: primeiros resultados. Disponível em: < http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/92/cd_2010_aglomerados_subnormais .pdf>. Acesso em: 15 mai. 2015.

LIMEIRA, Maria Camerina Maroja, Silva, Tarciso Cabral, Gesinaldo Ataíde Cândido Gestão Adaptativa e Sustentável para a Restauração de Rios: Parte I Enfoques Teóricos sobre Capacitação Social, ABRH, Vol 15, N 1, 2010.

MIGUEZ, M, VEROL, A e REZENDE, O (2016) Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade, Elsevier Editora, Rio de Janeiro.

PREFEITURA DO RECIFE; FUNDAJ. A Habitação de interesse social no Recife. Lívia Miranda, Magda Caldas Neto, Socorro Araújo. Recife: Prefeitura do Recife/ Fundaj, 2001. (mimeo)Disponível http://www.ibdu.org.br/imagens/AindahalugarparaoPREZEIS.pdf acesso

voltar ao
SUMÁRIO

em 10/06/2009.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Projeto Capibaribe melhor**. Secretaria de Planejamento Participativo, Obras e Desenvolvimento Urbano e Ambiental – URB Recife**.** Dezembro de 2005.

PREUSS, S L C, A REVITALIZAÇÃO DE RIACHOS URBANOS NA BUSCA DE CIDADES SUSTENTÁVEIS: O CASO DO RIACHO PARNAMIRIM EM RECIFE – PE, Dissertação de mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

PREUSS, S L C, NUNES, A B A, STUDART, T M C, SELVA, V S F e CABRAL, J J S P, PERSPECTIVAS DE REVITALIZAÇÃO DE RIACHOS URBANOS DEGRADADOS E A NECESSIDADE DA PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE: O CASO DO RIACHO PARNAMIRIM (RECIFE / PE), XI Encontro Nacional de Águas Urbanas, Belo Horizonte (2017)

ROCHA, Tadeu. **Roteiros do Recife (Olinda e Guararapes).** 3ª Edição. Gráfica Ipanema. Recife. 1967.

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento, Ministério das Cidades, consultado em janeiro de 2018.

Lei nº 9.433/97, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:
< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm >. Acesso em: Junho de 2017.

WALSH, C J; ROY, A H; FEMINELLA, J W; COTTINGHAM, P D; GROFFMAN, P M ; MORGAN II, R P; **The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure,** Journal North American Benthological Society, 2005, 24(3):706–723

Zahed Filho, K, Martins, J R S, Porto, M F A, Porto, R L L, Água em Ambientes Urbanos – Renaturalização de Rios em Ambientes Urbanos, PHD2537, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 34
DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS EM ÁREAS URBANAS: CONTRIBUIÇÕES DA GEOGRAFIA NA CRIAÇÃO DE UMA CULTURA DE PREVENÇÃO DE RISCO

LANDSCAPING IN URBAN AREAS: CONTRIBUTIONS OF GEOGRAPHY IN THE CREATION OF A RISK PREVENTION CULTURE

Jaelson de Melo Bezerra*, Tamires Gabryele de Lima Mendes, Priscila Thais Bezerra do Nascimento, Pedro Felipe Cavalcanti dos Santos**.

Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife-PE, Brasil. *Jaelson de Melo Bezerra
Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife-PE, Brasil ** Pedro Felipe Cavalcanti dos Santos

RESUMO
O aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco ambiental tem sido uma característica negativa do processo de urbanização brasileira, principalmente nas regiões metropolitanas. A ocupação e a organização no espaço Brasileiro aconteceram de forma desigual, a população mais pobre foi gradativamente excluída das áreas mais nobres das cidades, fixando-se em áreas desvalorizadas imobiliariamente, ocupando entre outros lugares, os morros ou encostas, cuja instabilidade geológica é caracterizada pelos deslizamentos de massa, gerando problemas de ordem ambiental, econômica e social. Deslizamentos são episódios de extrema importância, resultantes da atuação de processos geomorfológicos causadores de enormes prejuízos à sociedade. O objetivo deste artigo é trazer uma proposta metodológica, discutindo a introdução e organização parcial do chamado Plano de Prevenção Escolar, impulsionado pelo professor de geografia. Como forma de sistematização da discussão sobre risco ambiental, optou-se por trabalhar com os alunos através de aulas, pesquisas, oficinas para produção de material didático e exposição na escola. Não é possível eliminar os eventos naturais, mas com algumas medidas é possível diminuir os danos causados por eles. Para isso, sugere-se a existência de um sistema educativo eficaz que gere e difunda uma cultura de prevenção de risco de desastres causados por deslizamentos de Encosta.
Palavras-Chaves: Movimentos de massa, Desastres naturais, Prevenção de risco

ABSTRACT
The increase in the number of people living in areas of environmental risk has been a negative feature of the Brazilian urbanization process, especially in metropolitan areas. The occupation and organization in the Brazilian space occurred unequally, the poorest population was gradually excluded from the noblest areas of the cities, settling in immobile devalued areas, occupying among other places, hills or slopes, whose geological instability is characterized by mass landslides, generating environmental, economic and social problems. Slips are episodes of extreme importance, resulting from the performance of geomorphological processes that cause enormous damage to society. The objective of this article is to bring a methodological proposal, discussing the introduction and partial organization of the so-called School Prevention Plan, promoted by the geography teacher. As a way of systematizing the discussion about environmental risk, we chose to work with the students through classes, research, workshops for the production of didactic material and exposition in the school. It is not possible to eliminate natural events, but with some measures it is possible to reduce the damage caused by them. For this, it is suggested the existence of an effective educational system that generates and disseminates a culture of disaster risk prevention caused by landslides of Encosta.
Keywords: Mass movements, Natural disasters, Risk prevention.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A extrema vulnerabilidade das cidades brasileiras aos acidentes naturais esta associada a nossa incapacidade histórica de prover moradia adequada para as camadas populares e promover um ordenamento territorial que imponha o interesse social sobre o interesse privado dos proprietários de terras. Sem acesso a moradia e aos terrenos legalizados, as classes populares tiveram como principal alternativa habitacional a autoconstrução e a ocupação de terrenos públicos ou privados com menor valor de mercado em função das restrições a ocupação legal – terrenos em áreas de risco ou preservação ambiental–, ocupando áreas onde o mercado não tenha interesse ou possibilidade de atuação. Este processo histórico de ocupação marcou a formação do espaço nas cidades brasileiras e gerou impactos adversos, seja decorrente da ação da natureza sobre o espaço construído, seja do seu efeito inverso do espaço sobre a natureza, na forma de desastres naturais, poluição das fontes hídricas e carência de áreas verdes, que afetam o conjunto da população.

No Brasil, as características da ocupação nos assentamentos precários afetam de forma negativa e ampliam todos os cenários potenciais de risco ambiental. Conforme resume o Ministério das Cidades – MCidades (Brasil e IPT, 2007), o problema das áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações nas cidades brasileiras são decorrentes dos seguintes fatores: *i)* crise econômica e social, com solução apenas a longo prazo; *ii)* politica habitacional para baixa renda historicamente ineficiente; *iii)* ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação do solo; *iv)* inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis aos riscos; *v)* inexistência de apoio técnico para as populações; e *vi)* cultura popular de "morar no plano".

Segundo Arend & Weschenfelder (2011), em razão do rápido crescimento das cidades, a ocupação de locais impróprios para moradia corroborada pelo desprovimento dos serviços básicos de infraestrutura e equipamentos urbanos, como também, em alguns casos, pela ausência de condições dignas de moradia estão interligados com a vulnerabilidade populacional nas condições ambientais. Ainda de acordo com os autores, a falta de planejamento gera problemas na ordem ambiental, social e econômica a ponto de gerar consequências desastrosas e fatais por um longo período de tempo.

voltar ao
SUMÁRIO

A ciência geográfica é considerada uma das ciências mais interdisciplinares do mundo, trabalhando bem com as questões físicas, humanas, econômicas e sociais. Assim sendo, seguindo a Lei 12.608/12, que Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil que sugere atividades de educação para desastres para crianças e adolescentes, e o artigo 26 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação nacional de 20/12/1996, em seu parágrafo 7º que determina que "os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios".

O aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco ambiental no nosso país acompanha o crescimento desordenado de nossas cidades brasileiras. Pensando nisso, trabalhar as questões de riscos ambientais na escola facilita os diálogos e relações interdisciplinares nas aulas de geografia, biologia, história, e tantas outras disciplinas escolares. Essa relação com outras áreas da ciência além de aproximá-las dentro do cenário escolar, possibilita uma formação mais completa, desenvolvendo nos alunos princípios para leitura do espaço geográfico, especialmente na identificação e tomada de medidas de segurança/postura frente aos desastres naturais, de modo especial, aos deslizamentos de encosta em centro urbanos.

Desta forma, a escola tem papel fundamental na elaboração de trabalhos de educação e prevenção de desastres, pois as crianças e os jovens tem um papel importante na resolução desses problemas, uma vez que uma formação para o risco deixaria os alunos mais atentos aos sinais de perigo e essa preparação pode fazer com que elas sejam capazes de se proteger-se e alertar a família nessas situações, minimizando ou evitando maiores danos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O objetivo principal desta proposta metodológica é discutir a introdução e a organização parcial do chamado Plano de Prevenção Escolar, que segundo o CRID (1999) "é um conjunto de medidas antecipadas a uma emergência, elaborado graças a um trabalho coletivo e que permite a seus usuários reduzir as possibilidades de serem afetadas por um desastre".

voltar ao
SUMÁRIO

O ensino e a aprendizagem da Geografia no ensino fundamental representam um processo de continuidade. A partir do 6° ano do ensino fundamental, são trabalhados princípios de geomorfologia nas aulas de Geografia, bem como questões relativas à presença e ao papel da natureza e sua relação com a ação dos indivíduos, dos grupos sociais e, de forma geral, da sociedade na construção do espaço, pensando nisso, surge a oportunidade de trabalhar questões ligadas a desastres naturais e riscos. O tema desastres naturais possibilita uma vasta discussão nas aulas de geografia, podendo ser discutidas do ensino fundamental até o ensino médio.

Buscando introduzir nas escolas uma cultura de prevenção de risco de deslizamento de encostas, e sistematização da discussão sobre a temática risco ambiental através das aulas de Geografia, sugerimos trabalhar através de: Aulas participativas, oficinas de criação de cartazes informativos e discussões abertas para diferentes turmas distribuídas entre os 3º e 4º ciclos do ensino fundamental e Ensino Médio. A proposta é alertar os alunos sobre a importância de conhecer esses eventos naturais para que eles possam reagir de forma inteligente em situações de risco, evitando danos maiores ou até mesmo lesões físicas mais sérias. A proposta é formar as crianças e jovens nas escolas para que eles transmitam o que for aprendido na escola a seus familiares, e difundindo as informações de segurança.

Pensando em introduzir essas questões nas escolas, sugerimos trabalhar com os alunos do ensino fundamental e médio durante todo semestre letivo, dividindo as atividades em 4 fases: a primeira será discussões/formação nas aulas de geografia, a segunda fase será uma pesquisa e levantamento bibliográfico feito pelos alunos, a terceira fase é a elaboração de cartazes e material didático com os alunos, e a quarta e última fase é uma exposição pública na escola no final do semestre letivo.

2.1 Formação das Cidades Brasileiras

O modelo de desenvolvimento estabelecido a partir da Revolução Industrial (final do século XVIII) gerou um aumento qualitativo e quantitativo no processo de degradação da natureza. Esse processo, segundo Cerri & Amaral apud Rocha (2002), é geralmente denominado risco natural, fazendo parte da dinâmica da natureza, ou seja, sua ocorrência

independe da presença do homem. Porém, com a intensificação das atividades humanas, muitos processos naturais, passaram a ocorrer com mais frequência, dado que podem ser induzidos, acelerados e potencializados pelas alterações decorrentes do uso e ocupação do solo.

Atualmente, o aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco ambiental tem sido uma característica negativa do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras, verificadas principalmente nas regiões metropolitanas. “Fatores econômicos, políticos, sociais e culturais contribuem para o avanço e a perpetuação desse quadro indesejável”. (Curso de mapeamento, gerenciamento e mapeamento de risco, 2006). Segundo a BBC BRASIL (2003) o Brasil é o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas por eventos de ordem natural, social e/ou tecnológica. Ao analisar a Constituição Federal do Brasil de 1988, percebe-se que o assunto é tratado de forma bastante generalizada:

> “Art. 225: Todos têm direito ao meio ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Os movimentos de massa consistem em importante processo natural que atua na dinâmica das vertentes. Esses fenômenos ocorrem naturalmente na superfície da terra, como parte do processo de modelagem do relevo, resultantes da ação contínua do intemperismo e dos processos erosivos. Também podem ser verificados em locais onde ações humanas alteraram as características naturais do terreno, com isso gerando um desequilíbrio no local, modificando as formas das encostas com uma geometria menos estável do que nas condições originais (VEDOVELLO; MACEDO, 2007).

Os deslizamentos nas encostas trazem enormes prejuízos econômicos, bloqueiam vias expressas e, com frequência, levam à perda de muitas vidas. Nos grandes centros urbanos os deslizamentos assumem frequentemente proporções catastróficas, uma vez que os inúmeros cortes, aterros, depósitos de lixo, desmatamentos, modificações na drenagem, entre outras agressões, geram novas relações com os fatores condicionantes naturais associados à geomorfologia e à geologia (por ex., Brunsden e Prior, 1984; Sidle et al., 1985; Crozier, 1986; Anderson e Richards, 1987; Fernandes e Amaral, 1996; Augusto Filho e Virgili, 1998).

voltar ao
SUMÁRIO

Consequentemente, torna-se muito difícil a efetiva previsão destes fenômenos numa determinada paisagem.

2.2 Tipos de Deslizamentos

Para fins de entendimento geral e considerando-se os tipos de deslizamentos mais frequentes no Brasil, é possível agrupá-los, conforme proposição do pesquisador Augusto Filho (1992), em quatro tipos principais: rastejo, escorregamentos (stricto sensu), quedas e corridas.

Deslizamento, em síntese, pode ser definido como o fenômeno de movimentação de materiais sólidos de varias naturezas ao longo de terrenos inclinados. Dados os ambientes e condições mais propícios para a ocorrência de deslizamentos, tais como terrenos com relevos íngremes e/ou encostas modificadas pela ação humana, é simples verificar que existem áreas com maior possibilidade de serem afetadas pela ocorrência desses processos. Assim, as localidades situadas em regiões serranas, bem como as áreas de intensa urbanização, constituem os ambientes mais propícios para a ocorrência de deslizamentos. Além disso, áreas onde foram instaladas obras de engenharia de grande porte, tais como rodovias, ferrovias, linhas de transmissão e outros equipamentos de infraestrutura urbana, também constituem ambientes favoráveis à ocorrência desse tipo de fenômeno.

Os rastejos constituem movimentos lentos e graduais, atingindo predominantemente solo e horizontes de transição entre o solo e a rocha subjacente. Entretanto podem atingir também níveis de rochas alteradas e fraturadas e depósitos detriticos em regiões de talvegue e sopé das encostas. Os rastejos podem provocar danos a obras e estruturas humanas situadas nas encostas, inclusive tendendo a evoluir para escorregamentos. Indícios desse processo estão associados à ocorrência de muros e estruturas embarrigadas, trincas em paredes, árvores inclinadas, e degraus de abatimento formados nas encostas.

Os escorregamentos (*stricto sensu*) são movimentos com velocidade de média a rápida atingindo solos e/ou rochas, em volumes bem definidos e com deslocamento através de planos ou superfícies bem definidas. Tais planos e superfícies são condicionadas por estruturas dos solos (contatos entre horizontes e diferentes níveis de alteração) e das rochas (foliação,

voltar ao
SUMÁRIO

xistosidade, juntas, fraturas, etc). Dependendo da geometria e da dinâmica de movimentação, os escorregamentos podem ser diferenciados em: planares; circulares; ou em cunha.

As quedas incluem movimentos associados a materiais rochosos, que se desenvolvem com geometria variável e em velocidades normalmente altas. Os principais tipos de movimentação agrupados nesta categoria são: quedas de blocos, tombamentos de blocos, rolamento de blocos (matacões) e desplacamentos de lascas e blocos de rochas.

Já as corridas, constituem-se em movimentos de massas de solos e rochas em grandes volumes e de grandes proporções, com amplo raio de alcance e elevado poder de destruição. Desenvolvem-se normalmente associadas a drenagens, com velocidades de medias a altas, e comportando-se como o fluxo de um liquida viscoso. Durante seu deslocamento podem atingir moradias e estruturas de engenharia, destruindo-as e/ou incorporando-as a sua massa em movimentação.

De acordo com Barbosa (2013), a Organização das Nações Unidas (ONU) através da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD), lançou em janeiro de 2005 uma campanha em nível internacional com o propósito de difundir nas escolas a conscientização sobre a redução de riscos de desastres e meios de promover o aumento da resiliência das nações e comunidades, sob o tema "A redução de desastres começa na escola", para o biênio 2006-2007. O lançamento dessa campanha se deu durante a Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, em Hyogo, no Japão. Na ocasião, o Brasil e outros 167 países assinaram o compromisso de promover ações que aumentassem a resiliência das nações frente aos desastres. A campanha defendeu a integração da educação sobre riscos de desastres no currículo escolar para que os jovens, com grau de conscientização difundido por seus professores, através da escola, desempenhem papel importante no salvamento de vidas e proteção contra desastres.

Para alcançar os objetivos da campanha, em 2012, foi sancionada a Lei nº 12.608 que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) com os objetivos de "*desenvolver a consciência nacional acerca dos riscos de desastre*", bem como "*orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a autoproteção*". Além disso, na Lei nº 9394, intitulada Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), houve a alteração do artigo 26 com a

inclusão do § 7º: "*os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios*".

Conforme Marcelino (2008), os desastres naturais podem ocorrer em qualquer parte do mundo, pois os eventos extremos que são responsáveis por desencadear esses desastres ocorrem em diversas regiões do globo terrestre. Porém, alguns locais são mais afetados devido à magnitude e frequência desses eventos, e também pela vulnerabilidade do ambiente atingido. Dessa forma, as medidas preventivas em áreas suscetíveis a inundações ou movimentos de massa são classificadas como estruturais e não estruturais. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia que normalmente são de elevado custo financeiro, como construção de taludes, implantação de sistemas de drenagem e reurbanização de áreas. Já as medidas não estruturais, referem-se a ações políticas públicas voltadas ao planejamento do uso do solo e ao gerenciamento, como o zoneamento ambiental, planos preventivos de defesa civil e educação ambiental.

A melhor forma de evitar a ocorrência de desastres naturais é impedir que áreas consideradas suscetíveis a eventos, tais como enxurradas, inundações e deslizamentos, continuem sendo habitadas sem nenhum planejamento (SANTOS, 2007).

Para ter essa consciência ambientalmente correta, é fundamental a participação das escolas neste processo, pois esta pode influenciar os jovens a pensarem em uma educação pautada nos riscos que podem advir do meio ambiente, e assim mitigar, através de uma cultura de segurança, a degradação ambiental, que aumenta significativamente na maior parte no mundo, atualmente. É preciso educar e conscientizar, desde a educação infantil, nossos alunos que o desenvolvimento econômico não pressupõe a degradação e destruição do ambiente no seu entorno, visto que essas ações podem trazer consequências indesejáveis para a própria sociedade. Os deslizamentos de encostas são eventos rápidos e na maioria dos casos, dá as suas vítimas um tempo de reação muito curto, desta forma, agir de forma inteligente nesses casos aumenta significamente as chances reduzir as perdas materiais, e garantir a integridade física da família. Esta prática pode ser aplicada de maneira interdisciplinar e de forma agradável através de uma educação sobre os riscos ambientais.

voltar ao
SUMÁRIO

2.3 Riscos Ambientais

Torna-se fundamental neste momento uma breve, porém substancial abordagem conceitual acerca dos riscos ambientais, visto que estes não são tratados com a devida importância por parte da sociedade. Termos como evento, acidente, desastre, perigo (hazard), ameaça, suscetibilidade, vulnerabilidade e o próprio risco, ainda não encontraram definições unânimes entre os seus usuários. E para o presente trabalho será de suma importância homogeneizar alguns desses conceitos e discuti-los.

Segundo Cerri & Amaral apud Rocha (2002), risco é "a possibilidade de ocorrência de um acidente".

Outras definições vêm sendo usadas, sempre na tentativa de homogeneizar a terminologia, como:

> "Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos e consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco". (Curso de capacitação, gerenciamento e mapeamento de riscos; p. 27; 2006).

Além do termo risco, outros merecem uma atenção especial no que tange a sua conceituação, visto a importância dos mesmos na compreensão de discussões posteriores e entendimento por parte dos professores e alunos das escolas públicas Brasileiras, sempre tendo em mente uma homogeneização dessas definições (Tabela 1).

Tabela 1 – Conceitos de alguns termos

TERMO	**CONCEITO**
ACIDENTE	Ao contrário do conceito de risco, acidente é um fato já ocorrido, evento não intencional que pode causar ferimentos, pequenas perdas e danos materiais e/ou ambientais, mas é prontamente controlado pelo sistema de gestão (exemplo: incêndio em uma indústria, controlado pelos bombeiros).
EVENTO	Assim como o acidente, evento é um fato já ocorrido, fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, onde não foram registradas consequências sociais e/ou econômicas (perdas e danos).
FREQUÊNCIA	Número de ocorrências por unidade de tempo.
DESASTRE	Evento não intencional que pode causar ferimentos médios e graves, danos materiais/ambientais razoáveis, e é parcialmente controlado pelo sistema de gestão (exemplo: vazamento e explosão de material

voltar ao
SUMÁRIO

	inflamável, com contaminação de curso d' água e solo).
PERIGO (HAZARD)	Condição ou fenômeno com potencial de ameaçar a vida humana, a saúde, propriedade ou ambiente, trazendo consequências desagradáveis.
VULNERABILIDADE	Grau de fragilidade de um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
ÁREA DE RISCO	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeitos adversos. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos integridade físicas, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Fonte: Adaptado de ROCHA (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi dito anteriormente, a proposta de inserção dos princípios de defesa civil e percepção de risco na escola foi dividida em 4 etapas. Na primeira fase ocorrem as aulas e discussões sobre a temática em sala. Esse será basicamente o primeiro contato dos alunos com esse assunto. Para isso, o professor de geografia deve abusar de recursos visuais para representar estes fenômenos, em livros, revistas, matérias de jornais e/ou vídeos.

Na segunda fase deve ser feitas pesquisas pelos alunos sobre risco ambiental, deslizamentos de encosta e percepção de risco em livros, matérias de jornais impressos e conteúdos na internet que serão discutidos em sala posteriormente nas aulas de geografia. A pesquisa tem como objetivo construir um embasamento teórico que venha contribuindo para a problematização e interpretação do objeto de estudo. E a busca por matérias de jornais e sites de notícia local desperta mais interesse pela pesquisa, levando em conta que os alunos estarão estudando, se informando e analisando a realidade local, onde está inserida a escola na maioria dos casos suas casas. Quando os alunos voltarem com suas pesquisas, ocorrerá uma discursão em sala, o "feedback" do professor é basicamente instantâneo, especialmente se a escola estiver localizada em área de risco de deslizamento de encostas, os alunos tendem a participar mais.

voltar ao
SUMÁRIO

A terceira fase compreende a elaboração de cartazes e/o cartilha informativa, pensados para serem trabalhados nas próprias escolas. O professor precisa mediar essa produção constantemente, especialmente sanando dúvidas e ajudando os alunos a colocar as informações de forma sucinta e linguagem acessível para diferentes públicos. Nesse material feito pelos alunos deve conter informações básicas do tipo: Sinais mais comuns que indicam algum perigo como rachaduras e trincas nas paredes, ou muros e árvores inclinadas; Medidas para evitar um deslizamento, como: evitar retirar a vegetação nas encostas; não jogar lixo nas encostas, canais e rios, ou não dificultar o caminho das águas de chuva com lixo por exemplo; Ações seguras a ser tomadas em situações de risco; Como entrar em contato com a Defesa Civil, Bombeiros; dentre outras informações pertinentes.

Por fim, na quarta fase ocorrerá uma exposição dos cartazes feitos pelos alunos nas aulas e oficinas nos corredores da escola, como forma de levar para fora da sala os conhecimentos apreendidos por eles, e exercitar a discursão de medidas preventivas para o risco.

A gestão de áreas de encostas e dos riscos associados aos deslizamentos não deve ser encarada apenas como uma responsabilidade da esfera publica, mas deve incorporar, também, a participação da comunidade e dos indivíduos. Como agente diretamente envolvido tanto na potencialização de riscos, como se constituindo no principal alvo dos acidentes, prejuízos ou desastres resultantes da ocorrência dos deslizamentos, a população constitui um ator fundamental para a eficiência, eficácia e o sucesso das medidas preventivas e mitigadoras de acidentes.

4. CONSIDERAÇOES FINAIS

Não é possível eliminar os eventos naturais, mas com algumas medidas é possível diminuir os danos causados por eles. A participação da comunidade deve se dar tanto no sentido de compreender globalmente a relação entre deslizamentos – interferência antrópica – perigos – riscos (para colaborar com a prevenção), como no sentido de participar da definição e operacionalização dos mecanismos de gerenciamento e mitigação, para envolver-se na minimização de desastres. Assim, ações de caráter educativo e de capacitação técnica são fundamentais para que a compreensão, a cooperação e o consenso sejam obtidos.

voltar ao
SUMÁRIO

A existência de um sistema educativo eficaz que gere e difunda uma cultura de prevenção de desastres é de fundamental importância. Essa educação deve abranger todos os níveis de ensino, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais, com soluções que possam ser colocadas em pratica pela própria população. Devem ser organizados cursos, oficinas, palestras, cartilhas informativas e outros materiais didáticos que possibilite a discussão desta temática dentro das escolas, com diferentes linguagens respeitando os níveis dos alunos. O conteúdo desses instrumentos deve, pelo menos, abranger a identificação dos perigos, das vulnerabilidades, das medidas de prevenção e mitigação, da legislação e dos sistemas de alerta.

Através desta proposta, posta em prática na educação básica, os educadores têm a oportunidade de contribuir na formação de cidadãos mais qualificados, conscientes da realidade do seu entorno e com uma cultura de segurança fortalecida.

5. REFERÊNCIAS

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental.Parâmetros curriculares nacionais : geografia / Secretaria de Educação Fundamental. . Brasília : MEC/ SEF, 1998.156 p.

CRID (Centro Regional de Informações Sobre Desastres). Vocabulário Controlado Sobre Desastres. San José, Costa Rica. 1999.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, Vol. 28, no. 2, p. 11-30, 2005. Disponível em: . Acesso em 21 de agosto de 2010.

Catanho, Pedro Ananias Gomes. A gestão do risco de desastres começa na escola: desenvolvendo a percepção de risco através da educação. / Pedro Ananias Gomes Catanho. – Fortaleza, 2012. 187 f. **Monografia** (Especialização) – Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza, Curso de Especialização em Segurança Pública e Defesa Civil, 2012.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.
MARCELINO, Emerson Vieira. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos.** Santa Maria, RS, Brasil. Janeiro de 2008.

Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios/ Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Curso de capacitação, mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília – DF: 2006.

voltar ao
SUMÁRIO

NOGUEIRA, F. R. Gestão dos Riscos nos Municípios. No: BRASIL. CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, p. 26-45.

Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para elaboração de politicas municipais/ Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Alliance, 2006.

ROCHA, G. C. (ORG.). Gestão ambiental em municípios: riscos e impactos ambientais. Curso de especialização em Gestão Ambiental em Municípios. Apostila. UFJF. 2002.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1 ed. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 35
EROSÃO COSTEIRA NA ILHA DE ITAMARACÁ E NA PRAIA DE SUAPE-PE

COASTAL EROSION IN THE ISLAND OF ITAMARACÁ AND SUAPE-PE BEACH

Tiago Fernando de Holanda*, Fernando da Silva Alexandre, Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita, Tanelly Neriah Santos, Thomás Henrique de Holanda

Mestrando em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Departamento de Engenharia Cartográfica e Agrimensura, da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco, Campus Garanhuns, Brasil.
Mestrando do PRODEMA, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Mestranda do PPGEO do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
Departamento de Ciências Geográficas, Bacharel em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

RESUMO
O presente trabalho tem como objetivo, analisar o estado atual da parte norte da Ilha de Itamaracá e também a praia de Suape locada no município do Cabo de Santo Agostinho-PE, no decorrer do trabalho abordará o método utilizado para chegar-se ao objetivo, sendo uma análise de costa pelo programa Google Earth Pro. Foram colocados pontos através das ferramentas do programa assim como, uma delimitação da linha da praia e posterior utilizando a ferramenta régua foram delimitadas distâncias entre os pontos e as linhas feitas, e foram comparadas as imagens que o programa disponibiliza para uma comparação da dinâmica da costa, a distância entre as linhas admitiu-se que se negative (erosão) e positivo (acreção), os resultados obtidos com as taxas de valores negativos sofrem com o déficit de sedimentos no caso, a praia de suape em sua porção ao sul encontra-se em erosão pontos 3 até o ponto 9, já para a parte norte de Itamaracá os pontos 4 até 6 apresentam um déficit de sedimentos caracterizando um ambiente de erosão.
Palavras-Chaves: Déficit sedimentar, ambiente praial, linha de costa.

ABSTRACT
The objective of this work is to analyze the current state of Itamaracá and also Suape beach in the municipality of Cabo de Santo Agostinho-PE, in the course of the work, to approach the method used to reach it, being a coast analysis by the program Google Earth Pro. The tools of the program were used as delimiters of the beach line and later using a reference tool as points and as lines made, and were compared the images that the program made available for a comparison of the coast dynamics. , the distance between the lines was admitted that negative negative (erosion) and positive (accretion), the results were compared with the values of values and the sediment deficit in the case, the beach of suape in its portion to the south lies in erosion points 3 to point 9, already for a northern part of Itamaracá points 4 to 6 present a sediment deficit characterizing an erosion environment.
Keywords: Sedimentary deficit, beach environment, coast line.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A área que vai ser analisada é a parte norte da Ilha de Itamaracá, está situada na zona norte da Região Metropolitana do Recife (RMR), de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possuía uma população de 21.884 habitantes em 2010, estima-se em 2016 aproximadamente 25.346 habitantes, seu território municipal tem uma área de 66,684 km² com uma densidade demográfica em 2010 de 328,17 hab./km². A Ilha de Itamaracá possui aproximadamente 15 km de linha de costa, o local a ser estudado possui cerca de 5 km, contendo a Praia do Sossego, Praia da Enseada dos Golfinhos e Praia do Fortim, onde a Praia do Sossego apresenta aproximadamente 1 km de extensão, já a Praia da Enseada dos Golfinhos possui cerca de 2 km e a Praia do Fortim 2 km, num total de aproximadamente 5 km.

O município do Cabo de Santo Agostinho possui uma faixa litorânea com aproximadamente 25 km de faixa costeira e com 9 praias, dentre elas encontra se mais ao Sul a praia de Suape, protegida do ataque direto das ondas por um *beachrock* que fica em uma distância aproximada de 1,5 km da faixa de praia, a faixa de praia está entre 2 km e com uma população estimada para 2016 de 202.636 de habitantes de acordo com o IBGE, que possuía em 2010 cerca de 185.025 de habitantes, tendo uma área territorial de 448,735 km² e com uma densidade demográfica de 412,33 (hab/km²).

A palavra erosão (gliptogêneses) vem dos termos gregos glypós = gravado e gênesis = geração, onde a superfície da terra é desgastada por processos, químicos, físicos ou biológicos, (SUGUIO, 2003). Segundo Suguio (1998), é o processo de erosão em geral possui sua gênese natural, que pode atuar tanto em costa rasa com praias quanto em escarpas ou falésias, beach erosion pode ser ocasionado ou agravada pela ação antrópica. Para Bird (2007) erosão costeira e praia constitui-se em uma ação das ondas de forma destrutivas, onde em períodos de maior energia que levam ao esgotamento (déficit sedimentar) dos sedimentos na praia, podendo ser causado também por uma redução de aporte sedimentar dos rios, o perfil apresentado em um ambiente de progradação (acreção) tem sua forma convexo, já em perfil de erosão apresenta-se côncavo (MANGOR et al, 2017).

2. MATERIAL E MÉTODOS

voltar ao
SUMÁRIO

Foi feita uma pesquisa bibliográfica com relação ao tema abordado em periódicos, livros e foi aplicado uma metodologia que tem como proposta fazer uma análise da faixa da linha de costa na série histórica de 2007, 2010, 2014 e 2016 das Praia da Ilha de Itamaracá e da praia de Suape 2005, 2007, 2010, 2015 e 2016, que através da fotointerpretação de imagens de satélite. Para mensuração da atuação dos processos erosivos na modelagem da linha de costa, optou-se pela delimitação de pontos fixos de controle visando obter os valores de variação da linha de costa durante estes períodos.

Foi utilizado o Software Google Earth Pro que, em sua interface fornece não só as imagens de satélite em uma série histórica para a avaliação do impacto dos processos ao longo do tempo, como também ferramentas de medição e de vetorização. Para a medição das distâncias foram delimitados apenas 9 pontos fixos para não haver muita variação, levando em consideração o erro potencial de medições por imagem de satélite. Para chegar nos valores da variação por ano e variação dos pontos finais, foi utilizado respectivamente essas equações:

$$Y = \frac{\Sigma anos^{a}\, \Sigma anos^{a}}{N^{anos}\, N^{anos}} \qquad (1)$$

Onde: Y = é a variação por ano;

$\Sigma anos^{a}\Sigma anos^{a}$= Soma da variação dos anos estudados (Praias de Itamaracá = 2007, 2010, 2014 e 2016; Praia de Suape =2005, 2007, 2010, 2015 e 2016);

$N^{anos}N^{anos}$ = Total de anos na série histórica (9 anos para as Praias de Itamaracá e Praia de Suape 11 anos).

$$X = F - A \qquad (2)$$

Onde:

X = é a variação dos pontos delimitados

F = Variação do ponto final (último ano)

A = Variação do ponto inicial (primeiro ano)

Foi utilizado o pacote do Office com a planilha eletrônica (Excel 2016),

voltar ao
SUMÁRIO

ocorreu o processamento dos dados e os cálculos das distâncias obtidas por imagens de satélites.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da linha da costa verificada por Albuquerque (2009) e Martins (2015) ambas dissertações do Departamento de Geociência da UFPE apontam uma erosão na Praia das Enseadas dos Golfinhos é também no ponto P5 (figura 1), que no ponto ponte 5 (tabela 1), mostra o maior recuo da linha de costa das três praias analisadas, comprovando a veracidade do problema no local, os três métodos que foram colocados neste trabalho, apresentam esta área com sendo um ponto mais crítico das três praias da Ilha de Itamaracá parte norte. A (tabela 1), mostram os valores obtidos nos cálculos no programa, que compõe a variação por ano, os valores em metros dessa variação da linha de costa anual e o primeiro ponto de ambas as variáveis foram descartados por conta das imagens não possibilitarem a medição e a não observação visual da variação de linha de costa.

Tabela 1. Variação ao longo dos 9 anos abordados de cada ponto, e variação dos pontos finais (erosão se negativo e positivo acreção). Já a Praia de Suape a variação em metros aproximada ao longo dos 11 anos abordados de cada ponto, e variação dos pontos finais (erosão são os valores negativo e acreção os valores positivos).

Praias de Itamaracá	**Variação por anos (equação 1)**	**Variação (pontos finais) (equação 2)**
Ponto 1	Descartado	Descartado
Ponto 2	71,83	30,83
Ponto 3	71,57	-7,12
Ponto 4	116,89	-65,38
Ponto 5	143,73	-174,97
Ponto 6	120,74	12,56
Ponto 7	66,75	20,06
Ponto 8	87,93	65,63
Ponto 9	94,64	23,57
Praia de Suape	**Variação por anos (equação 1)**	**Variação (pontos finais) (equação 2)**
Ponto 1	1,90	21
Ponto 2	1,49	16,4

voltar ao
SUMÁRIO

Ponto 3	-4,90	-54
Ponto 4	-11,41	-125,6
Ponto 5	-11,24	-123,7
Ponto 6	-2,24	-24,7
Ponto 7	-2,64	-29,1
Ponto 8	-2,16	-23,8
Ponto 9	-2,27	-25

Fonte: Holanda (2017).

A figura 1 mostram as linhas de costas referente aos aproximados 15 km de linha de toda a costa das praias do Sossego, Enseada dos Golfinhos e Fortim, os pontos de medição da linha de costa foram tomados como referência uma linha branca como mostra a imagem e os pontos de medição sendo 9 pontos, que o primeiro ponto não foi catalogado os dados devido as imagens não proporcionarem as medições, cada linha representada como um ano de delimitação.

Figura 1. Linhas referentes aos anos de 2007, 2010, 2014 e 2016. **Fonte**: Google Earth Pro, adaptado por Tiago Holanda (2017).

Já a praia de Suape o tipo de erosão encontrada na área é do tipo crônica (*chronic*), porém acontece a erosão agudo (*acute erosion*) nos períodos de inverno, que ocorre uma maior remoção dos sedimentos nas praias, devido a fenômenos climáticos.

Os resultados da delimitação da linha de costa nos anos estudados (figura 2) mostram que houve um significativo recuo da linha de costa nos pontos 3, 4 e 5, a (tabela 1), observa-se que só nos pontos 1 e 2 houve acreção e em todo resto houve o déficit sedimentar. Com a

voltar ao
SUMÁRIO

aplicação das equações 1 e 2, obteve-se um resultado negativos e positivos, o processo dominante foi o déficit de sedimento, caracterizando que ocorreu uma perda da praia de Suape, ou seja, encontrou valores negativos como mostra (tabela 1). Todos os valores negativos representam déficit de sedimentos nos pontos medidos da praia.

Foi elaborado 3 gráficos de dispersão, tempo x distância, que um gráfico foi referente à variação da linha de praia dos 3 pontos, os gráficos apresentam também uma linha de tendência e uma equação da reta, os valores positivos caracterizam acreção e negativo erosão.

Figura 2. Imagem de localização da praia de Suape, litoral Sul de Pernambuco. **Fonte:** Google Earth Pro.

voltar ao
SUMÁRIO

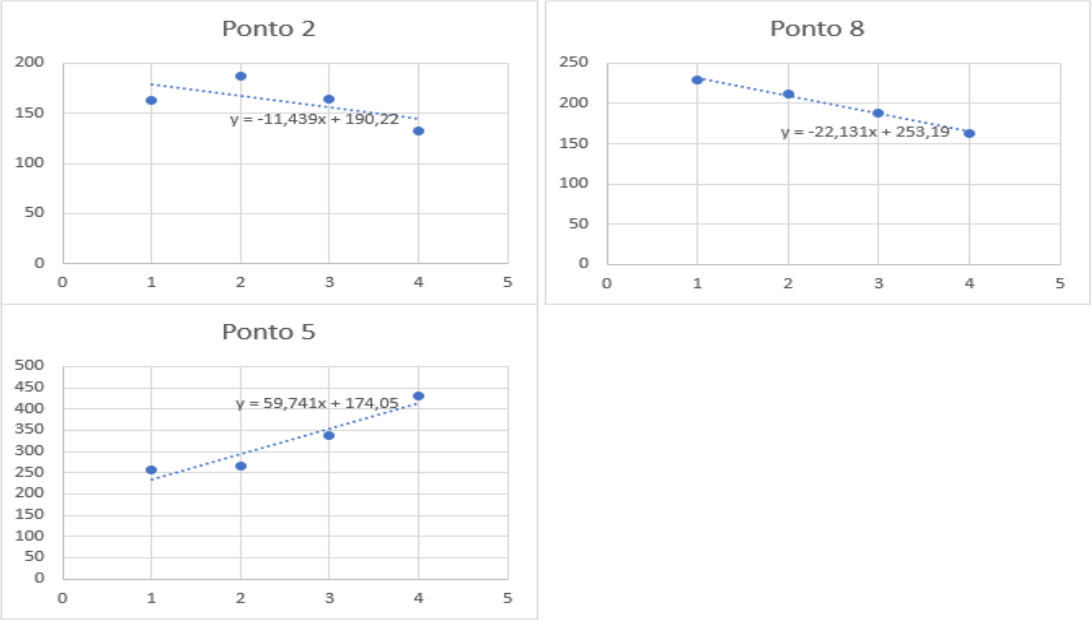


Figura 03. Gráficos das dispersões do tempo x distância dos pontos 1, 4 e 8. **Fonte:** Holanda (2018).

4. CONCLUSÃO

A erosão costeira é ocasionada em parte pela ação antrópica e outra, pela ação natural, contudo, existem casos também que podem ser os dois em conjunto ou até mesmo um agravando o outro. Na Praia de Enseadas dos Golfinhos é a única praia das três praias que apresenta uma concavidade em seu perfil, como aponta Albuquerque (2009) erosão, são as ondas mobilizando os sedimentos na praia, que não está ocorrendo uma manutenção dos sedimentos para que se possa minimizar esta ação. Não está chegando sedimento na célula para que haja uma reconstrução desse ambiente, pode ser devido ao próprio Canal de Santa Cruz levando boa parte dos sedimentos no local, fazendo com que os sedimentos sejam perdidos para plataforma com ajuda da sua desembocadura, ou pode ser também a uma deficiência dos agentes que fazem a manutenção dos sedimentos no local. A erosão na Praia da Enseada dos Golfinhos é chamada de erosão crônica onde todos os dias ela atua no local já a erosão aguda no local é devido aos sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste fazendo com que ocorra o que se chama de erosão.

Constatou-se que na Praia de Suape apresenta uma grande variação da linha de costa, nos pontos 4 e 5, devido essa área ser a parte do pontal, que as variações são bem constantes,

voltar ao
SUMÁRIO

nos pontos 3 até o 9 podemos caracterizar como uma praia de erosão crônica; a (figura 2), mostra que existe um estrangulamento da linha de costa, visto que as benfeitorias estão localizadas na zona hidrodinâmica da praia.

Diante deste caso, pode-se sugerir na praia de Suape para conter a erosão, seria a colocação de um espigões e uma engorda, um método de engenharia pesada e outro leve respectivamente, os espigões teria a finalidade de reter o sedimento que está sendo perdido e com a engorda seria um aporte de sedimentos no sistema que levaria anos para o rio carrear esse grande volume, então se faz necessário uma engorda, para essa colocação, é de suma importância que, ocorra um estudo mais detalhado da morfodinâmica da praia e dos processos que estão causando esse déficit sedimentar, alguns *softwares* seriam de grande ajuda, como por exemplo o SMC-Brasil sendo ele um programa gratuito que é oferecido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), outro programa seria o da Deltares o *Delft3d,* todos estes programas são de modelagem costeira.

5. REFERÊNCIAS

BIRD, E. C. F.; **Coastal Geomorphology: an introduction.** England. Second edition. 436 p. Disponívelem:<http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8204/1/ulfc102858_tm_vera_goncalves.pdf> acesso em 08/07/2017.

GONÇALVES, V. L. M.; **A aplicação Google Earth no estudo da dinâmica costeira em sistemas litorais arenosos na costa portuguesa. 2013. 73p.** Dissertação Mestrado em Ecologia Marinha - Universidade de Lisboa Faculdade de Ciências Departamento de Biologia Animal.

HOLANDA, T. F. **ANÁLISE SOBRE DÉFICIT SEDIMENTAR NA ILHA DE ITAMARACÁ-PE** In: Reflexões sobre o semiárido: obra do encontro do pensamento geográfico. 01 ed. Recife: ITACAIÚNAS COMÉRCIO E SERVIÇOS, 2017, v.01, p. 110-116.

HOLANDA, T. F.; XAVIER, J. P. S.; SANTOS, T. N.; FARIAS, P. L. C. **AVALIAÇÃO DE EROSÃO DA PRAIA DE SUAPE: APLICAÇÃO DO GOOGLE EARTH** PRO In: Reflexões sobre o semiárido: obra do encontro do pensamento geográfico. 01 ed. Recife: ITACAIÚNAS COMÉRCIO E SERVIÇOS, 2017, v.01, p. 149-154.

LUCENA DE ALBUQUERQUE, Juvenita. **Caracterização morfodinâmica e vulnerabilidade à erosão do Litoral Leste da Ilha de Itamaracá-PE**. 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

MANGOR Karsten; DRØNEN, Nils K.; KJÆRGAARD, Kasper H.; KRISTENSEN, Sten E.; **Shoreline Management Guidelines**. Published as e-book by DHI, 4ª edição - fevereiro 2017. 462 p.

SUGUIO, K.; **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins.** Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1222 p.

SUGUIO, K.; **Geologia Sedimentar.** Edgard Blücher, 2003. 400 p.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 36
FLUTUAÇÕES DA TEMPERATURA MÁXIMA DO PERÍODO 2008-201 E SEU COMPARATIVO COM A MEDIA HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE CARUARU – PE, BRASIL

FLOATS OF THE MAXIMUM TEMPERATURE OF THE 2008-201 PERIOD AND ITS COMPARISON WITH THE HISTORICAL MEDIA IN THE CARUARU - PE MUNICIPALITY, BRAZIL

Aline Pereira de Oliveira Lima Silva*, Romildo Morant de Holanda, Vicente de Paulo Silva, Cristiano José da Silva, Raimundo Mainar de Medeiros**

*Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil **
Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil **

RESUMO
A temperatura do ar tem um efeito claro no desenvolvimento dos seres vivos, animais e vegetais. As alterações climáticas e suas consequências para a humanidade tem sido uma das maiores preocupações dos pesquisadores. A temperatura é uma das variáveis climáticas mais importantes, tendo influência do desenvolvimento e crescimento das espécies vegetais, como: transpiração, respiração, germinação, crescimento, floração e frutificação; na execução de atividades humanas e na proliferação de doenças como: a malária, a febre amarela e outras doenças causadas por insetos que não resistem ao clima frio. Objetivou-se analisar as flutuações das temperaturas médias máximas entre os anos de 2008 a 2017 e o seu comparativos com a média do referido período para a área em estudo. Os dados de temperatura máxima foram adquiridos da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 2008-2017 e utilizou-se do cálculo da estatística básica para calcular a referida média do período e seus comparativos em relação ao anos estudados. Aplicou-se ainda o cálculo da média nos dados horários transformando em mensais, ressalta-se que os referidos dados estão em UTM. Observou-se que as temperaturas mais elevadas ocorreram entre os meses de dezembro a março, e que as menores temperaturas foram registradas de maio a setembro. Observou-se também a influência dos efeitos locais e regionais e dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*. Conclui-se que a extensão das condições climáticas no favorecimento e/ou no prejuízo em diversas áreas: na disposição do espaço e lazer, na saúde, na economia, no dia-a-dia da população, na qualidade de vida e do ambiente. Infelizmente, devido ao despreparo e a falta de planejamento por parte da sociedade para o enfrentamento dos eventos adversos, os prejuízos é que acabam por se salientar. As flutuabilidades de redução e aumento na temperatura estão interligadas aos efeitos de meso e larga escala, a altitude local e os sistemas regionais e locais.

Palavras-Chaves: Temperatura máxima, Eventos climáticos extremos, Variabilidade climática.

ABSTRACT
The air temperature has a clear effect on the development of living beings, animals and plants. Climate change and its consequences for humanity has been a major concern of researchers. Temperature is one of the most important climatic variables, influencing the development and growth of plant species, such as perspiration, respiration, germination, growth, flowering and fruiting; in the execution of human activities and in the proliferation of diseases such as: malaria, yellow fever and other diseases caused by insects that do not resist the cold climate. The objective was to analyze the fluctuations of the average maximum temperatures between the years 2008 to 2017 and its comparative with the average of the mentioned period for the study area. The maximum temperature data were acquired from the automatic meteorological station belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) for the period 2008-2017 and the calculation of the basic statistics was used to calculate the aforementioned period average and its comparatives in relation to the years studied. It was also applied the calculation of the average in the hourly data transforming in monthly, it is emphasized that the mentioned data are in UTM. It was observed that the highest temperatures occurred between the months of December to March, and that the lowest temperatures were recorded from May to September. The influence of local and regional effects and *El Niño* and *La Niña* phenomena was also observed. It is concluded that the extension of climatic conditions in the favor and / or damage in several areas: the provision of space and leisure, health, economy, day-to-day population, quality of life and the environment. Unfortunately, due to the unpreparedness and the lack of planning by the society to confront adverse events, the damage is

voltar ao
SUMÁRIO

that they end up being emphasized. The fluctuations of reduction and increase in temperature are interlinked to the effects of meso and large scale, local altitude and regional and local systems.

Keywords: Maximum temperature, Extreme climatic events, Climatic variability.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os seres vivos que povoam o planeta vivem adaptados à energia do ambiente. Além da variação diária, a temperatura varia também ao longo do ano, conforme a disposição da terra e da radiação solar. Assim, verifica-se que a temperatura do ar tem um efeito claro no desenvolvimento dos seres vivos, animal e vegetal, sendo necessária a utilização de métodos de estimativas de temperatura confiáveis e seguros para que se possa trabalhar com informações precisas.

Nas últimas décadas, as alterações climáticas e suas consequências para a humanidade, tem sido uma das maiores preocupações dos cientistas de todo o mundo. Principalmente no tocante aos fatores responsáveis pela variabilidade climática, que vêm se acentuando desde meados do século XX. As atividades humanas são, na visão de alguns pesquisadores, as responsáveis por parte destas mudanças.

A temperatura do ar expressa de maneira simples a energia contida no meio. No decorrer de um dia a energia à disposição no ambiente oscila entre dois valores extremos, ou seja, entre a temperatura mínima e a máxima. Como essa energia vai de um extremo ao outro, ela atua no continuo estímulo aos processos fisiológicos vitais nos seres vivos, a exemplo do desenvolvimento e crescimento das espécies vegetais, como: transpiração, respiração, germinação, crescimento, floração e frutificação. Em cada estágio de desenvolvimento da planta existem faixas adequadas de temperaturas para seu perfeito desenvolvimento conforme Costa et. al. (2011). Medeiros et al. (2016) afirmam que a temperatura ideal para realização de trabalhos internos ou externos é de 18 °C, permitindo assim a execução do trabalho com menor fadiga. Além disso, algumas doenças são diretamente limitadas pela temperatura, como: a malária, a febre amarela e outras doenças causadas por insetos que não resistem ao clima frio.

Melo et al. (2015) mostraram que a temperatura é um dos mais importantes elementos meteorológicos e em grande parte do território nacional a escassez de dados meteorológicos é um limitante para a realização de estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos. Medeiros et al. (2016) ressaltam que dentre as variáveis atmosféricas, a temperatura tem grande destaque no desenvolvimento de estudos de impactos ambientais com mudanças nos processos meteorológicos e hidrológicos.

voltar ao
SUMÁRIO

SOUZA et al. (2007) afirmam que o estudo climático urbano é essencial para um planejamento eficiente dos municípios, visto que diversos estudos vêm comprovando a existência de ilhas de calor em cidades de diferentes densidades e portes.

De maneira geral, a temperatura afeta a maioria dos processos fisiológicos das plantas e, em contrapartida a produtividade também é afetada, visto que existem limites ótimos para o crescimento e desenvolvimento adequados de cada espécie. Alterações nos padrões de temperatura e precipitação acarretam, necessariamente, em mudanças de composição e localização de biomas, além de mudanças nas práticas agrícolas (MEDEIROS et al. 2016).

A importância da análise de eventos climáticos extremos sobre as atividades humanas e o seu bem-estar ainda são pouco estudados. Objetivou-se analisar as flutuações das temperaturas médias máximas entre os anos de 2008 a 2017 e o seus comparativos com a média do referido período para a área em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquaritinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caitano. A sede do município localiza-se nas coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35°58'W de longitude, com uma altitude media de 554 metros (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005).

O clima de Caruaru de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928) é do tipo semiárido, possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos, estando de acordo com alvares et al. (2014). A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que antecedem a quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os seus meses seco ocorrem entre outubro, novembro e dezembro.

Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS),

voltar ao
SUMÁRIO

contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e forma nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações das linhas de instabilidades, orografia e suas contribuições locais e regional formando nuvens e provocando chuvas de moderada a forte, segundo Medeiros (2016).

Os dados de temperaturas máximas foram adquiridos da estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 2008-2017 e utilizou-se do cálculo da estatística básica para calcular a referida média do período e seus comparativos em relação aos anos estudados. Aplicou-se ainda o cálculo da média nos dados horários transformando em mensais, ressalta-se que os referidos dados estão na Unidade Transversa de Mercator (UTM).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras de 2 a 11 correspondem às oscilações anuais das temperaturas máximas do período de 2008-2017 e seus comparativos anuais para o município de Caruaru-PE.

Na figura 2, o ano de 2008 registrou temperatura máxima de 27,5 °C, no mês de janeiro, com oscilação de 2,3 °C. As temperaturas mensais fluíram abaixo da média histórica para os meses de março a outubro. Nos meses de setembro, novembro e dezembro a diferença entre a temperatura máxima mensal e média histórica foram insignificantes.

Destacam-se as oscilações mensais entre os meses de março a agosto do período de 2008-2017 com flutuações superiores à do ano 2008, tais flutuações de acréscimo foram decorrentes dos efeitos locais e regional estando de acordo com o estudo de Marengo (2014).

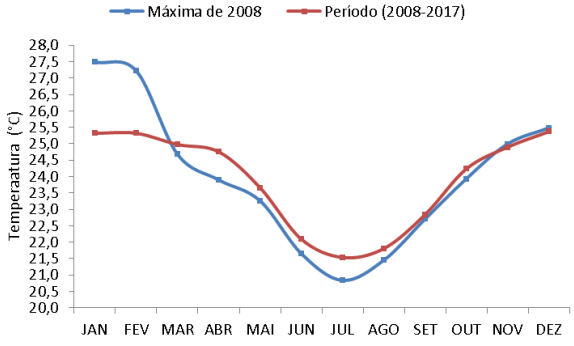


Figura 6 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2008 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018

voltar ao
SUMÁRIO

O ano de 2009 (figura 3) registrou temperatura máxima de 25,7°C no mês de janeiro. Em fevereiro a temperatura máxima foi de 24,4°C. Nos meses de abril a julho a temperatura máxima superou a do período estudado. Nos meses de marco, agosto e novembro as temperatura igualaram-se. Para os meses de janeiro, fevereiro e outubro, as variações foram de 0,4°C, 0,8°C e 0,5°C.

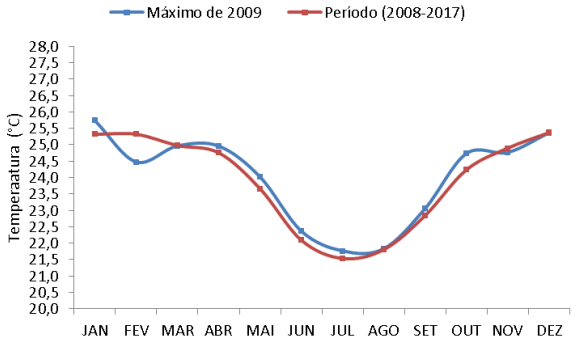


Figura 7 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2009 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018

Na figura 4 destacam-se os meses de fevereiro, abril, julho, outubro, novembro e dezembro, sendo as diferença entre os valores para o ano de 2010 e o período 2008-2017 de 0,1°C, 0,3°C, 0,2°C para os demais meses. Nos meses de março, maio, junho, agosto e setembro ocorreram os pontos de inflexões máximo e mínimos quando comparados ao período. Estas oscilações foram decorrentes dos efeitos locais e regionais. Portanto tem-se que o ano de 2010 apresentou temperaturas máximas mais elevadas que a do período e estes aumentos estão de acordo com Medeiros (2016).

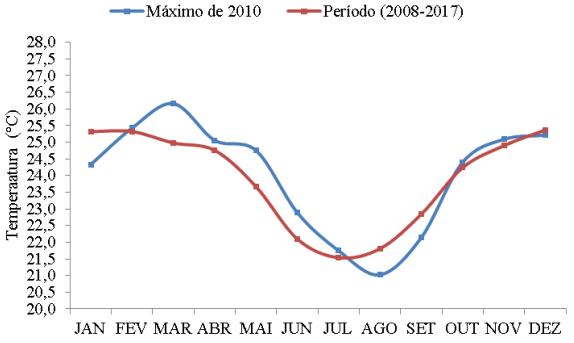


Figura 8 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2010 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018

voltar ao
SUMÁRIO

Os meses de junho a setembro ocorreu uma equiparação de temperatura. Entre os meses de janeiro, fevereiro, abril, maio, setembro e outubro a temperatura do período foi elevada entre 0,6°C a 1,2°C em relação ao ano de 2011. Os meses de maio e dezembro registraram pequena flutuabilidade entre as temperaturas estudadas. Destaca-se que o ano de 2011 foi ano de influência de *La Niña* e suas possíveis reduções estão relacionadas as atividades do evento.

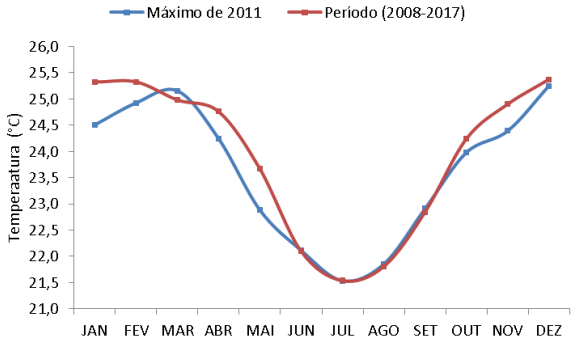


Figura 9 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2011 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

O ano de 2012 sofreu atuação do fenômeno *El Niño* que pode ter sido o fator que provocou alterações nos registros das temperaturas quando comparados com a média do período em conformidade com a figura 6.

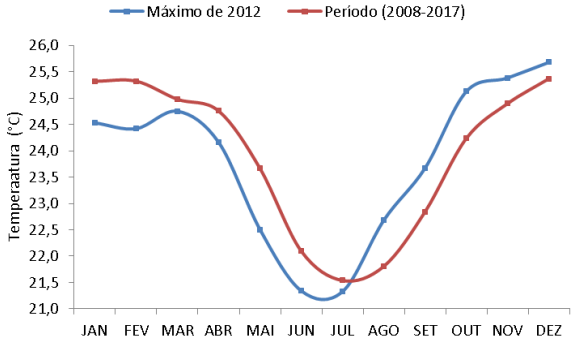


Figura 10 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2012 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

Na figura 7 têm-se as flutuações da temperatura máxima do ano de 2013 e seu comparativo com a do período 2008-2017. Destaca-se o mês de março deste ano com uma redução de temperatura de 3,2°C. Salienta-se que este valor pode conter erro devido ao mau

voltar ao
SUMÁRIO

funcionamento do sensor ou algum outro problema técnico ocorrido no mês em destaque.

Entre abril, maio, setembro e outubro registrou-se equiparação dos parâmetros. Nos meses de janeiro, fevereiro e junho a temperatura anual superou a do período.

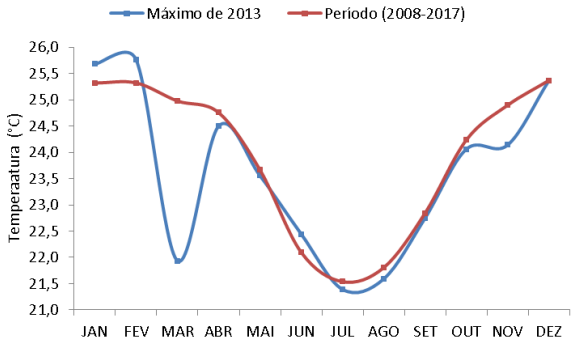


Figura 11 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2013 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

Na figura 8 observam-se as oscilações térmicas com irregularidades do ano 2014 e seu comparativo com a do período 2008-2017. Entre os meses de outubro a fevereiro e maio registrou-se a menor redução de temperatura máxima oscilando de 0,2°C a 0,9°C. Nos meses de marco e junho registrou-se aumento de 0,2°C em relação ao período. Nos meses de abril e entre junho e setembro as temperatura equilibraram-se. Estas irregularidades de flutuações estão interligadas aos efeitos locais e regionais da área de estudo.

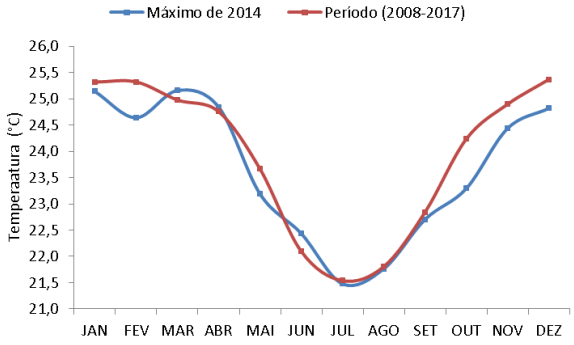


Figura 12 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2014 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

No ano de 2015 registrou-se temperaturas máximas acima das temperaturas do período em praticamente todos os meses exceto janeiro, julho, agosto a outubro, os quais apresentaram oscilações próxima ou iguais.

voltar ao
SUMÁRIO

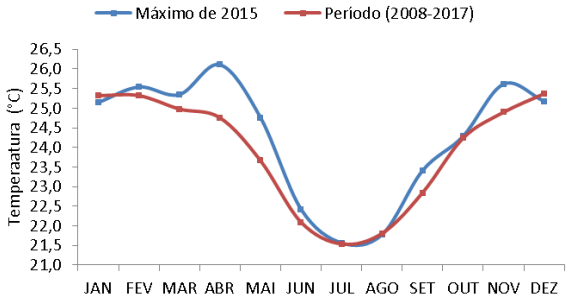


Figura 13 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2015 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

No ano de 2016 (figura 10) observa-se aumento gradativo da temperatura máxima entre os meses de agosto a dezembro com flutuação de 0,8°C. Nos meses de janeiro, fevereiro e abril a temperatura máxima do período superou a temperatura do ano de 2016. Em maio ambas as temperaturas se equipararam. Em março a temperatura anual foi superior a do período. Tais flutuabilidades são previstas por Marengo (2014).

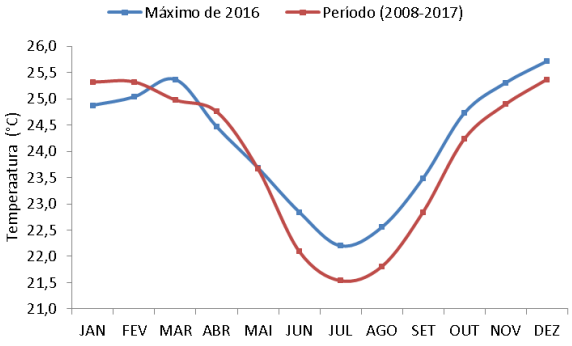


Figura 14 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2016 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

A variabilidade da temperatura máxima para o ano de 2017 foi de 26,3°C no mês de março e 20,4°C no mês de junho. Enquanto as oscilações do período fluíram de 21,5°C em julho a 25,8°C em dezembro. Nos meses de dezembro a maio, a temperatura máxima fluiu abaixo da temperatura média do período. Para os meses de junho e setembro as temperaturas fluíram abaixo do período estudado. Em novembro as temperaturas igualaram-se conforme a figura 11.

voltar ao
SUMÁRIO

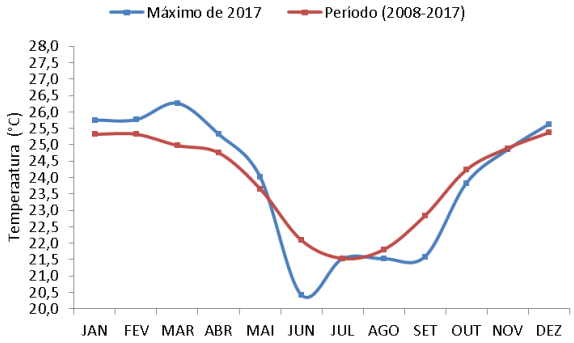


Figura 15 - Comparativo da temperatura máxima do ano de 2017 com a do período 2008-2017. Fonte: O autor, 2018.

Estudos semelhantes foram realizados por Medeiros (2016) para o município de Cabaceiras e apresenta similaridade com o desenvolvido.

4. CONCLUSÃO

Chama-se atenção de algumas flutuações térmicas estarem como anômalas, isto se deve possivelmente a ocorrências de defeitos nos seus sensores.

A população Caruaruense vem recorrendo a diversas formas artificiais de resfriamento o que vem causando maior consumo energético e gerando impacto ambiental.

Observa-se a extensão das condições climáticas no favorecimento e/ou no prejuízo em diversas áreas: na disposição do espaço e lazer, na saúde, na economia, no dia-a-dia da população, na qualidade de vida e do ambiente. Infelizmente, devido ao despreparo e a falta de planejamento por parte da sociedade para o enfrentamento dos eventos adversos, os prejuízos é que acabam por se salientar.

As flutuabilidades de redução e aumento na temperatura estão interligadas aos efeitos de meso e larga escala, a altitude local e os sistemas regionais e locais. Percebeu-se que os fenômenos El Ninõ e La Ninã exerceram influência no comportamento das flutuações em seus anos de atuação.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de

voltar ao
SUMÁRIO

Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

6. REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.

BLAIN, G. C.; LULU, J. Valores anuais absolutos de séries diárias de temperatura máxima e mínima do ar no estado de São Paulo: tendências, periodicidades e probabilidades associadas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, p. 29-40, 2011.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia.

COSTA, T. S. A.; COSTA FILHO, J. F.; BARACHO, D. C.; SANTOS, T. S.; MARINHO, E. C. S. Análise da temperatura do ar em Areia-PB, em anos de ocorrência de "El Niño". Apresentado no **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia** – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

IPCC, 2007: Climate Change2007: The Physical Science Basis. Contribution of Worling Group I yo the Fourth Assessment Reporto of the Intergovernmental Panel on Climate Change

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928

MARENGO, José A. O futuro clima do Brasil. Revista USP, n. 103, p. 25-32, 2014.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R N. **Estudo Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto-PI**. Campina Grande : EDUFCG, 2016.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R N. **Estudo Climático do Município de Matinhas-PB**. Campina Grande: EDUFCG, 2016.

MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SILVA, V.P. **Estudo Climatologico do Município de Caruaru – PE, BRASIL**. 26 p. 2017.

MEDEIROS, R.M. MEDEIROS, B.C. Aspectos do clima para o município de Cabaceiras. I Congresso Internacional de diversidade do Semiárido. 2016.

MELO, V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUZA, F.A.S. Variação média mensal e anual da umidade relativa do ar para 11 municípios no estado de Pernambuco, Brasil. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. 15 a 18 de setembro de 2015. 2015.

SANSIGOLO, Clóvis Angeli. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura

voltar ao
SUMÁRIO

máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SOUSA, N.M.N.; DANTAS, R.T.; LIMEIRA, R.C. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa-PB. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.2, p. 183-192, 2007.sou

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 37
GESTÃO AMBIENTAL NOS MEIOS DE HOSPEDAGEM: POSSIBILIDADES PARA CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE TAMANDARÉ-PE

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN HOSPITAL MEDIA: POSSIBILITIES FOR ENVIRONMENTAL CERTIFICATION IN THE MUNICIPALITY OF TAMANDARÉ-PE

Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita*, Samuel Victor Medeiros**, Vanice Santiago Fragoso Selva***

*Graduando Gestão Ambiental (IFPE), Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente- PRODEMA, Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Brasil.**
*Professor de Estatística no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco- IFPE***
*Professora de Geografia e Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA no Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. ****

RESUMO
O objetivo do trabalho é analisar possibilidades para implantação da Certificação Ambiental em meios de hospedagem no município de Tamandaré, localizado na Zona da Mata Sul – Litoral Sul do Estado de Pernambuco no Nordeste do Brasil. O município é uma área de interesse turístico que apresenta praias com belezas naturais na qual está inserida em Áreas de Proteção Ambiental (APA). Partindo deste pressuposto, a pesquisa foi realizada através de revisão do referencial teórico, visita a campo e aplicação do questionário. Diante dos resultados a pesquisa demonstrou a necessidade de se enquadra ao sistema de gestão ambiental – SGA, possibilitando alternativas sustentáveis para contribuir com o desenvolvimento local e a implantação da certificação ambiental nos meios de hospedagem, favorecendo as atividades turísticas.

Palavras-Chave: Certificação Ambiental, Meios de Hospedagem, Turismo.

ABSTRACT
The objective of this work is to analyze possibilities for the implementation of Environmental Certification in lodging facilities in the municipality of Tamandaré, located in the South - South Coast Zone of the State of Pernambuco in Northeast Brazil. The municipality is an area of tourist interest that presents beaches with natural beauties in which it is inserted in Areas of Environmental Protection (APA). Based on this assumption, the research was carried out through a review of the theoretical reference, field visit and questionnaire application. In view of the results the research demonstrated the need to fit into the environmental management system - SGA, allowing sustainable alternatives to contribute to local development and the implementation of environmental certification in the means of hosting, favoring tourism activities.

Keywords: Environmental Certification, Means of Lodging, Tourism.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O turismo é compreendido a partir de um processo de produção, valorização, apropriação do espaço litorâneo e da especulação. Na Região do Nordeste brasileiro, nos últimos 20 anos, a expansão do turismo em áreas litorâneas, foi intensificada, decorrente do crescimento favorecido pelo Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (MESQUITA; SIQUEIRA, 2018). A implantação das atividades turísticas proporcionou uma nova conjuntura, desde o desenvolvimento regional e local, como o crescimento econômico.Decorrente, do processo de expansão das atividades no setor do turismo, os ambientes naturais vêm sofrendo impactos negativos, surgindo a necessidade de conservação ambiental, através da Unidade de Conservação (UC), em benéficio da proteção os ecossistemas naturais, garantindo a sobrevivência dos seres vivos, satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras (BRASIL, 2002).

As Unidades de Conservação são extremamente importantes para as áreas litorâneas, por apresentar ambientes naturais que contribuem com o ecossistema através da biodiversidade existente. De acordo com a Lei nº 6.938/81, em seu Artigo 1º, compreendem-se como Áreas de Proteção Ambiental (APA'S), Unidades de Conservação (UC) que são utilizadas como estratégias de conservação da qualidade ambiental e manutenção da biodiversidade, visando à melhoria da qualidade de vida da população local com objetivo de proteção dos ecossistemas da região.

Nesta concepção, surge a necessidade do planejamento assegurando a conservação do ambiente, garantindo a manutenção e a qualidade de vida dos seres humanos, através de alternativas sustentáveis, favorecendo as atividades turísticas e o beneficiamento da economia, por meio do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), em detrimento da intensa prática executada pelo turismo. O SGA é uma estrutura padronizada que corrobora para gerenciar as ações que afetam o meio ambiente, pela inserção de procedimentos que implica o treinamento, monitoramento e registros, possibilitando gerenciamento e tomada de decisão (AVILA, PAIVA, 2006).

Desinente do desenvolvimento do turismo, surgiu a necessidade de infraestrutura do espaço, através de meios de hospedagens, que de acordo com Tulik (2001, p.10), "são considerados como residências secundárias que representam relação de permanecia em um

voltar ao
SUMÁRIO

período entre a origem e o destino, ao estabelece o período de entrada, saída e retorno". Tais empreendimentos passar a emergir decorrente ao interesse econômico, como é o caso do município de Tamandaré-PE, que apresenta um potencial no turismo, sendo representadas por praias, piscinas naturais e a existência de corais. Atualmente, as regiões litorâneas evidenciam impactos ambientais devido a ocupação e ausência da aplicabilidade da Gestão Ambiental.

O apoderamento desses espaços litorâneos, consequentemente da ocupação do território em pró dos benefícios, resultam implicações ambientais, por meio da especulação imobiliária, sucedendo através do processo de mercantilização do meio natural, tornando as áreas costeiras objeto do capital, sendo transformado pela ação antrópica, muitas vezes sem estudos necessários para implantação de áreas hoteleira.

Por Tamandaré apresentar em locais com Áreas de Proteção Ambiental (APA) pelas quais tem o intuito de conservar e proteger os sistemas naturais essenciais existentes, preservando os ecossistemas na região, tornou-se por pressuposto como o objetivo deste trabalho analisar as possibilidades de certificação ambiental, através da análise do município em estudo, para compreender a realidade existente no local.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O universo da pesquisa é a o Município de Tamandaré, localizado no Litoral Sul do Estado de Pernambuco – Brasil, apresentando as coordenadas de 8° 47'20" S e 35°06'45" W, ficando a 110 km da Capital recifense. Tamandaré apresenta uma extensão de aproximadamente 09 km em sua costa formada pela baía de Tamandaré, praia de Campas e pela praia dos Carneiros (MAIDA E FERREIRA, 1997) Figura 01.

voltar ao
SUMÁRIO

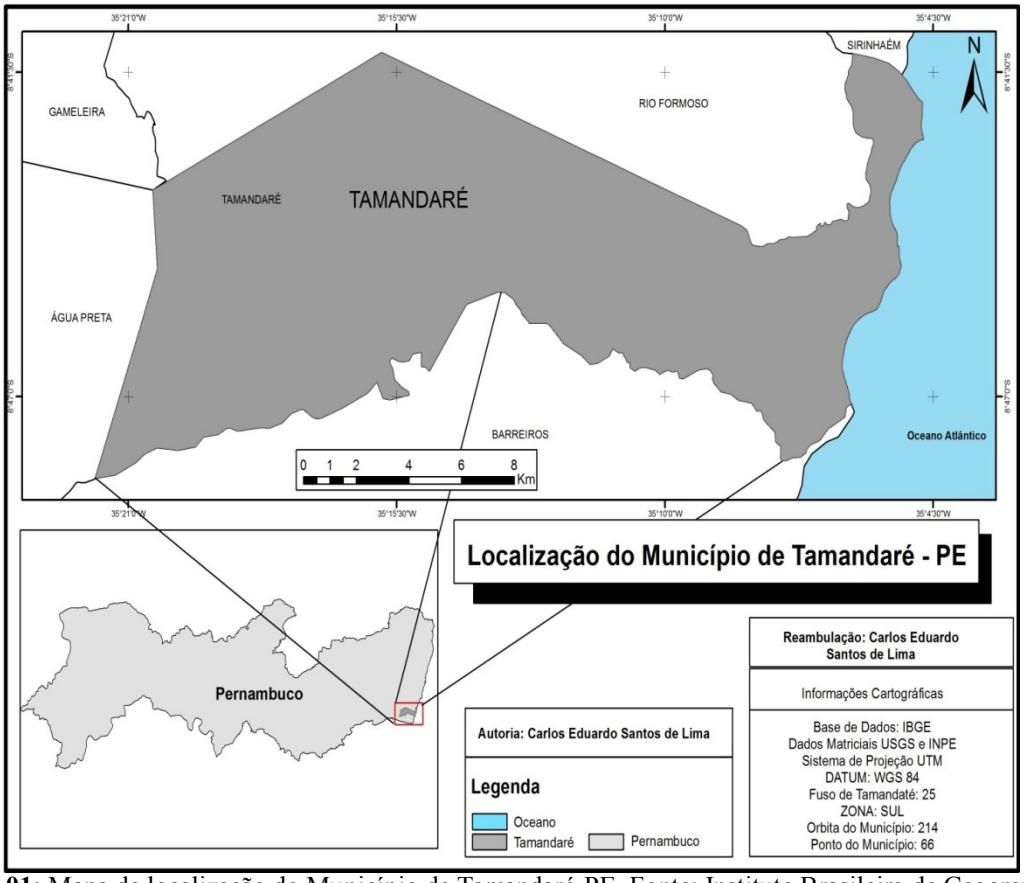


Figura 01: Mapa de localização do Município de Tamandaré-PE. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010. Adaptado por Carlos Eduardo Santos de Lima, 2017.

O município de Tamandaré apresenta 214.307 hectares de área da unidade territorial, com densidade demográfica de 96,66 hab/km² (IBGE, 2010). Segundo os dados do IBGE 2010, a população local é representada por 20.715 habitantes. O Estado de Pernambuco apresenta uma divisão político geográfica que insere o município de Tamandaré na mesorregião da Mata de Pernambuco e microrregião da Mata Meridional, ou litoral sul (IBGE, 2010). O município de Tamandaré integra a Região de Desenvolvimento (RD), denominado como RD-10, na qual fica localizada na Mesorregião da zona da Mata Pernambucana, na qual é caracterizada desde o contexto histórico até os dias atuais pela produção de monocultura da cana-de-açúcar e sua diversificação, atualmente vem se destacando em setores de serviço em especial a atividades turísticas (FIRMINO, 2006).

2.2 Procedimentos metodológicos

Para a realização da pesquisa, buscaram-se os seguintes procedimentos: revisão do

voltar ao
SUMÁRIO

referencial teórico, levantamento teórico do local de estudo, visitas a área de estudo e questionários com questões abertas e fechadas.

A pesuisa por apresenta o método qualitativo, que se caracteriza pela qualificação dos dados que foram coletados a partir da análise do problema levantado a ser aprofundado a partir de uma compreensão de acordo com o estudo realizado, tornando-se o mais indicado para instrumento da pesquisa, pois trilha por privilégios em busca de relatos, experiências, atitudes, valor envolvido no âmbito hoteleiro que vise possibilidades para implantação de uma gestão cada vez mais sustentável em pró dos benéficos econômicos, sociais e ambientais.

O método qualitativo insere significados e razões que não podem ser comprimidos à instrumentalização de variáveis (MINAYO, 1994, p.18). O método e técnicas serão empregados para ter como finalidade a contribuição da validação da análise para contribuição dos resultados.

2.3 Levantamentos dos dados

O instrumento utilizado para levantamento dos dados foi através do questionário, sendo considera um instrumento de investigação destinado a coleta das informações de acordo com o grupo representativo da pesquisa. Segundo Lakatos; Marconi (2003), o questionário, trata-se de um conjunto de pergunta com um critério de interesse, que dever ser respondido com a presença do entrevistador, ou não.

Foram aplicados questionários semiestruturados, na qual o pesquisador se baseia por um roteiro elaborado anteriormente, com perguntadas direcionadas ao entrevistado. A aplicação dos questionários foi direcionada aos (a) gerentes/proprietários (as) dos empreendimentos hoteleiros, para levantamentos de dados sobre a questão da Gestão Ambiental e práticas sustentáveis, contribuindo para existência de uma certificação ambiental nos meios de hospedagem, favorecendo a qualidade do estabelecimento e a conservação ambiental.

As visitas foram realizadas no período de novembro de dezembro de 2017, sendo realizados em 20 (vinte) meios de hospedagem do município de Tamandaré. Foram aplicados durante o período mencionado, 20 questionários com proprietários/gerentes dos empreendimentos, durante o período mencionado.

voltar ao
SUMÁRIO

Para a interpretação dos questionários, buscou-se a abordagem da pesquisa quantitativa, pois recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente (FONSECA 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos questionários aplicados aos proprietários/gerentes dos empreendimentos hoteleiros, foi realizado através de gráficos para apresentar caracterização dos meios de hospedagem, sistema de Gestão ambiental e práticas sustentáveis.

3.1 Caracterização dos Meios de Hospedagem

Partindo do levantamento dados coletados através dos questionários mencionados e aplicados com os proprietários/gerentes dos meios de hospedagem, percebe-se inúmeros de tipos de meios de hospedagem na Figura 02, apresentam quatro (04) tipos de empreendimentos: Flat, hotel, hostel e pousada, no território da pesquisa. Observa-se no gráfico que a maioria são pousadas instaladas no município e posteriormente os hotéis.

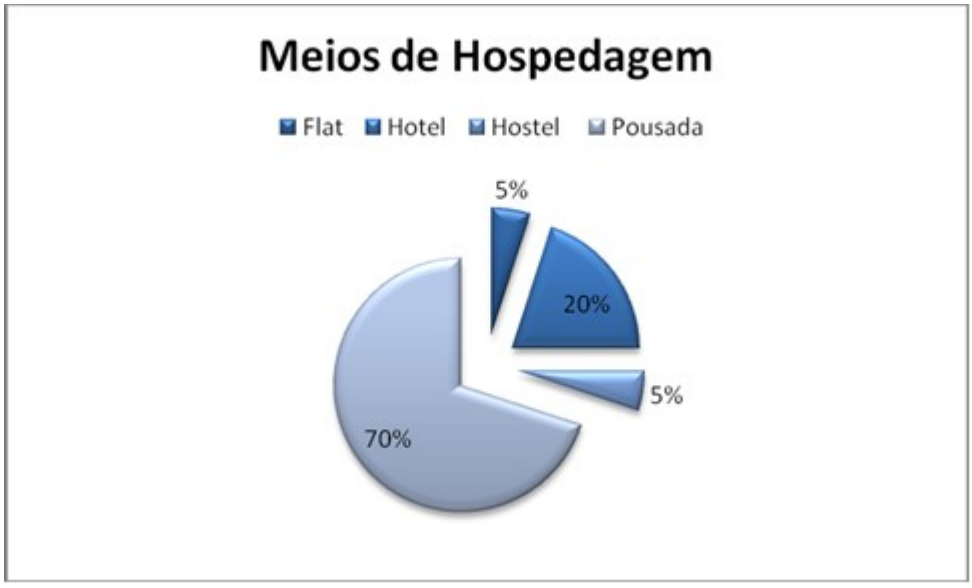


Figura 02. Tipos de Meios de hospedagem no Município de Tamandaré-PE. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

A partir da classificação dos tipos dos meios de hospedagem, é interessante mencionar que para compreender e conhecer os tipos de hospedagem, através do universo dos empreendimentos e construir alternativas para analisar as possibilidades da certificação ambiental. Foi possível verificar através da aplicação dos questionários, os anos de funcionamento dos empreendimentos (Figura 03), demonstrando que os meios de hospedagem, apresentam estágio de funcionamento variável.

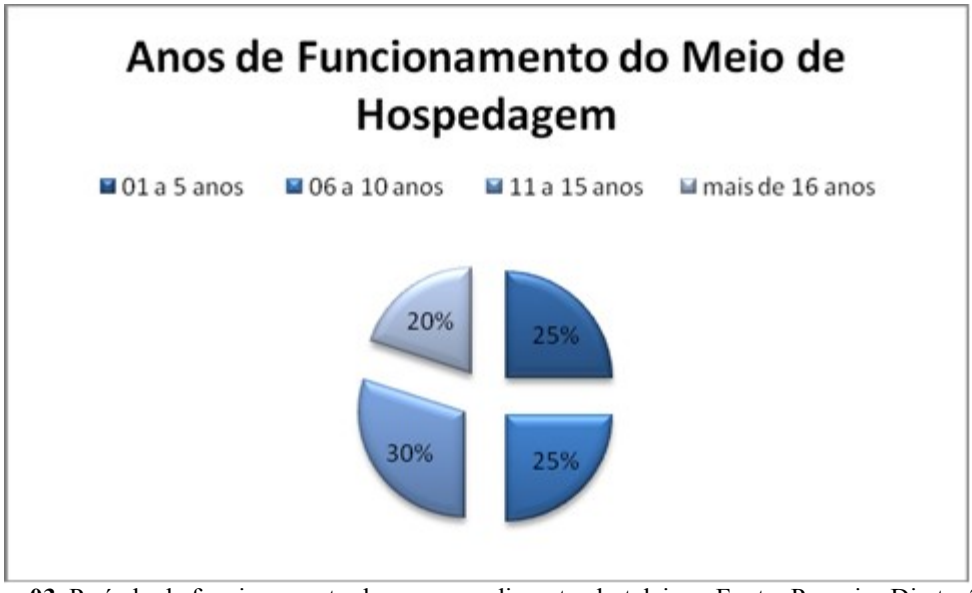


Figura 03. Período de funcionamento dos empreendimentos hoteleiros. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

É possível diagnosticar se os meios de hospedagem apresentam condições necessárias para apresentar serviços e implantação no empreendimento.

No gráfico da Figura 04, os serviços oferecidos aos hospedes nos estabelecimentos pesquisados, sendo considerado que os 20 empreendimentos, apenas 09, apresentam Bar/restaurante, para refeições e para necessárias alimentícias dos hospedes, mas as maiorias dos empreendimentos apresentam serviços básicos, fundamentais como: ar condicionados, acesso a internet e ambientes socias, possibilitando conforto e comodidade.

voltar ao
SUMÁRIO

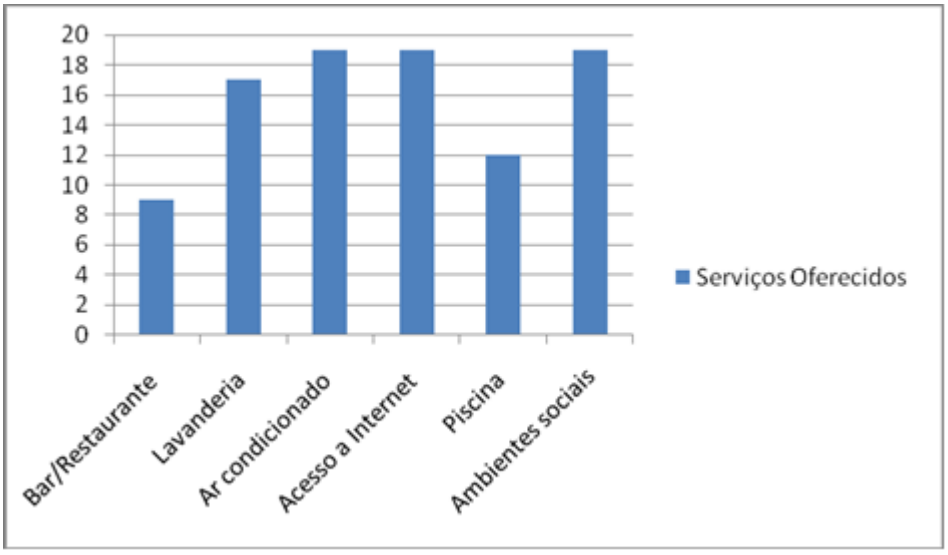
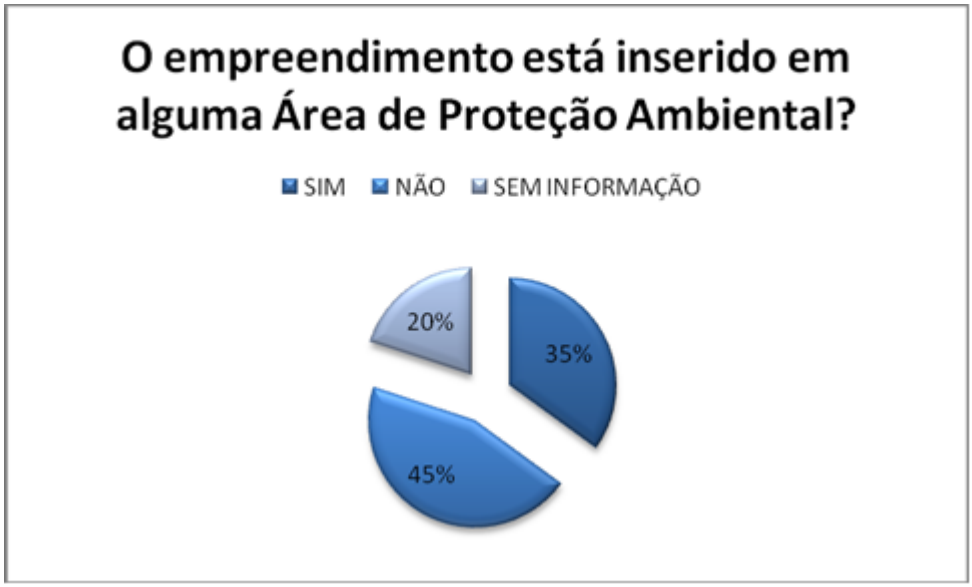


Figura 04. Serviços oferecidos pelo Meio de Hospedagem. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

3.2 Sistema Gestão Ambiental (SGA) em Área de Proteção

A Figura 05, representa as informações necessárias sobre o conhecimento dos proprietários ou gerentes acerca da Área de Proteção Ambiental (APA), se o empreendimento está ou não inserido. No gráfico demonstra que 45% dos entrevistados afirmaram que o meio de hospedagem na está em uma APA, enquanto 20% não apresentam essa informação, totalizando 75% dos entrevistados desconhecerem tal informação e sua importância para o empreendimento, para o município e os turistas.



voltar ao
SUMÁRIO

Figura 05. Meios de hospedagem inseridos na Área de Proteção Ambiental - APA. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

De acordo com a Figura 06, os entrevistados informaram que para abrir os empreendimentos não foi necessário licenciamento ambiental, mesmo sendo inserido em uma APA.

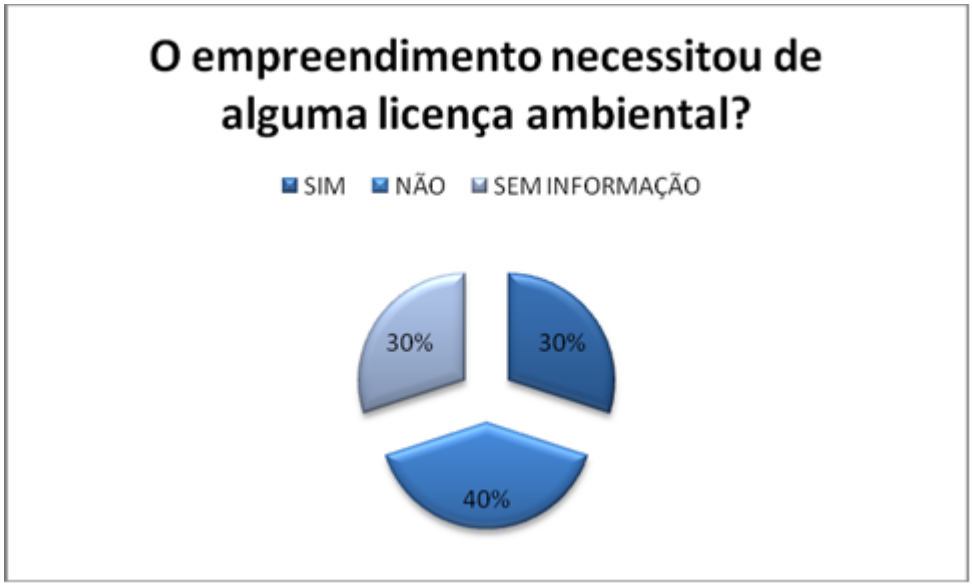


Figura 06. Licença Ambiental nos meios de hospedagem. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

Figura 07. Sistema de Gestão Ambiental nos meios de hospedagem. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

O gráfico apresenta mesma proporção da Figura 06, já que não é necessário o licenciamento ambiental, muitos empreendimentos não possuem o SGA, para os meios de hospedagem, como pode ser visto na Figura 07.

No decorrer dos questionários apresentaram questões voltadas para a sustentabilidade e a conservação do ambiente, na qual os meios de hospedagens expõem de 70% dos entrevistados fazem coleta seletiva, 75 %, que apenas 25% tem horta orgânica nos empreendimentos, 50% utilizam materiais recicláveis, mas 25% utilizam energia solar no empreendimento, contribuindo para fontes alternativas de energia e reduzindo o custo.

Partindo desses resultados é evidente que a proposta de certificação ambiental é fundante para os meios de hospedagem, favorecendo a conservação das Áreas de Proteção Ambiental e favorecendo meios alternos para sustentabilidade ambiental. Proposto pelos próprios entrevistados a Certificação Ambiental nos meios de hospedagem, como é demonstrado na Figura 08, sendo predominante a necessidade de alternativas que vise apresentar qualidade e responsabilidade ambiental.

Figura 09. Certificação Ambiental nos Meios de Hospedagem. Fonte: Pesquisa Direta, 2017.

Diante dos resultados os apresentados, atrás a discussão pressuposta a partir da necessidade de um sistema de gestão efetivo que favoreça as carências ambientais e dos empreendimentos hoteleiros, para tornar possível a certificação ambiental, de acordo com as

voltar ao
SUMÁRIO

características e suporte de cada meio de hospedagem, por meio de uma vertente que atribua requisitos necessários e básico como alternativa sustentável para cada empreendimento.

Deste modo, é possível o aprimoramento dos estabelecimentos hoteleiro, para atender as necessidades de conservação do ambiente, por meio de critérios que favoreça o próprio empreendimento e os hospedes, na medida em que são praticadas ações e atitudes sustentáveis.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados, o municipio de Tamandaré apresenta espaço para o enquadramentode uma gestão ambiental que seja adequada para a APA, possibilitando alternativas sustentáveis econtribuindo para o desenvolvimento local e atrativo turístico.

Através dos esrudos realizados na pesquisa, foi possível verificar que existem ~~ainda~~ vários estabelecimentos que necessitam de licenciamento ambiental para abertura dos empreendimentos hoteleiros em um ambiente de conservação ambiental, além do próprio Sistema de Gestão Ambiental, para contribuir com a aplicabilidade por meio de práticas sustentáveis, visto que os meios de hospedagem apresentam interesse em pró da certificação ambiental, tornando o processo de gestão facilitado.

Em relação às práticas realizadas nos empreendimentos como alternativas e meios sustentáveis, foi possível perceber que boa parte dos estabelecimentos entrevistados não praticam ações simples e de gerenciamento ambiental, que através de práticas simples, voltadas a conservação ambiental, poderiam contribuir como meio ambiente.

Diante de tais informações, ou autores sugerem como solução, uma melhor integraçãodos órgãos públicos e os empreedimentos hoteleiros, esta parceria é interessante para propor alternativas que possibilitem a qualidade do ambiente. Através da gestão ambiental, reduzindo os impactos ao meio ambiente, através de práticas sustentavéis que visem o aprimoramento do desenvolvimento econômico, cultural e social da localidade, tornando cada vez mais atrativo para os turisticas que predetem se instalar em um dos meios de hospedagem de Tamandaré.

voltar ao
SUMÁRIO

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

6. REFERÊNCIAS

AVILA, G. J.; PAIVA, E. L. **Processos operacionais e resultados de empresas brasileiras após a certificação ambiental ISO 14001**. Gest. Prod., v. 13, n. 3, p. 475-487, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação: Conservando Vida, os Bens e os Serviços Ambientais**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/pda/_arquivos/prj_mc_061_pub_car_001_uc.pdf> Acesso em: 26. Mai. 2017.

_____. **LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000.** Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm> Acesso em: 19 Mar. 2018

FIRMINO, F.S. **Dinâmica do turismo na Zona Costeira Nordestina: Questões conflitantes com o desenvolvimento turístico da Praia de Carneiros**. Dissertação (Curso de Mestrado em Gestão Políticas Ambientais). CFCH-UFPE, Recife. 2006.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Biblioteca. **Tamandaré, Pernambuco**. Disponível em :< http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/pernambuco/tamandare.pdf> Acesso em: 07. Jun 2017.

_____. – IBGE, Cidades. **Munícipio de Tamandaré - Pernambuco.** Disponível em:<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=261485&idtema=16&search=pernambuco|tamandare|sintese-das-informacoes> Acesso em: 10 jun. 2017.

GOMES, C.C. **O turismo no Litoral Nordestino: desafios e possibilidades para o Desenvolvimento local em Tamandaré-PE**. Dissertação, UFPE, 2013. Disponível em:< https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12145/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Celso%20Cardoso%20Gomes.pdf> Acesso em: 10. Fev. 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

MAIDA M & FERREIRA BP. 1997. **Coral Reefs of Brazil: an overview**. Panama, International Coral Reef Symposium, 8, Proc. 1: 263-274.

MATOS, J.K.E; COSTA, M.A.N. **Hotelaria, sustentabilidade e certificação: um estudo bibliométrico.** Disponível em:< http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/1809-2667.20140004/3043> Acesso em: 10 Fev. 2018.

MINAYO, M.C.S. (Org.) **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.

MESQUITA, A.N.S. SIQUEIRA, W.N. **Gestão Ambiental nos Meios de Hospedagens: Análise da Certificação Ambiental voltada para o Turismo Sustentável**. Disponível em:< https://www.ecodebate.com.br/2018/03/09/gestao-ambiental-nos-meios-de-hospedagens-analise-da-certificacao-ambiental-voltada-para-o-turismo-sustentavel-por-aurea-nascimento-de-siqueira-mesquita-e-williams-nascimento-de-siqueira/>Acesso em: 25 Mar. 2018.

Planalto do Governo do Brasil. **Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm> Acesso em: 07 mai. 2017.

TULIK, O. **Turismo e Meios de Hospedagem Casas de Temporada**. São Paulo: Ed. Roca, LTDA. 2001.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 38
IMPACTOS AMBIENTAIS NO RIO CAPIBARIBE: O CASO DO MUNICÍPIO DE PAUDALHO - PE

ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE CAPIBARIBE RIVER: THE CASE OF THE PAUDALHO MUNICIPALITY - PE.

Ana Karoline de Carvalho Silva *, Antônio Hélton Vasconcelos dos Santos, Paulo Lucas Cândido de Farias, Lunara de Melo Barbosa.

*Departamento de Ciências Geográficas, Bacharelanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.**
Departamento de Ciências Geográficas, Mestrando no Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Departamento de Ciências Geográficas, Bacharel em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Departamento de Ciências Geográficas, Bacharelanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

RESUMO
A água é um bem "renovável" importante para o equilíbrio da vida, desenvolvimento econômico e social, tornando-se fundamental para a sobrevivência do humano, como também, dos organismos de ecossistema em nosso planeta. Haja vista tal relevância, esse trabalho teve como objetivo analisar os impactos ambientais no rio Capibaribe, na área correspondente ao município de Paudalho - PE, por meio da identificação e caracterização qualitativa dos impactos ambientais, aplicando-se a técnica do "*checklist"* (lista de checagem), conjuntamente a realização de entrevistas semi-estruturadas na qual foi contemplada a população ribeirinha, deste modo, atendendo a finalidade de compreender a sua relação com o referido rio. Os resultados demonstraram que o Capibaribe tem recebido uma grande quantidade de material orgânico e principalmente resíduos provenientes das olarias, provocando um aumento na poluição, contaminação e assoreamento. Os efluentes domésticos, resíduos sólidos, estabelecimentos agropecuários, práticas turísticas, expansão urbana e ocupação em áreas de risco próximas do rio, intensificando a degradação da bacia hidrográfica. Uma vez elencados, existe a necessidade de uma efetivação em fiscalizações para tornar possível um melhor planejamento e gestão dos recursos naturais.

Palavras-Chaves: Recursos Hídricos, Rio Capibaribe, Poluição, Degradação Ambiental, Paudalho.

ABSTRACT
The water is a "renewable" resource important for the equilibrium of life, economic and social development, making it essential for the survival of human, as also, of ecosystem organisms on our planet. Given the importance of this work, the objective of this study was to analyze the environmental impacts on the Capibaribe River, in the area corresponding to the municipality of Paudalho - PE, through the identification and qualitative characterization of environmental impacts, applying the checklist technique, herewith a semi-structured interviews in which the riverine population was contemplated, that way, for the purpose of understanding its relationship with the referred river. The results demonstrated that Capibaribe has been receiving a large amount of organic material and mainly residues from the potteries, causing an increase in pollution, contamination and silting. The domestic effluents, solid waste, agricultural establishments, tourist practices, urban expansion and occupation in areas of risk near the river, intensifying the degradation of the hydrographic basin. Once listed, there is a need for an effective in inspections to make possible better planning and management of natural resources.

Keywords: Water Resources, Capibaribe River, Pollution, Ambiental Degradation, Paudalho.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O rio é um curso natural de água, que para existir depende de duas condições: um abastecimento adequado e um declive pelo qual a água possa percorrer, o mesmo torna-se inteiramente importante, pois em seu canal traz a água que é o recurso natural essencial a existência da vida. Além do mais, como as atividades antrópicas são dependentes de sua presença, têm grande importância cultural, social, econômica e histórica (ANTUNES, 1995).

Entretanto, embora sejam relevantes para vivência dos seres vivos e dos sistemas ecológicos, as bacias hidrográficas são fortemente impactadas negativamente pelas ações antrópicas. Podemos comprovar tal fato, no rio Capibaribe que durante todo seu percurso recebe grandes quantidades de rejeitos proveniente das habitações e indústrias sem os devidos tratamentos adequados, além da degradação provenientes da agricultura, pecuária, exploração mineral e vegetal, provocando alterações nas condições naturais como a poluição e assoreamento (CASTRO et al., 2007; MACEDO et al., 2007; BIONE et al., 2009).

Dessarte, tal trabalho se justifica pela necessidade de conservação desse recurso hídrico para sustentabilidade do meio ambiente, na qual torna-se relevante compreender os impactos gerados pelas ações humanas nos referidos recursos, podendo assim, desenvolver sugestões de ações que visem mitigá-los e/ou compensá-los.

No que concerne aos impactos ambientais, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 001/86 art. 1°) o define como sendo:

> [...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Sanchéz (2008) alerta para a pertinência de estudos com esse cariz, por ser necessário para entender como as ações antrópicas podem afetar os processos naturais, mediante análise prévias de caracterização dos impactos já ocorridos, e com isso, sendo capaz de reconhecer os agentes, as causas e os efeitos de um evento impactante, possibilitando a intervenção no sentido de buscar soluções para os problemas encontrados.

voltar ao
SUMÁRIO

O mesmo autor traz uma visão de impacto ambiental abrangente conceituada como sendo: qualquer alteração no sistema físico, químico, biológico, cultural ou socioeconômico que passa a ser atribuído às atividades humanas relativas às alternativas em um estudo para satisfazer as necessidades de um projeto de natureza positiva ou negativa.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é conceituada como sendo estudos realizados com a finalidade de identificação, previsão e interpretação das causas, consequências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde, e ao bem-estar humano, como também, a seu entorno. Logo, a AIA firma-se com a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), estes copiosamente utilizados para produção de Licenciamento ambiental para diversos empreendimentos (IBAMA, 1995).

Nesse contexto, é fundamental destacar que a avaliação de impactos ambientais não deve ser considerada apenas como uma técnica, mas como uma dimensão política de gerenciamento, educação da sociedade e coordenação de ações impactantes.

Como apresentado, o Capibaribe é bastante impactado, no entanto uma parcela da população local ainda depende dele para garantir seu próprio sustento. Devido à grande importância deste rio para a região, as maiorias das pesquisas possuem o objetivo de avaliar a qualidade dos seus compartimentos (água, sedimento e organismos) e quantificar os níveis dos contaminantes presentes nos mesmos, porém no que tange a análise de impactos ambientais no município de Paudalho, os estudos encontram-se insuficientes.

Pelo conjunto de preocupações e incertezas quanto a problemática enfrentada pelo rio Capibaribe nesse trecho, é de suma importância identificar os impactos ambientais e compreender suas consequências, assim como, sugerir ações que visem mitigá-los e ou compensá-los. Diante disto, o objetivo deste trabalho configurou-se em analisar os impactos ambientais na bacia do rio Capibaribe na área do município de Paudalho, Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

voltar ao
SUMÁRIO

A referida pesquisa foi realizada no município de Paudalho - PE situado na mesorregião zona da mata norte, limitando-se a norte com Tracunhaém, a sul com São Lourenço Mata, Chã, Alegria, Glória do Goitá e Camaragibe, a leste com Paulista e Abreu e Lima, e a oeste com Lagoa de Itaenga e Carpina. Possui uma população estimada em 55.942 (em 2017) e densidade demográfica de 185,06 hab/Km² (IBGE, 2017).

O município está inserido na área de tabuleiros costeiros, apresentando relevo característico mamelonar, também denominado de "Mares de Morros", que caracterizam as Colinas da Zona da Mata. As colinas da Mata Norte possuem entalhamentos menos incisos e encostas mais suaves que as da Zona da Mata Sul. A contribuição exógena para a diferenciação desse modelado do relevo existe, principalmente, devido a distinção entre os índices de precipitação das duas regiões.

A configuração climática de toda Zona da Mata é quente e úmida (As') com regimes chuvosos de outono-inverno. A pluviosidade média no domínio dos "Mares de Morros" em Pernambuco está entre 1.200 e 2000mm/ano. O número de dias de chuvas por ano fica entre 150 a 210. Diminui da Mata Sul para a Mata Norte. A pluviosidade e o modelado do relevo estão atrelados aos ventos alísios e dois sistemas atmosféricos tropicais que agem nessas regiões: A zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Ondas de Leste, além de um sistema extratropical que a Frente Polar Atlântica (F.P.A). Sendo esses os condicionantes do modelado mais incisivo na microrregião da Mata Meridional Pernambucana (JATOBÁ; SILVA; GOMES, 2014).

A maior parte do seu território insere-se nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (figura 01), tendo como os principais tributários: os rios Capibaribe, Sampaio e Goitá, ademais os riachos: Gameleira, Pau Amarelo, Barrigão dos Macacos, Araçá, Piação, Murioga, Fortaleza, Dendê, Cavalcante, Vargem Grande, Caipora, Caiana, Jacaré do Cajueiro, Tabaruma, Tabatinga, Pitangueiras, Camurim e Córrego Verde. Os eminentes corpos de acumulação são os seguintes açudes: Cursaí, Pau Amarelo, Zumbi, Tabaruma, Bicopeba, Carvalho e as barragens: do Orá e do Goitá. Cabe salientar que os cursos d'água mais importantes no município possuem o regime de escoamento perene, como também o padrão de drenagem dendrítico (BRASIL, 2005).

voltar ao
SUMÁRIO

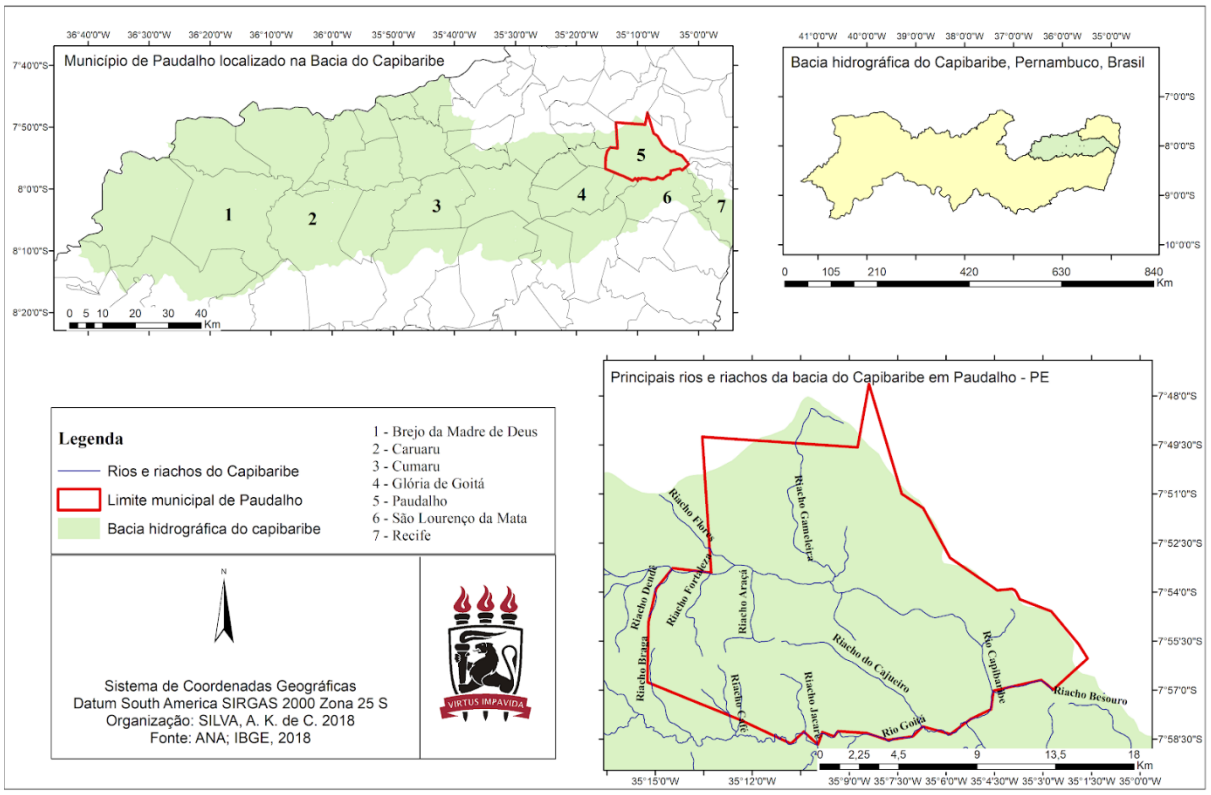


Figura 01- Mapa de localização da Bacia hidrográfica do Capibaribe e do município de Paudalho-PE com seus principais cursos d'água. **Fonte**: Agência Nacional de Águas - ANA; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, adaptado pelos autores, 2018.

2.2 Métodos e técnicas

O método empregado neste estudo é de natureza qualitativa na qual segundo Lakatos e Marconi (2011) analisa os dados considerando seus aspectos qualitativos, porém sem desprezar dados quantitativos quando necessário.

Para identificar os impactos ambientais provenientes das ações humanas na bacia do Capibaribe foi realizado um estudo de campo na área objeto da pesquisa utilizando a técnica do checklist (lista de checagem) para apontar quais são os agentes, causas e suas consequências, juntamente com levantamento fotográfico, tencionando seus registros.

Já com o intuito de compreender as consequências dos problemas ambientais gerados pela degradação do Capibaribe na população foram efetuadas entrevistas semiestruturadas com 23 munícipes ribeirinhos. Cabe destacar que a escolha desses entrevistados se deu aleatoriamente atendendo a comodidade dos pesquisadores e disponibilidade dos participantes.

voltar ao
SUMÁRIO

Por fim para que fosse possível sugerir ações que visem mitigar ou compensar os impactos ambientais apresentados, foram feitos levantamentos de diversas literaturas com informações que visassem tal finalidade.

2.3 Referencial Teórico

Entende-se por recursos naturais os bens necessários para dar continuidade a vida dos organismos, populações e ecossistemas. Dentre eles destacamos a água, elemento crucial para o desenvolvimento das atividades humanas. Essa recobre 70% da superfície do planeta Terra, porém, apenas 0,003% é doce, limpa e/ou de extração viável economicamente, ou seja, considerada própria para consumo direto. Salienta-se que apesar de ser tida como um recurso natural renovável por muitos, sem o devido monitoramento e conservação, logo poderá se tornar escassa mundialmente (BRAGA et al., 2005).

Ainda sobre essa afirmação, Bettega (et. al 2006) relata que variados autores reiteram o discurso de que devido à grande quantidade de água presente na terra, muitas pessoas acabam por ter a sensação de que é um recurso inesgotável e auto renovável. No entanto, especialistas em meio ambiente e outras áreas afins, destacam que 95,1% da água do nosso planeta é salgada, sendo imprópria para consumo humano direto, dependendo de artifícios tecnológicos como dessalinizadores para que ocorra seu uso, dos 4,9% restantes, 4,7% estão na forma de geleiras ou em regiões subterrâneas de difícil acesso, e somente os 0,147% apresentam-se adequados para o consumo, situados em rios, lagos, nascentes e em lençóis freáticos.

"Ao analisar a distribuição da água no planeta [...] chega-se à conclusão preocupante de que se trata de um recurso natural esgotável (não renovável) e muito mais escasso do que se pode imaginar."(RESENDE, 2002, p.10). Neste caso, renovável no sentido de pertencer a um círculo "fechado" no planeta, sofrendo transformações, porém mantendo constância em sua quantidade. Contudo, não significa que a quantidade mantém a qualidade necessária para uso deste recurso uma vez que, a água pode assumir o caráter esgotável após a poluição e contaminação e a falta ou até inexistência de tratamento correto.

> O recurso hídrico torna-se cada vez mais escasso para atender às crescentes demandas, em função do crescimento populacional, do desperdício, dos crescentes usos nas cidades e na agricultura, como também do paradigma de que o aumento do bem estar social está diretamente relacionado ao consumo individual. Conjugado a

voltar ao
SUMÁRIO

> isso, a qualidade da água na Terra vem sendo comprometida, principalmente nas cidades. (PITTON, p. 38, 2003).

Os impactos relacionados aos recursos hídricos são evidenciados a cada ano, principalmente na ocorrência de eventos extremos, onde se faz presente os problemas que outrora passavam despercebidos. Esses impactos invariavelmente provocam alterações no ciclo hidrológico, ocasionados pelo crescimento dos centros urbanos como: o processo de industrialização; moradias irregulares; ausência de saneamento básico; barragens; modificação das estruturas superficiais (compactação e canalização) para o escoamento superficial; transporte, deposição e acúmulo de resíduos sólidos; remoção excessiva da biomassa, introdução de espécies exóticas, e entre outros; e essas ações antropogênicas na bacia hidrográfica tendem a ocorrer de jusante para montante, devido às características do relevo (TUCCI, 2003; 2005).

As consequências são evidentes durante a presença de fortes precipitações os impactos diretos sobre a população residente as áreas adjacentes aos mananciais, ocorrem com recorrência, com casos de enchentes e pontos de alagamentos, podendo se ter perdas materiais ou principalmente a vida devido à acidentes como: afogamentos, movimentos de massa e/ou propagação de patologias que afetam a população (SILVA et al, 2016).

No Brasil, após o ano de 1950, as consequências da industrialização trouxeram consigo a explosão demográfica, propiciando uma urbanização desordenada nos grandes centros. Entre os anos de 1970 e 2017 a população brasileira duplicou, chegando a aproximadamente 208 milhões de pessoas (IBGE, 2018). Tal quadro em que se configura nosso país mostra a inevitabilidade do aumento do consumo dos recursos hídricos, como também a sua degradação. Um fato importante é que a estimativa da população global é de 7,6 bilhões, das quais 574 milhões não têm acesso a água potável[*] (WORLDOMETERS, 2018). Equivalente a mais do que dois "Brasis" sofrendo por escassez hídrica.

Em 1997 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, conhecida também como a Lei das Águas (Lei N° 9.433/97). Nesta lei torna-se reconhecido, como alguns dos fundamentos para esta política, a água como um bem de domínio público, sendo

---

[*] O site wordometers.info apresenta estimativas baseadas em informações divulgadas pela ONU, OMS e outras organizações mundiais. As estimativas são contínuas, esta foi pesquisada às 14:07 hrs do dia 17 de março de 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

dotada de valor econômico e o seu uso em situações de seca que deve ser priorizado para o consumo humano e dessedentação de animais (BRASIL, 1997).

Na questão de infraestrutura independente da escala, é comum a discussão em debates sobre a importância da implementação de planos diretores (municipais e estaduais), leis, normas, regulamentos e zoneamento, para que todas as cidades visem consolidar programas voltados para um direcionamento de desenvolvimento sustentável, principalmente nas grandes cidades, onde são mais visíveis os impactos. Para Ruziska (2008), esses instrumentos legais e suas constantes atualizações demonstram a constante preocupação das autoridades locais com o desenvolvimento urbano da cidade.

Outro meio viável para ser trabalhado na preservação dos recursos naturais, no caso da água, são as campanhas educativas, a redução dos índices de poluição, a sensibilização pelo uso, a limpeza contínua do rio e o envolvimento dos órgãos públicos competentes (MACIEL; MESQUITA, 2014). Sabe-se que no Brasil existe uma carência ao uso e aplicações das leis referentes aos impactos ambientais, e a utilização dos recursos hídricos de modo sustentável, devido às lacunas da legislação, ausência e/ou acompanhamento nas fiscalizações.

Segundo Maciel e Mesquita (2014) a utilização do rio Capibaribe, transpassa a ideia de uso apenas para deslocamentos. Destaca-se também por possuir atrativos para o lazer, diversão para todas as classes sociais, além da valorização e divulgação da cultura local. Sendo também, condição essencial para localização de moradias próximas às suas margens e de renda, ambas relacionadas fortemente a situação das comunidades ribeirinhas.

Segundo o Plano Diretor do município, os impactos ambientais que atingem o rio Capibaribe, são frutos da "Poluição por despejo de resíduos sólidos, efluentes domésticos, industriais e dos processos agrícolas da região, onde a monocultura da cana de açúcar predomina." (PAUDALHO, 2002, p. 17).

O rio Capibaribe ou rio das capivaras é responsável pelo abastecimento de várias cidades do estado de Pernambuco, e ainda, para monocultura da cana-de-açúcar, produção têxteis, utilização domésticos, entre outros. E isso reflete diretamente na qualidade da água após a passagem por esses municípios.

> Deve ser lembrado que a bacia do Capibaribe está composta por 43 municípios, perfazendo uma área de drenagem de 7.557,41 Km2. O rio Capibaribe corta a sede municipal de Paudalho. Segundo dados da CPRH, na estação de monitoramento

voltar ao
SUMÁRIO

> (referência da estação CB2- 40), no rio Capibaribe, a jusante da cidade de Paudalho, na ponte da BR-408, os indicadores que registram a qualidade da água se apresentam com valores fora dos padrões aceitáveis determinados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, principalmente no que se refere a presença de coliformes fecais e outras substâncias como, cloreto, amônia, fósforo e outros. (PAUDALHO, 2002, p. 17)

Devido ao intensivo uso de suas águas, desde a montante até a jusante, tornou-se considerado um rio de classificação "muito poluída", principalmente na sua jusante e estuário, apontando diversas alterações devido à "ação antrópica" atuante, como será o caso abordado acerca do município de Paudalho - PE. (CPRH, 2006; CAVALCANTI et al, 2009; SOUZA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Impactos Ambientais no rio Capibaribe

O município de Paudalho tem um potencial hídrico gigantesco, nele se localiza a maior barragem de abastecimento da mata norte, contemplando com este serviço 7 municípios circunvizinhos entre eles: Carpina, Lagoa do Carro, Tracunhaém, Lagoa de Itaenga, Chã de Alegria, Glória do Goitá e São Lourenço (PAUDALHO, 2002). Além disso, suas nascentes são exploradas empresas distribuidoras de águas mineral do estado, e toda essa riqueza está em risco, pois a maior bacia hidrográfica presente em seu território, na qual o corta de oeste a sudeste está sendo impactada negativamente.

Para uma melhor compreensão das problemáticas envolvidas no citado rio, Santos (2015) menciona que o principal segmento industrial de Paudalho é a produção de cerâmicas vermelhas, representando cerca de 39 fábricas, das quais 23 destas encontram-se situadas estrategicamente às margens do rio Capibaribe, pois seus proprietários utilizam de modo inadequado/ilegal as suas águas para a fabricação (figura 02 A), sem obter licenciamento ambiental ou estudos de impactos ambientais - EIA. Como se não bastasse, lavam seus maquinários e jogam todos os resíduos com falhas da produção no rio, provocando sérios agravantes quanto a poluição, contaminação e assoreamento (figura 02 B).

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 02 A: Bomba d'água, retirando água para produção **Figura 02 B:** Resíduos de cerâmicas vermelhas no canal do rio. **Fonte:** Antônio Helton Vasconcelos dos Santos, 2018.

Salienta-se que a presença de resíduos sólidos nas margens do rio é gerada também pelos descartes inadequados dos resíduos pela população, e a falta de planejamento na implantação do lixão municipal, situado próximo ao terraço fluvial da principal barragem de abastecimento da mata norte, aludida anteriormente. As práticas turísticas de São Severino dos Ramos têm influenciado para tal degradação, pois os comerciantes e romeiros e frequentadores despejam todos os resíduos diretamente no rio além dos esgotos dos estabelecimentos comerciais e residências adjacentes serem escoados para dentro do seu leito (Figuras 03 A).

Outro problema ligado ao ramo da construção civil é a exploração de areia do leito do Capibaribe para comercialização que a cada dia aumenta significativamente. Hoje, várias famílias de classe média-baixa usam essa atividade como fonte de renda (Figura:03 B), tal ação gera a depreciação da qualidade das águas, incidência de processos erosivos e alterações na geomorfologia fluvial dos cursos d'água. Além de riscos à saúde dos trabalhadores que por se tratar de uma atividade informal não utilizam Equipamentos de Proteção Individual - EPI.

No que tange ao lançamento de efluentes é notório que em todo o trecho do percurso do Capibaribe no município, os esgotos domésticos, das indústrias e dos estabelecimentos comerciais são despejados nele.

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 03 A: Acúmulo de resíduos sólidos na margem e no rio **Figura 03 B:** Área de exploração de areia escavada do leito do rio Capibaribe. **Fonte**: Antônio Helton Vasconcelos dos Santos, 2018.

Segundo o plano diretor do Município (PAUDALHO, 2002): O quadro relativo ao esgotamento sanitário é precário. O município não apresenta qualquer sistema público e tem proporções elevadas de instalações domiciliares, industriais e comerciais, tanto na área urbana quanto rural. 79,9% dessas instalações despejam inadequadamente seu esgoto, e dentre elas, 10% dos domicílios não possuem banheiro. Já a proporção de fossas rudimentares é de 75% e os 7,2% que compõem os domicílios caracterizados pelo acesso a uma rede, devem ser também incluídos na referência de destino inadequado, visto que, na ausência de sistema oficial da Compesa, tratam-se de ligações impróprias em sua maioria na rede urbana de coleta de águas pluviais.

O total de fossas sépticas apontado no censo 2010 (IBGE, 2010) corresponde a apenas 2,8% do total de domicílios no município. Embora esteja em vigor a lei do saneamento básico n°. 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e institui a política federal de saneamento básico, tendo como objetivo primordial a universalização do acesso a tal serviço, seja na zona urbana ou na zona rural dos municípios, a mesma ainda não consegue atender fundamentalmente muitas cidades. Deste modo, percebe-se a necessidade de políticas públicas que visem o melhoramento dos sistemas de tratamento de esgotos para o município, amenizando os impactos ambientais em seus recursos hídricos.

Paudalho intitulado por Araújo (1990) como a terra dos engenhos têm historicamente a atividade econômica da monocultura da cana-de-açúcar presente na paisagem. Com o passar do tempo, as grandes usinas utilizam coquetéis químicos para aumentarem sua produtividade atentando a finalidade de eliminar espécies vegetais indesejáveis tidas como pragas. O

voltar ao
SUMÁRIO

problema maior é que muitos desses compostos são escoados para os lençóis freáticos e para o rio, seja através das nascentes e/ou águas oriundas das precipitações. (Figura 04). Outra problemática evidente é o assoreamento de corpos d'água, devido à erosão do solo em áreas degradada pelo uso excessivo da supramencionada monocultura.

Além do mais, é uma prática comum entre os produtores incorporarem grande parte dos efluentes líquidos à vinhaça para disposição no solo do plantio como técnica de fertirrigação. Sendo realizado, também, com os resíduos líquidos gerados no processo produção do açúcar e álcool, como as águas da lavagem de pisos e equipamentos, e as das purgas dos lavadores de gases. A vinhaça é gerada à razão de 12 litros por cada litro de álcool apresentando: temperatura elevada, pH ácido, corrosividade, alto teor de potássio, além de quantidades significativas de nitrogênio, fósforo, sulfatos, cloretos, entre outros. Seu despejo em rios e lagos provoca o fenômeno de eutrofização que consequentemente desequilibra o ecossistema com a morte de várias espécies animais e vegetais (EMBRAPA, 2018).

O terraço do rio Capibaribe é lócus para exploração agropecuária há séculos, suas margens encontram-se rodeadas de plantio (figura 05) dos mais variados tipos entre eles: macaxeira, milho, tomate, pimentão, coentro, quiabo, alface, pepino e etc. Com isso, parte da sua mata ciliar vem sendo desflorestada para dar espaço à agricultura e também pecuária com a criação de animais: bovino, caprino e suínos e em alguns locais implementação de tanques para piscicultura. O uso de agrotóxico, pesticidas, também passou a fazer parte de atividades desta natureza e acabam por ter contato direto com as águas do Capibaribe, poluindo e contaminado tal recurso.

Figura 04: Canal proveniente de nascentes desaguando no canal principal do rio Capibaribe Latitude: 7°53' 07.74''S e Longitude: 35°12'32.30'' O. **Figura 05**: Área utilizada para agropecuária no terraço do rio localizado na latitude: 7° 53'05.58'' S e Longitude: 35°12'15.70'' O **Fonte:** Google Earth, 2018.

voltar ao
SUMÁRIO

Cabe enfatizar, que o crescimento populacional está acelerando o processo de construção civil irregular nas margens do Capibaribe o que implica no aumento de resíduos e desmatamento no curso do rio. Com consequência temos em períodos de precipitações elevadas a ocorrência de enchentes, uma vez que sem a proteção da mata ciliar a força da vazão da água aumenta e diminui o processo de infiltração.

A seguir apresentamos sistematicamente um quadro com os principais impactos ambientais do rio Capibaribe no município de Paudalho, suas causas, consequências e recomendações.

IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA DO CAPIBARIBE NO MUNICÍPIO DE PAUDALHO-PE			
AGENTE	CAUSA	CONSEQUÊNCIA	RECOMENDAÇÕES
Olarias	Retirada de água do rio para utilização no processo de produção de cerâmicas; Limpeza de maquinários e equipamentos diretamente no rio. Disposição de resíduo sólidos da produção. Retirada da mata ciliar para combustão das cerâmicas vermelhas.	Comprometimento da biota do ecossistema aquático. Assoreamento; Eutrofização; Desequilíbrio nas cadeias e teias alimentares; Ausência do habitat natural, deslocamento e alteração comportamental da Fauna.	Fiscalização; multas pelos impactos gerados sem planejamento ou Reflorestamento, tratamento de esgotos das indústrias, criação de um sistema de gestão ambiental na empresa.
Munícipes	Despejo de esgoto doméstico; Acúmulo de resíduo sólidos nas margens do rio; Construção de habitações; Desmatamentos para construção de casas.	Contaminação da água. Comprometimento da biota do ecossistema aquático. Assoreamento; Eutrofização; Ausência do habitat natural, deslocamento e alteração comportamental da Fauna. Enchentes Desequilíbrio nas cadeias e teias alimentares	Sensibilização a partir da Educação ambiental; Reflorestamento; Coletores de resíduos sólidos próximos aos bairros

voltar ao
SUMÁRIO

Mineradores	Extração de areia para venda na construção civil.	Remoção da mata ciliar e diminuição da fauna local; Aumento dos processos erosivos; Assoreamento.	Fiscalização por parte das autoridades competentes, reflorestamento, regulamentação da atividade.
Usina produtora de açúcar e etanol	Uso de agrotóxicos; Utilização de água do rio para irrigar a produção; Retirada da cobertura natural da mata ciliar para plantio; Despejo de resíduos descartados pela produção.	Diminuição da vazão; Assoreamento; Poluição dos corpos d'água com o despejo de resíduos (vinhaça), uso de agrotóxico e fertilizantes.	Fiscalização; Aumentos dos impostos pela externalidades e multas pelos impactos gerados. Criação de um sistema de drenagem da vinhaça
Agricultores e pecuaristas	Uso de agrotóxico; Dejetos de animais; Pesca predatória; Práticas de piscicultura.	Assoreamento; Diminuição da fauna e flora local. Contaminação e poluição da água.	Sensibilização por meio da Educação ambiental; Fiscalização, destinação de áreas apropriadas para as atividades agropecuárias, práticas e técnicas agroecológicas e sustentáveis, sem utilização de coquetéis químicos.
Comerciantes	Despejo de resíduos; construções de barracas no leito do rio	Poluição e contaminação da água; Aumento de habitações em áreas de risco.	Educação ambiental; Fiscalização; Cobrança de impostos pela externalidades e multas pelos impactos gerados.

Fonte: Autores, 2018.

3.2 Percepções dos munícipes em relação aos impactos ambientais no rio Capibaribe

Dentre os 23 moradores ribeirinhos entrevistados 16 são do sexo feminino e 07 do masculino a faixa etária dos mesmos variam entre 19 a 54 anos. Todos os sujeitos da pesquisa relataram que o rio é vitalmente importante para o município, apesar do estado deplorável ambientalmente que se encontra como podemos observar no discurso da moradora X13:

> O rio é muito importante para nós, tem gente mesmo que planta, cria tudo dentro do rio, no período mesmo que tem muito peixe o que mais vemos é o povo lá pescando [...] mesmo assim poluído [...] o esgoto da cidade toda é jogado no rio, todo mundo sabe e não faz nada, mas a culpa né só da prefeitura não, o povo é seboso sabe que não pode jogar lixo e joga [...] quem sofre somos nóis (sic) que moramos aqui, quando vem a enchente eu mesmo nem durmo.

Quando questionados 06 pessoas disseram que dependem constantemente dos recursos provenientes do rio Capibaribe para o sustento de sua família, seja utilizando suas águas para

voltar ao
SUMÁRIO

atividades agropecuárias, pesca, extração de areia do leito, extração de vegetação e até mesmo estabelecimentos comerciais em locais destinados ao banho.

> [...] o rio ajuda muito no sustento lá de casa, eu trabalho na cerâmica sabe? Mas, pra fazer um extra, venho juntar areia pro mode (sic) ajudar a comprar as coisas [...] o que ganho depende do tamanho da carrada [...] tipo se eu vender um caçambe de 9 a 10 metros cobro 180 (MORADOR X 18) .

No que tange os reconhecimentos dos impactos ambientais em sua maioria os moradores demonstraram conhecimento unicamente dos negativos, tendo uma certa dificuldade de reconhecer os de ordem positiva, mesmo afirmando anteriormente, que acham o rio importante para o desenvolvimento do município. Como verificamos nas afirmações da moradora 05 X:

> [...] são muitos entre eles os lixos que são jogados [...] as águas sujas que saem das casas, até a fossa da vila é jogada ai dentro [...] lá embaixo tem o povo que tira areia de dentro de rio pra vender [...] tem também as cerâmicas que tiram a água do rio e jogam as metralhas do tijolo dentro dele [...] ainda tem os animais que o povo cria tudo solto no rio, porco, boi, cabra, tem de tudo que é bicho [..] esse rio lindo e o esgoto da cidade, tudo vai parar nele.

Cabe enfatizar, que todos os 23 citaram os esgotos, os resíduos sólidos, as olarias e os desmatamentos como sendo os principais causadores da degradação existente neste trecho do Capibaribe, no entanto, apenas 3 reconheceram o processo de mineração e a agropecuária como motivadores, não foram lembrados os impactos provocados pelas atividades comerciais, a monocultura da cana-de-açúcar, bastante presente na paisagem de Paudalho e nos terraços do rio. Destarte, nota-se a ausência da visão integrada dos entrevistados em relação aos impactos ambientais presentes no rio.

Na visão dos moradores como consequências dos impactos têm-se a poluição da água, morte de espécies, odores indesejáveis, enchentes, presença de espécies animais entre eles: ratos, baratas, escorpiões, junto à presença de vegetação exógena. Para a população ribeirinha faltam políticas e planejamentos por parte das autoridades competentes para desenvolverem projetos e ações que visem a conservação do rio e também a sensibilização dos Paudalhenses para que não gerem poluição, nem degradação.

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

Em virtude dos fatos explorados, tornam-se evidentes os diversos usos atribuídos aos recursos hídricos do Capibaribe no Município de Paudalho. Usos estes, que por vezes, demonstram a falta de informação e de interesse em relação à manutenção e conservação do rio desde as indústrias, comércio e população até ao governo responsável. É importante salientar que essas dificuldades em relação a gestão e informação são encontradas em qualquer local no Brasil e no mundo, o que mudam são as perspectivas adotadas para enfrentá-las.

As indústrias ceramistas que fazem a utilização e o descarte inoportuno dos recursos hídricos e de seus rejeitos, respectivamente, são as mesmas que empregam parte da população do município. fábricas que para funcionar dependem de licenciamentos ambientais, mas que dependem também de incentivos para o funcionamento correto. A articulação entre essas empresas, a gestão e os cidadãos na formação de uma aliança local onde todos exponham os seus posicionamentos é de suma importância, aliado a isto, uma posterior solidariedade comunitária, visando à integração de todos nas tomadas de decisões que venham por interferir direta ou indiretamente nas atividades cotidianas locais, referente a bem-estar social no que diz respeito à educação, saúde, segurança, economia e política. Configurando assim o desenvolvimento com sustentabilidade do município.

Assim como para as olarias e suas atividades, se faz necessário regulamentações e fiscalizações por parte das autoridades responsáveis, também são necessárias para as atividades exercidas pelas usinas, mineradores, agricultores, pecuaristas e comerciantes, justamente estes os quais suas atividades, que proporcionam consequências danosas, não são levadas em consideração pela população. Paralelo a estas medidas, o planejamento para um desenvolvimento sustentável, considerando ações como reflorestamento e coleta seletiva devem ser implantadas. Adotando assim uma organização sistêmica e integrada, associando também a sensibilização por parte da educação ambiental tanto para a população local quanto para as empresas e trabalhadores que fazem uso do rio para suas atividades.

voltar ao
SUMÁRIO

Devemos compreender que para o enfrentamento dos problemas temos que promover a articulação da sociedade em seus mais diferentes papéis e níveis de atuação. Desde a academia, com pesquisas e levantamentos como esse, passando por momentos de diálogo e discussão entre profissionais que trabalham com o meio ambiente, a gestão política referente a escala de ação (municipal, estadual e/ou federal) e os cidadãos que usufruem do direito, destacando também que devem cumprir com seus deveres. Para haver participação deve haver interesse, para haver interesse deve haver informação difundida, principalmente quando se existem riscos e perigos no páreo, paralelos às tomadas de decisões conscientes e eficazes.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (UFPE) e ao grupo de pesquisa MSEU conjuntamente ao PET Geografia UFPE pela oportunidade de desenvolver a nossa pesquisa com os aportes materiais (computador, livros, impressora) e imateriais (leituras, discussões e orientações) necessários. Agradecemos, também, aos entrevistados pela disponibilidade de tempo e bom agrado em disponibilizar informações essenciais ao desenvolvimento de nosso estudo sobre o objeto da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (CPRH). **Diagnóstico do meio físico e biótico e mapa do uso e ocupação do solo do núcleo metropolitano do litoral de Pernambuco.** Recife: CPRH/GERCO, 2006.

ANTUNES, C. **Porque?** Os rios, os mares e os oceanos**.** São Paulo:scipione, 1995.

ARAUJO, S. de. **Paudalho:** terras dos engenhos. [S.I.:s.n.], 1990.

BETTEGA, J.M.P.R. *et al.* Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciências Agrotecnologicas**, Lavras, v.30, n.5. p. 950-954, out. 2006.

BIONE, M.A.A et al. **Poluição do Rio Capibaribe por esgoto doméstico**. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, IX, Anais. Recife. 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, ,2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988).** Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei N° 9.433, de 08 de Janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH. Brasília, DF, jan 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm> Acesso em: 12 março de 2018.
]
CASTRO, I. B. et al Imposex in two muricid species (mollusca:Gastropoda) from the northeastern Brazilian Coast. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol**., v.2, n.1, 2007. p. 81-91

CAVALCANTE, D. M. et al. Medição da Descarga Sólida em Suspensão da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. In: IX JEPEX - IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE - Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, **Anais**, Recife, PE, 2009. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/228534917_MEDIO_DA_DESCARGA_ SLIDA_EM_SUSPENSO_DA_BACIA_HIDROGRFICA_DO_RIO_CAPIBARIBE> Acesso em: agosto de 2012.

EMBRAPA, **A produção de cana-de-açúcar e os impactos ambientais** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT1.html> acesso em: 10 de abril de 2018.

IBAMA. **Avaliação de Impacto Ambiental:** agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1995, 136p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil:** 500 anos**.** 2000. Disponível em: <https://brasil500anos.ibge.gov.br/estatisticas-do-povoamento/evolucao-da-populacao-brasileira.html>. Acesso em: 17 março de 2018.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010:** Características urbanísticas do entorno dos domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=796> Acesso em: Acesso em: 17 março de 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Estimativa da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1° de Julho de 2017.** Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_dou_2017.pd> acesso em: 17 de março de 2018.

JATOBÁ, L; SILVA, A. F.; GOMES, A. L. L. A Abordagem Interdisciplinar do Tema o Domínio Morfoclimático dos "Mares de Morros" em Pernambuco. **Revista Equador**, v. 3, n. 2, p. 02-18, Jul./Dez. 2014.

voltar ao
SUMÁRIO

MACEDO, S. J. et al. Heavy metal concentrations in sediments of the Capibaribe river estuary in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco-Brazil. WIT Transactions on Ecology and the Environment, v. 102, p.3, 2007.

MACIEL, B.; MESQUITA, D. As águas do Rio Capibaribe – Pernambuco: um estudo sobre a valorização da cultura local. **Caderno Discente**, Recife, v. 1, n. 1, p.1-9, 2014.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E.V. **Metodologia Científica**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PAUDALHO, Prefeitura municipal de. **Plano diretor do Município de Paudalho**. Recife: Fidem, 2002.

PERNAMBUCO, Governo do Estado de. **Plano Hidroambiental do Capibaribe.** 2018. Disponível em: <http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=292&Itemid=105>. Acesso em: 29 março de 2018

PITTON, S. E. Contri. A água e a cidade. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo. **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional.** Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal - LPM. Deplan / ICGE - UNESP. 2003. p. 37 - 47.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24718/1/doc_57.pdf> Acesso em: 17 março de 2018.

RUZISKA, A. A. **Impactos ambientais sobre os recursos hídricos para o abastecimento público em São José dos Campos (SP).** Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental), 2008. Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2008.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, A. H. V. Os impactos socioambientais gerados pelas olarias no Município de Paudalho, Pernambuco. In: TAVARES, F. ; BARROS, M. J. ; PINA, S. J. (Org.). **Saberes ambientais e educacionais**. Recife: Libertas, 2015.p. 157-173.

SILVA, R. F. da ; SANTOS, V. A. ; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, Minas Gerais, v. 26, n. 47, p.966-976, 2016.

SOUZA, W. L. da S. **Produção de sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe para a Zona Costeira da Região Metropolitana do Recife.** Dissertação (Mestrado em

voltar ao
SUMÁRIO

Ciências do Solo), 2011. Departamento de Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. Gestão das águas/ Artigos. **Ciência e Cultura**, vol. 55, nº 4, São Paulo: SBPC, outubro/dezembro, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**/– Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – UNESCO, 2005.

WORLDOMETERS. INFO. **People with no access to a safe drinking water source**. Dover, Delaware, EUA. Publicação 17 de março de 2018. Disponível em: <http://www.worldometers.info/br/> Acesso em: 17 de março de 2018

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 39
ÍNDICE DE ARIDEZ NA ZONA DA MATA NO ESTADO DE PERNAMBUCO – BRASIL

ARIDITY INDEX IN THE ZONA DA MATA IN THE STATE OF PERNAMBUCO - BRAZIL

Romildo Morant de Holanda*, Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França,Fernando Cartaxo Rolim Neto

Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: romildomorant@gmail.com*
[2]Dr. em Meteorologia e Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com
Prof. Msc. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: manoelvieiraufrpe@gmail.com
Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil, e-mail: fernandocartaxo@yahoo.com.br

RESUMO
A economia agropecuária da Zona da Mata é composta principalmente pela plantação de cana-de-açúcar, tendo a região engenhos e usinas. Ultimamente a região vem se destacando devido ao crescimento no número de indústrias alimentícias e automotiva. O estudo tem como objetivo avaliar a variabilidade dos índices de umidade e aridez através das análises estatísticas para as cidades que compõem a Zona da Mata do estado de Pernambuco. Os dados gerados poderão subsidiar decisões na área para o melhoramento dos solos com susceptibilidades elevadas. Na análise do comportamento climático foram utilizados dados de precipitação, média climatológica, do banco de dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Agência de tempo e clima do Estado de Pernambuco (APAC). A estimativa da temperatura média do ar foi realizada com uso do software denominado "Estima_T" (Cavalcanti et al., 1994,2006), desenvolvido pelo Núcleo de Meteorologia Aplicada da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), através da estimativa das séries de temperatura média mensal do ar de alguns postos meteorológicos, devido à ausência de dados. Foram encontrados os níveis de susceptibilidade à desertificação, alta e muito alta. Nota-se que o índice de aridez não exerce grande influência na determinação da ocorrência de áreas desertificadas para a área de estudo, levando-se em consideração os valores de temperatura e precipitação, podendo ser a ação antrópica um dos fatores importantes na desertificação.

Palavras-Chaves:. Precipitação; temperatura; aridez; ação antrópica.

ABSTRACT
The agricultural economy of Zona da Mata in the state of Pernambuco, Brazil, is mainly composed of sugarcane plantations, with the region of sugarcane plantations and sugarcane plantations. Lately the region has been outstanding due to the growth in the number of food and automotive industries. The objective of this study was to evaluate the variability of moisture and dryness indexes through the statistical analyzes for the cities that make up the Zona da Mata in the state of Pernambuco. The data generated may support decisions in the area for the improvement of soils with high susceptibilities of degradation. An analysis of the climatic behavior was made using precipitation and climatological data from the Northeast Development Superintendency database (SUDENE, 1990) and the State of Pernambuco Weather and Climate Agency (APAC). The estimation of the average air temperature was carried out using the software called "Estima_T" (Cavalcanti et al., 1994, 2006), developed by the Applied Meteorology Nucleus of the Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), using series estimation of the average monthly air temperature of some meteorological stations due to lack of data. The levels of susceptibility to desertification were found to be high and very high. The aridity index does not exert a great influence in the determination of the occurrence of desertified areas for the study area, taking into account the values of temperature and precipitation, and anthropic action may be one of the important factors in desertification.

Keywords: Precipitation; temperature; aridity; anthropogenic action.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A precipitação ocorre de forma periódica e compõe um dos fatores mais importantes na produção agrícola. Considerando os componentes climáticos, a precipitação é um dos fatores que mais afetam a produção agrícola, devido a seu caráter aleatório. No Nordeste do Brasil, o máximo de precipitação é registrado na porção norte, principalmente nos estados do Maranhão, Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e interiores da Paraíba e Pernambuco, ocorrendo no período de fevereiro a maio. Ocorre devido ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para latitudes mais ao sul, a qual influencia diretamente o período chuvoso da região (Uvo, 1989).

Thornthwaite (1948) preparou os índices de umidade, aridez e hídrico objetivando a classificação climática e os autores Thornthwaite&Mather (1955) realizaram o balanço hídrico tendo com variáveis de saída a evapotranspiração potencial total anual, déficit hídrico anual de umidade na atmosfera, excedentes hídricos anuais de água no solo, entre outras. Os autores indicaram que o Índice de Aridez (Ia) é a razão entre o déficit anual de umidade e a evapotranspiração potencial; o Índice de Umidade (Iu) é o excedente anual de água no solo dividido pela evapotranspiração potencial; e o Índice Efetivo de Umidade (Im) é o (Iu) multiplicado por 100 menos 0,6 vezes (Ia), multiplicado por 100.

O índice de aridez (Ia) está diretamente ligado ao quociente da precipitação e à evapotranspiração. O Ia é dependente do volume de água da chuva e da respectiva perda gerada pela evaporação, transpiração ou evapotranspiração potencial. O Ia vem sendo utilizado para delimitar as áreas susceptíveis à desertificação mundialmente. O referido índice varia de 0,05 a 0,65, correspondendo respectivamente às susceptibilidades muito alta e moderada (Schenkelet al., 2001).

Os processos de erosão superficial de partículas de solo são ocasionados pelas ações do vento e da água, causando ou provocando erosões eólicas ou hídricas. A erosão hídrica é a mais importante e preocupante devido à predominância do clima tropical (Bertoniet al., 2012).

No Nordeste brasileiro a maioria das atividades está baseada na exploração dos recursos naturais, e em especial, no extrativismo da cobertura vegetal, no superpastejo de áreas nativas e na exploração agrícola por meio de práticas de manejo do solo muitas vezes inadequadas (Sampaio et al., 1997).

voltar ao
SUMÁRIO

Em várias regiões do Brasil têm ocorrido sérios problemas de degradação ambiental, ocasionados tanto por alterações antrópicas quanto por processos naturais. Dentre os processos naturais pode-se destacar a erosão hídrica como uma das mais importantes formas de erosão do solo, principalmente quando não há planejamento e desrespeito à capacidade de uso dos recursos naturais (Bazzanoet al., 2010).

Os impactos causados pela erosão hídrica são o empobrecimento do solo devido à perda de nutrientes e matéria orgânica, assoreamento e contaminação dos corpos hídricos pelo deslocamento de fertilizantes e agrotóxicos, ocasionando mudanças diretas na fauna e flora (Bertoniet al., 2012; Pires et al., 2013). De acordo com Pires et al. (2013) a erosão do solo é analisada como um processo de origem natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo.

Medeiros et al. (2017) estimaram a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto (BHRUP). Utilizaram a Equação Universal de Perdas de Solo em 48 localidades no período crítico de ocorrência de chuvas intensas na BHRUP. Nesse período crítico, de outubro a março, chove 90,74% do total anual. Com base nos resultados verificaram que em quatro localidades há valores elevados de erosividade: Fazenda Cachoeira, no município de Santa Filomena com 51.955,2 MJ mm ha^{-1} h^{-1}; Santa Filomena com 41.244,6 MJ mm ha^{-1} h^{-1}; Fazenda Paus, em Monte Alegre do Piauí com 37.322,6 MJ mm ha^{-1} h^{-1} e Fazenda Melancia, em Gilbués com 34.923,4 MJ mm ha^{-1} h^{-1}. Já o município de Colônia do Gurguéia com 19.608,5 MJ mm ha^{-1} h^{-1} é o local com menor risco de erosividade. Em outros 42 municípios os índices de erosividade são de moderados a fortes.

Medeiros et al. (2015) utilizaram dados de precipitação mensal e anual e dados de temperatura estimados pelo Software Estima T, para o período de 1912-2014. Com os dados obtidos elaboraram cenário otimista e cenário pessimista e aplicaram o método do balanço hídrico com o valor de referência de 100 mm para as seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba, efetuando o cálculo da erosividade. Os índices de evapotranspiração evidenciaram aumentos em todas as regiões, em três cenários. Os índices de evaporação mantiveram-se em reduções nos dois cenários (B2 e A2). As deficiências e os excedentes hídricos sofreram oscilações de altos e baixos valores para todos os cenários. Foram verificadas reduções da erosividade em todas as regiões de estudo. O fator R foi de 43.776,3 MJ $mm.ha^{-1}ano^{-1}$, no Litoral; 25.135,1 MJ $mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, no Agreste; 30.675,9 MJ $mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, no Brejo;

voltar ao
SUMÁRIO

17.361,8 MJ $mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, Cariri/Curimataú; 24.140,5 MJ $mm.ha^{-1}.ano^{-1}$, Sertão e Alto Sertão 27.326,9 MJ $mm.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Em relação ao clima, foi adotado o valor de erosividade estabelecido para a área, de acordo com Aquino et al. (2012), que ponderou a quantidade, intensidade e duração das precipitações.

A geologia é uma componente menos relevante do que o tipo de solo de acordo com Fushitaet al. (2011), por estar abaixo destes e não sofrer o impacto direto da precipitação e do deflúvio superficial, além de ser material menos intemperizado e mais coeso. O clima, por sua vez, é pouco influente, porquanto mesmo com elevada erosividade foram formados solos espessos, que denotam estabilidade natural entre a morfogênese e a pedogênese.

A economia da Zona da Mata é composta principalmente pela plantação de cana-de-açúcar, existindo na região engenhos e usinas. Ultimamente a região vem se destacando devido ao crescimento no número de indústrias alimentícias e automotivas, instaladas desde 2010. Os municípios de maior importância são Vitória de Santo Antão, Palmares, Carpinae Escada.

O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade do índice de umidade e aridez, através de análises estatísticas, para as cidades que compõem a Zona da Mata pernambucana, com o intuito de gerar subsidios as empresas estabelecidas na área para o melhoramento dos solos com susceptibilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Zona da Mata Pernambucana é composta por 43 municípios, tendo área de 8.738 km^2, equivalendo a 8,9% do território pernambucano, limitando-se ao norte com a Paraíba, ao sul com Alagoas, ao leste com a Região Metropolitana do Recifee ao oeste com o Agreste. Possui população estimada em 1.193.661 habitantes (IBGE, 2013). Até bem pouco tempo, a maior parte desta área era referida como "região canavieira". É uma das regiões de maior potencial econômico do Nordeste, pelos recursos naturais disponíveis (água, solo, etc.), pelas vantagens locacionais em torno da Região Metropolitana do Recife, com razoável

voltar ao
SUMÁRIO

infraestrutura econômica (estradas, portos marítimos, aeroportos) e abundante contingente de mão-de-obra. Nessa região concentra-se a monocultura canavieira, com área de aproximadamente 450 mil hectares e chegou a empregar em épocas de safra, mais de 200 mil pessoas (Figura 1).

Figura 1. Representação geográfica da Zona da Mata. **Fonte:** Medeiros (2018)

A mesorregião estudada é cortada pelos rios mais importantes do estado, como o Rio Capibaribe, o Rio Ipojucae o Rio Ipanema, além de rios de menor extensão como o Rio Siriji. A vegetação é composta por Mata Atlântica, que incluem árvores de médio e grande porte e gramíneas, com uma rica fauna.

Os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (Hastenrathet al., 1977), as Frentes Frias (Aragão, 1976; Kousky, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (Yamazaki et al., 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (Aragão, 1976; Kousky et al., 1981). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o estado da Paraíba está inserido. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12ºN, em agosto-setembro, para posições mais ao sul e, aproximadamente 4ºS, em março-abril (Uvo, 1989).

Na análise do comportamento climático foram utilizados dados de precipitação médias climatológicas, do banco de dados coletado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Agência de tempo e clima do estado de Pernambuco (APAC). A estimativa da temperatura média do ar foi feita pelo software denominado “Estima_T” (Cavalcanti et al., 1994,2006), desenvolvido pelo Núcleo de Meteorologia Aplicada da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para estimativa das séries de temperatura média mensal do ar de alguns postos meteorológicos devido à ausência de dados.

voltar ao
SUMÁRIO

3. CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)

A estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima, expresso em mm/mês. Define-se a evapotranspiração potencial da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1953).

$$(\mathrm{ETP})\mathrm{j} = \mathrm{Fj} \,.\, \mathrm{Ej}$$

Onde:

Ej representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada resumida da seguinte forma:

$$Ej = 0{,}553 \,(\frac{10.Tj}{I})^{a}$$

Em que:

T j Representa a temperatura média mensal do ar do mês (°C);

I é o índice anual de calor definido através de:

$$\mathrm{I} = \sum_{j=1}^{12} ij$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij = (\frac{Tj}{5})^{1{,}514}$$

Por fim, o expoente "a" é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6{,}75x10^{-7} - 7{,}71x10^{-5}I^{2} + 1{,}79x10^{-2}\,I + 0{,}49$$

voltar ao
SUMÁRIO

O fator de correção é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, Dj= 31; em fevereiro Dj=28; etc.) e da insolação máxima do dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj.Nj}{12}$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15}\right)[\text{arc.cos}(-tag\emptyset.tag\delta)]$$

Onde:

Ø Latitude do local;

δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23{,}45^0 sen[360(284 + \text{d})/365]$$

Em que, "d" é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5 °C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5 °C, Thornthwaite e Mather (1948, 1953) assumiram que Ej independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

4. CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais. Contabiliza a precipitação perante evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD). O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1955). O balanço hídrico foi realizado apenas com dados de precipitação média e temperatura média mensal do ar e um valor correspondente à capacidade de água disponível (CAD) utilizando o valor de 100 mm. A estrutura do cálculo do balanço hídrico foi desenvolvida em

planilhas eletrônicas por Medeiros (2014).

5. ÍNDICE DE ARIDEZ

O Índice de Aridez representa o quanto uma região é árida. Para um estudo da intensificação ou não deste índice, é preciso que se faça uma análise temporal do comportamento do mesmo. Este índice é um conjunto entre o índice de aridez e de umidade. Um decréscimo deste índice resulta num aumento do índice de aridez; um aumento deste índice resulta num aumento do índice de umidade. O Índice de Aridez caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial (necessidade). É definido em função da deficiência e evapotranspiração potencial (ambas anuais).

O índice de aridez (IA) foi calculado usando a fórmula proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP – United NationEnvironmentProgram, UNEP, 1992), que tem sido utilizado para classificação de terras susceptíveis aos processos de desertificação, cuja equação é dada por:

$$\mathrm{IA} = \frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{ETP}}$$

Onde:

Pr é a precipitação média anual (mm ano^{-1}) e

ETP é evapotranspiração potencial média anual (mm ano^{-1}).

Dessa forma o índice de aridez (IA) foi calculado para 43 municípios em estudo. A partir dos dados de temperatura do ar foi calculada a ETP média mensal pelo método de Thornthwaite (1948, 1953) onde se utilizou planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2014). A classificação climática de uma determinada localidade, de acordo com os valores do IA, é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação climática conforme valores do índice de aridez (IA).

Tipos de Clima	Índice de aridez (IA)

voltar ao
SUMÁRIO

Hiperárido	IA ≤ 0,03
Arido	0,03 < IA ≤ 0,2
Semiárido	0,2 < IA ≤ 0,5
Subúmidoseco	0,5 < IA ≤ 0,65
Subúmido	0,65 < IA ≤ 1,0
Umido	IA > 1,0

Fonte: Medeiros (2018).

O grau da desertificação está associado à susceptibilidade de acordo com o índice IA (Tabela 2), acrescentado do rigor do período de estiagens, pressão demográfica e tipo de uso dos recursos naturais, e ainda nível de desenvolvimento do país e qualidade de medidas preventivas (FAO, 2000). Conhecendo-se as séries históricas meteorológicas de precipitação e de temperatura média do e do IA, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para seu o uso. Podem também ser destacados os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos (Souza et al., 2014).

Tabela 2. Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez, adaptada da metodologia de Matallo Júnior (1998).

Nível de susceptibilidade à desertificação	Índice de Aridez
Moderada (M)	De 0,51 até0,65
Alta (AL)	De 0,21 até 0,50
Muitoalta (MA)	De 0,05 até0,20

Fonte: Medeiros (2018)

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a classificação de Köppen, a microrregião da zona da região possui o clima do tipo AS e AM. Esta classificação está de acordo com Alvares et al. (2014) (Tabela 1). Dois níveis de susceptibilidade foram registrados, sendo alta e muito alta. Na classificação climática ocorrem os climas semiárido e árido.

Com o IA calculado pôde-se classificar o nível de susceptibilidade à desertificação, adaptado da classificação (Tabela 3) em conformidade ao Plano Nacional de Combate à Desertificação, conforme Matallo (1998).

Tabela 3. Relação municipal, coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude), classificação climática, Índice de Aridez, Nível de Susceptibilidade e classificação climática para a microrregião da Zona da Mata.

Municípios	Latitude ° ‘S	Longitude ° ‘w	Altitude (m)	Classificação Köppen	Índices Aridez	Nível de Susceptibilidade	lassificaçãocli mática

voltar ao
SUMÁRIO

ÁguaPreta	8 70	35 55	132	AM	0,196	Muito alto	Árido
Aliança	7 60	35 23	94	AS	0,284	Alta	Semiárido
Amaraji	8 37	35 44	386	AM	0,190	Muito alto	Árido
Barreiros	8 82	35 19	70	AM	0,170	Muito alto	Árido
Belém Maria	8 62	35 84	323	AS	0,281	Alta	Semiárido
Buenos Aires	7 72	35 32	166	AS	0,290	Alta	Semiárido
Camutanga	7 40	35 27	213	AS	0,315	Alta	Semiárido
Carpina	7 85	35 24	134	AS	0,309	Alta	Semiárido
Catende	8 66	35 70	256	AS	0,245	Alta	Semiárido
Chã Grande	7 72	35 23	466	AS	0,259	Alta	Semiárido
Condado	7 58	35 09	79	AS	0,256	Alta	Semiárido
Cortês	8 50	35 51	409	AM	0,176	Muito alto	Árido
Escada	8 36	35 23	145	AM	0,216	Alta	Semiárido
Ferreiros	7 95	35 23	98	AS	0,315	Alta	Semiárido
Gameleira	8 55	35 36	127	AM	0,198	Muito alto	Árido
GlóriaGoitá	8 00	35 31	186	AS	0,327	Alta	Semiárido
Itambé	7 40	35 17	100	AS	0,268	Alta	Semiárido
Itaquitinga	7 65	35 10	97	AS	0,245	Alta	Semiárido
Jaqueira	8 73	35 79	302	AS	0,241	Alta	Semiárido
JoaquimNabuco	8 64	35 41	236	AM	0,200	Muito alto	Árido
LagoaCarro	7 84	35 31	127	AS	0,323	Alta	Semiárido
LagoaItaenga	7 91	35 28	139	AS	0,317	Alta	Semiárido
Macaparana	7 55	35 44	460	AS	0,264	Alta	Semiárido
Maraial	8 80	35 83	305	AS	0,207	Muito alto	Semiárido
Nazaré Mata	7 74	35 22	91	AS	0,295	Alta	Semiárido
Palmares	8 68	35 57	196	AS	0,227	Alta	Semiárido
Paudalho	7 91	35 16	116	AS	0,296	Alta	Semiárido
Pombos	8 13	35 39	341	AS	0,259	Alta	Semiárido
Primavera	834	35 34	367	AS	0,193	Muito alto	Árido
Quipapá	8 82	36 01	555	AS	0,277	Alta	Semiárido
Ribeirão	8 50	35 37	151	AM	0,211	Muito alto	Semiárido
Rio Formoso	8 66	35 15	86	AM	0,178	Muito alto	Árido
S. J. Coroa Grande	8 83	35 15	47	AM	0,177	Muito alto	Árido
São BeneditoSul	8 67	35 94	460	AS	0,235	Alta	Semiárido
Sirinhaém	8 61	35 11	60	AM	0,188	Muito alto	Árido
Tamandaré	7 90	36 03	66	AM	0,181	Muito alto	Árido
Timbaúba	8 01	36 05	216	AS	0,299	Alta	Semiárido
Tracunhaém	7 75	40 27	112	AS	0,281	Alta	Semiárido
Vicência	8 12	35 28	176	AS	0,283	Alta	Semiárido
Vitória S.Antão	8 83	35 63	253	AS	0,254	Alta	Semiárido
Xexéu	8 83	35 63	167	AS	0,251	Alta	Semiárido

Fonte: Medeiros (2018)

Medeiros (2014) demonstrou que a variação espacial das variáveis meteorológicas, Deficiência Hídrica (DEF), Excedente hídrico (EXC), Índices de Aridez (Ia), Índices de Umidade (Iu) e Índices Hídricos (Ih) em função da capacidade de água disponível (CADs) nos níveis de 75, 100, 125 e 150 mm, obtidas através do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1948, 1953) no Estado do Piauí, Brasil. Através dessa análise foi verificado que ocorreram pequenas oscilações nestas variáveis em função das CAD's estudadas, comprovados pela variabilidade espaço temporal dos índices

voltar ao
SUMÁRIO

pluviométricos, juntamente com a alta oscilação da evapotranspiração potencial. Este trabalho corrobora com o estudo atual.

7. CONCLUSÃO

Áreas identificadas com susceptibilidade à desertificação em razão do índice de aridez menor podem não se localizar em estado de degradação, e áreas que apresentam um maior índice de aridez e não são colocadas como processos susceptíveis, podem se encontrar degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variabilidade poderá vir a ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente.

Foram encontrados os níveis de susceptibilidade à desertificação alta e muito alta, com ênfase para a microrregião da Zona da Mata. Nota-se que este índice não exerce grande influência na determinação da ocorrência de áreas desertificadas para a área de estudo, levando-se em consideração os valores de temperatura e precipitação, podendo ser a ação antrópica um dos fatores importantes na desertificação.

Com a expansão do período do PROÁLCOOL, com o uso cada vez maior dos produtos químicos, com a destruição das florestas e matas ciliares nota-se o assoreamento dos rios que consequentemente provocam grandes enchentes e inundações em épocas de chuvas.

8. REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeitschrift** 22, 711–728. 2014.

APAC. Agência de tempo e clima do Estado do Pernambuco 2017.

AQUINO, R.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; CURI, N.; MELLO, C.R.; AVANZI, J.C. Spatial variability of the rainfall erosivity in southern region of Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**. 36, 533-542. 2012.

ARAGÃO, J.O.R. **Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 51p. 1976.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 2 e. São Paulo: **Ícone**, 2012. 355p

voltar ao
SUMÁRIO

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade e Características Hidrológicas das Chuvas de Rio Grande. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 235-244, 2010.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10 (1) p.140-147. 2006.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, **Anais.**..Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157. 1994.

IBGE. Estimativa Populacional 2013. **Censo Populacional 2013**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Outubro de 2013.

FUSHITA, A.T.; CAMARGO-BORTOLIN, L.H.G.; ARANTES, E.M.; MOREIRA, M.A.A.; CANÇADO, C.J.; LORANDI, R. Fragilidade ambiental associada ao risco potencial de erosão de uma área da região geoeconômica médio Mogi Guaçu superior (SP). **RevistaBrasileira de Cartografia**. 63, 609-618. 2011.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil.Quarterly **Journal Royal Meteorological So**ciety, 103, p.77-92. 1977.

KOUSKY, V.E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, 107, p.1140-1153. 1979
.
KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclones vortices in the tropical south atlantic. **Tellus,** 33, p.538-551. 1981.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. **Justus Perthes**. n.p. 1928.

MATALLO JUNIOR., H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C.S. e MATALLO JR, H. (Org). Desertificação. Brasília: **UNESCO**, 2003.

MEDEIROS,R.M.; KOSMINSKY,M.; SILVA, V.P.; HOLANDA,R.M.Estimativa da erosão pluvial na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – Piauí, Brasil. **REVISTA BRASILEIRA DE AGROTECNOLOGIA** (BRASIL) ISSN: 2317-3114 v. 7, n. 3, 2017.

MEDEIROS, R.M.; SANTOS, D. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 08. N. 03. 327-340. 2015.

MEDEIROS, R.M. **Elaboração de programa computacional** em planilhas eletrônicas do Balanço hídrico. 2014.

voltar ao
SUMÁRIO

MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. p.145. 2014. **Edição Avulsa.**

MEDEIROS, R.M.Caracterização de mudanças climáticas por meio de séries meteorológicas para o município de Teresina/Piauí. **Revista Pernambucana de Tecnologia**. , v.2, p.6 - 17, 2014.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M. Práticas mecânicas de conservação do solo e da água, 3 ed. **Editora UFV,** Viçosa. 2013.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semiárida. *In:***Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 26, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. CD-ROOM. 1997.

SCHENKEL, C.S.; MATALLO JÚNIOR, H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2001.

SOUZA, S.O.; CÔRREA, W.; FILETI, R.; VALE, C.C. Balanço Hídrico da Bacia do Rio Caravelas (BA) como Subsídio ao Planejamento Agrícola. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Vol. 7, No 1. 2014.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. (**SériePluviometria, 2**). Recife. 1990.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate.**Geography Review**, v. 38, p.55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.The water balance: **publications in climatology**. New. 1955.

UVO, C.R.B. A **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro**. Dissertação de mestrado. INPE, São José dos Campos. 1989.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V.B. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 55, p.205-207. 1977.

.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 40
INDICADORES DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E RESILIENCIA EM SITIOS URBANOS PATRIMONIAIS

INDICATORS OF CLIMATE CHANGE AND RESILIENCE IN URBAN HERITAGE SITES

Elise Eugenia da Cruz Dias[1*] Josimar Vieira dos Reis[2**], Jadson Freire da Silva[3***], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva [4***], Thomas Henrique de Holanda [5*]

**Departamento de Ciências Geográficas, Graduando(a) em Geografia, UFPE, Brasil.*
***Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Doutorando em Desenvolvimento Urbano, UFPE, Brasil.*
****Departamento de Ciências Geográficas, Doutorando(a) em Desenvolvimento em Meio Ambiente, UFPE, Brasil.*

RESUMO
Este trabalho versa sobre a questão da proteção dos sítios patrimoniais urbanos brasileiros diante das mudanças climáticas globais, com um foco especial na resiliência desses sítios em face aos desastres causados por eventos climáticos extremos. Está, portanto, na interseção entre os estudos sobre gestão do patrimônio cultural construído, notadamente cidades listadas como Patrimônio Cultural da Humanidade e os estudos sobre as relações entre mudanças climáticas e planejamento urbano.

Palavras-Chaves: Clima, Patrimônio Histórico, Gestão Urbana.

ABSTRACT
This paper deals with the issue of Brazilian urban heritage sites in the face of global climate change, with a special focus on the resilience of these sites in the face of disasters caused by extreme climatic events. It is, therefore, at the intersection between studies on the management of built cultural heritage, notably cities listed as Cultural Heritage of Humanity and studies on the relationships between climate change and urban planning.

Keywords: Climate, Historical Heritage, Urban management.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos sobre mudanças climáticas e cidades poderiam ser organizados em três grandes grupos: (i) o primeiro se compõe daqueles que enfocam as contribuições que as áreas urbanas fazem para o aquecimento global, principalmente em termos de emissão dos Gases Efeito Estufa (GEE), e suas formas de mitigação; (ii) o segundo grupo está ligado ao estudo das vulnerabilidade das cidades aos efeitos adversos das mudanças do clima e às suas formas de redução; (iii) o terceiro, e mais recente, está relacionado à resiliência das cidades, introduzindo esse conceito que cobre tanto o aspecto do enfrentamento dos desastres climáticos como o da sua superação. Mais especificamente, discute-se a necessidade e a urgência de se desenvolverem formas para que os sítios patrimoniais urbanos, particularmente aqueles designados como Patrimônio Cultural da Humanidade (PCH), possam se adaptar aos novos cenários climáticos, principalmente em termos de gestão dos riscos de desastres.

Do ponto de vista do planejamento e da gestão de cidades, a primeira questão que se coloca diante das novas condições climáticas é a *transescalaridade*, ou seja, a dificuldade de se delinear, com um grau de precisão suficiente, os cenários climáticos fornecidos pelos estudos climatológicos numa escala compatível com aquelas utilizadas nos estudos urbanos ou mesmo regionais. Tanto do ponto de vista espacial como temporal.

O caso brasileiro traz um acirramento dessa dificuldade, uma vez que, a partir da década de 1990 do século XX, o horizonte temporal e a escala de abordagem do planejamento e dos estudos urbanos em geral tenderam a diminuir, tornando-os cada vez mais localizados e de curto prazo. Para isso, muito contribuíram os Grandes Projetos Urbanos (GPU), como operações urbanas e intervenções de reabilitação dos centros históricos, no âmbito do Planejamento Estratégico de Cidades. Esses são projetos com proposições e ações voltadas para a reestruturação e adequação do espaço para os fluxos e realização do capital. A maioria inclui processos denominados como requalificação, revitalização e reabilitação e, muito frequentemente, estão associados à realização de grandes eventos esportivos, culturais, comerciais ou religiosos (MOURA, 2011).

Essa forma de pensar a cidade e de projetar as intervenções urbanas é ainda emblemática no início do século XXI no Brasil, mas, a partir do final da década de 2010, já se

voltar ao
SUMÁRIO

pode observar uma alentadora retomada do planejamento urbano de médio e longo prazos e de algumas iniciativas de se abordar a cidade levando-se em consideração as regiões e ecossistemas onde elas estão localizadas. Exemplos dessa tendência são os trabalhos relativos às áreas periurbanas e perimetropolitanas. Pode-se verificar uma mudança no discurso técnico e científico da área de planejamento urbano, apontando para a necessidade de horizontes temporais e recortes geográficos mais alargados. Nesse período, em paralelo, climatologistas vêm buscando fornecer informações mais precisas e localizadas, numa escala que tenda a convergir para as necessidades do planejamento e da gestão urbana e regional.

Neste sentido, busca-se delinear o que deverá ocorrer em termos de alterações climáticas nas várias regiões do mundo e quais as tendências relativas a desastres climáticos, principalmente àqueles que mais problemas trazem para a gestão de áreas urbanas em geral e para o patrimônio cultural construído em particular. Discute-se aí a segunda questão colocada no esforço de adequação do planejamento urbano e do gerenciamento de cidades e sítios históricos aos novos desafios trazidos pelas mudanças climáticas: o grau de incerteza que ainda envolve os resultados dos estudos sobre o clima global e as mudanças previstas para diferentes partes do planeta. Mais uma vez, o caso brasileiro é emblemático, inclusive devido às dimensões do seu território, que cobre diferentes regiões climáticas.

Este trabalho já toma um caráter mais aproximado do planejamento e da gestão do patrimônio cultural construído, uma vez que se volta para a necessidade de se avaliar as condições de resiliência dos sítios patrimoniais urbanos para a construção de estratégias para seu fortalecimento, a partir de iniciativas públicas e privadas. Sendo assim, a questão da necessidade de se avaliar a situação de cada sítio para que se possa planejar as ações e estratégias para o fortalecimento da sua resiliência. Embora a necessidade de *benchmarking* seja evidente, diversos problemas metodológicos se colocam para a construção de ferramentas de planejamento que permitam uma adequada avaliação de cada caso, com suas especificidades, discutindo-se de modo particular o contexto do Patrimônio Cultural da Humanidade (PCH) e as características que uma ferramenta desse tipo precisa ter, no contexto brasileiro.

E possível o uso de indicadores para avaliar a resiliência e enfatiza as vantagens de organizá-los em sistemas, com essa finalidade. São discutidas, também, as vantagens e

voltar ao
SUMÁRIO

dificuldades relativas às avaliações sistemáticas por gestões locais e à construção de sistemas de indicadores. Contextualiza essa discussão no âmbito do patrimônio cultural urbano construído, em geral, e no caso brasileiro, em particular.

Para a efetiva proteção do nosso patrimônio cultural construído urbano em relação a desastres, notadamente àqueles causados pelo acirramento das condições climáticas: uma estrutura analítica para a avaliação da resiliência de sítios urbanos patrimoniais brasileiros. Apresenta-se o Quadro de Agrupamento e Análise (QAA), uma ferramenta de planejamento que operacionaliza a estrutura analítica proposta para a análise e avaliação da resiliência em sítios urbanos, inclusive abrindo o caminho para a construção de um Índice de Resiliência Patrimonial (IRP), indicador da maior relevância para a conservação do patrimônio, inclusive daquele designado como Patrimônio Cultural da Humanidade, no Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho pode ser categorizado como uma pesquisa exploratório-descritiva, tratando-se de um estudo que visa analisar e descrever sobre a situação as variações climáticas e a resiliência em sítios urbanos patrimoniais. Para isto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, com a finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno. Baseado em material já publicado, constituído principalmente de artigos de periódicos científicos, documentos, livros, trabalhos de conclusão de curso, material disponibilizado na Internet (VASCONCELOS, 2005). Utilizaram-se as bases eletrônicas, Scientific Eletronic Library Online (SCIELO), Ministério do Meio Ambiente – MMA. A busca manual foi realizada nas bibliotecas da Universidade Federal de Pernambuco e Universidade de Pernambuco.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O termo indicador é largamente utilizado e de fácil compreensão na língua portuguesa, por sua etimologia. Significa algo que indica, mostra, sinaliza a presença. Tecnicamente, seu conceito não é tão simples. A terminologia associada a eles é bastante confusa, como ressalta

voltar ao
SUMÁRIO

Van Bellen (2005), mas, de forma geral, pode-se afirmar que indicadores são dados estatísticos que dão algum tipo de medida a um fenômeno particular em que se está interessado (WONG, 2006). Outros autores enfatizam o fato de que indicadores são modelos, arquétipos da realidade, definindo-os como representações numéricas ou relações matemáticas que descrevem determinados aspectos, características ou atributos de um processo ou de um fenômeno da realidade que não é diretamente observável (CARLEY, 1985; GALLOPIN, 1996).

A partir dessas definições, deve-se ressaltar a diferença entre indicadores e dados primários, que, no senso comum, geralmente também são chamados de indicadores. Dados primários são medidas ou valores associados aos indicadores, em um determinado tempo ou local. São estatísticas sobre uma qualidade, característica ou propriedade do sistema observado (GALLOPIN, 1996). Já os indicadores são geralmente expressos como relações entre variáveis (taxas, proporções, médias, índices, etc.), portanto têm significado contextual.

Ainda segundo Gallopin (1996), os indicadores são úteis na medida em que resumem e simplificam informações relevantes, fazendo com que os fenômenos reais se tornem mais aparentes, legíveis, identificáveis. Essa clareza é necessária quando se trata da avaliação da resiliência de um lugar porque as ações dela decorrentes - seja em termos de redução das vulnerabilidades, seja em relação à elevação da capacidade adaptativa - precisam ser bem quantificadas, mensuradas e comunicadas à população interessada.

O monitoramento de um fenômeno baseado em indicadores agrega e quantifica informações, deixando mais fácil a interpretação do que está ocorrendo ao longo do tempo, por isso permitem que se percebam problemas antes que eles ocorram e ajudam a identificar as ações que devem ser desenvolvidas para superar esses problemas. A antecipação de situações é questão central para a gestão do risco de desastres, em geral, e proteção do PCH, em particular. Daí a recomendação de se proceder à avaliação da resiliência desses lugares utilizando-se metodologias baseadas no uso de indicadores, monitorados e avaliados regularmente.

Indicadores podem ser usados para um grande número de objetivos, mas Tunstall (1994 apud VAN BELLEN, 2005, p. 43) resume as principais funções dos indicadores como:

voltar ao
SUMÁRIO

(i) Avaliar condições presentes e tendências; (ii) Comparar lugares e situações; (iii) Avaliar condições relativas a metas e objetivos; (iv) Prover informações e advertências;(v) Antecipar futuras condições e tendências. Wong (2006) sugere quatro etapas para a elaboração de sistema de indicadores, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas do sistema de indicadores.

(i) Consolidação Conceitual – em que se busca esclarecer o conceito básico a ser representado pela análise. Normalmente apresentando e discutindo diferentes conceituações, suas convergências e divergências, sobreposições e lacunas e diferenciações entre o conceito central e outros com ele relacionados.
(ii) Estruturação Analítica – seu objetivo é construir uma estrutura de análise que embasará a definição dos indicadores e sua avaliação. Essa estrutura analítica é resultado da discussão e consolidação conceitual levada a cabo na etapa anterior, portanto deve refletir as relações entre os vários conceitos discutidos. A arquitetura dessa estrutura é fundamental para que as demais etapas do processo não levem a vieses e desvios.
(iii) Identificação e Seleção dos Indicadores – trata-se da tradução dos componentes da estrutura analítica, identificados na segunda etapa, em indicadores mensuráveis e específicos. Nessa etapa, faz-se a passagem do mundo das ideias, dos conceitos, para o mundo empírico. Aos componentes da estrutura analítica devem ser associados indicadores mensuráveis, medidas dos aspectos reais da manifestação do fenômeno analisado.
(iv) Síntese dos Valores dos Indicadores - o objetivo desta etapa é sintetizar os indicadores identificados em um único indicador composto (índice) ou em um sumário analítico do seu conjunto.

Fonte: elaborado a partir de Wong (2006)

Daí a recomendação do seu uso para a avaliação do nível de resiliência de um lugar. Mas, outras capacidades fortalecem essa recomendação, principalmente aquela de simplificar fenômenos complexos e facilitar a sua compreensão, tornando-os muito relevantes para a tomada de decisão dos gestores. Essa capacidade de simplificação também é importante para a comunicação de uma situação de interesse para cidadãos comuns. Por isso, o uso de indicadores facilita o envolvimento das comunidades nas atividades de monitoramento e avaliação de ações desenvolvidas nos seus territórios, característica que os tornou indispensáveis em gestões participativas. Para isso, na sua construção, deve-se atentar para a adequação à dinâmica de cada contexto gerencial e ter em vista a sua utilização como meio de comunicação das condições do lugar, inclusive como forma de comparação com outros sítios similares.

4. CONCLUSÃO

voltar ao
SUMÁRIO

Diante dos novos cenários climáticos, conhecer o nível de resiliência de um lugar em relação a desastres é essencial para o seu planejamento e sua gestão. Adaptar-se ao clima é, na atualidade, um dos objetivos do planejamento urbano, mas em se tratando de sítios patrimoniais, essa essencialidade é ainda mais clara. Procede daí a crescente importância dada a esse tema pelos organismos envolvidos com a proteção do patrimônio cultural, com inúmeros documentos recomendando estudos sobre a questão da resiliência.

Alguns cuidados, porém, precisam existir no processo de avaliação da resiliência de um sítio patrimonial urbano. O primeiro refere-se à adequação das ferramentas de avaliação ao contexto específico onde será utilizado. Normalmente, esse contexto é a estrutura de gestão local, que em pequenos municípios brasileiros pode ser bastante frágil. Portanto, recomenda-se que esses instrumentos sejam os mais simples, flexíveis e adaptáveis às especificidades do lugar, para que cumpram seus objetivos.

Por fim, a construção da resiliência se tornou uma estratégia central para a conservação dos sítios patrimoniais urbanos no Séc. XXI. Ainda há, entretanto, grandes lacunas no conhecimento dos atributos, fatores e recursos de resiliência, assim como das formas de avaliá-los e fortalecê-los, demandando novos estudos e pesquisas nesse campo. Essa temática deverá ganhar importância cada vez maior para o planejamento e gestão das cidades e para a proteção do patrimônio cultural, no contexto das mudanças climáticas.

5. REFERÊNCIAS

CARLEY, M. **Social Measurement and Social Indicators:** Issues of Policy and Theory. Londres: George Allen & Unwin, 1985.

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modelling & Assessment**, v. 1, p. 101-117, 1996.

MOURA, R. Grandes projetos urbanos e planejamento territorial. **Boletim Campineiro de Geografia,** v.1, n.1, p. 7-31, 2011.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VASCONCELLOS, C.S. **Avaliação concepção dialética** – libertadora do processo de

voltar ao
SUMÁRIO

avaliação escolar. São Paulo: Libertad, 2005.

WONG, C. **Indicators for urban and regional planning**: The interplay of policy and methods. Londres: Routledge, 2006.

CAPÍTULO 41
INFLUÊNCIA DO PLANALTO DA BORBOREMA NO REGIME PLUVIOMÉTRICO NO AGRESTE PERNAMBUCANO

INFLUENCE OF BORBOREMA PLANTATION IN PLUVIOMETRIC REGIME IN AGRESTE PERNAMBUCANO

Mariana Caroline Gomes de Lima *, Aurea Nascimento de Siqueira Mesquita*, Any Graziella de Sena*, Carlos Eduardo Santos de Lima**, Jadson Freire da Silva ***

**Departamento de Ciências Geográficas, Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
***Departamento de Ciências Geográficas, Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
****Departamento de Ciências Geográficas, Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*

RESUMO
A precipitação é definida em hidrologia como toda água proveniente do vapor de água atmosférico que atinge a superfície terrestre. O semiárido Pernambucano é caracterizado geomorfologicamente pela presença de um Planalto, denominado de Planalto da Borborema que contribui para caracterizar o clima local. O estudo objetivou analisar a distribuição da precipitação e como a geomorfologia da região influencia no regime pluviométrico e suas interações com os sistemas atmosféricos. O estudo foi conduzido em Caruaru, mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do estado de Pernambuco. Os dados pluviométricos foram disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), para os anos de 1985 à 30 de novembro de 2017 em que foi obtido a climatologia e a descrição dos dados foi realizada através da técnica do Box plot em que o valor máximo (Vmax), valor mínimo (Vmin), mediana e os quartis foram analisados. Verificou-se a variabilidade anual das precipitações do qual as médias anuais foram relativamente baixas, atingindo 659,4 mm, enquanto que o menor valor precipitado é encontrado para o mês de dezembro com 0,2 mm e novembro com 1,1 mm enquanto que os valores máximos são encontrados para os meses de junho e maio.

Palavras-Chaves: Precipitação, Geomorfologia, Variabilidade.

ABSTRACT
Precipitation is defined in hydrology as all water coming from the atmospheric water vapor that reaches the earth's surface. The semi-arid Pernambucano is characterized geomorphologically by the presence of a Plateau, called the Plateau of Borborema that contributes to characterize the local climate. The study aimed to analyze the precipitation distribution and how the geomorphology of the region influences the rainfall regime and its interactions with atmospheric systems. The study was conducted in Caruaru, Agreste mesoregion and in the Vale do Ipojuca microregion in the state of Pernambuco. The pluviometric data were made available by the Pernambucan Water and Climate Agency (APAC) for the years 1985 to November 30, 2017 in which the climatology was obtained and the data description was performed through the Box plot technique in which the value maximum (Vmax), minimum value (Vmin), median and quartiles were analyzed. The annual rainfall variability was observed, with annual averages relatively low, reaching 659.4 mm, while the lowest rainfall value is found for December with 0.2 mm and November with 1.1 mm. the maximum values are found for the months of June and May.

Keywords: Precipitation, Geomorphology, Variability.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta em sua estrutura uma vasta expansão territorial, com diferentes níveis de precipitação e temperatura devido a sua localização geográfica. A precipitação é definida em hidrologia como toda água proveniente do vapor de água atmosférico que atinge a superfície terrestre. Devido à sua capacidade de produzir escoamento superficial, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia (BERTONI e TUCCI, 2001).

No Nordeste, o contraste climático é evidente, apresentando uma estação chuvosa marcada com altos índices pluviométricos em um curto período de tempo e baixos índices pluviométricos, sendo característica marcante do clima semiárido (SILVA; MEDEIROS; SANTOS E FILHO,2013). Estas chuvas intensas ou com elevada duração podem causar inundações, escorregamentos e pontos de alagamentos com incidentes de pequenas ou grandes proporções e causar perdas humanas, devido a acidentes ou propagação de doenças de veiculação hídrica (SOUZA, 2012).

Segundo Villela e Mattos (1975), os fatores climáticos mais importantes no balanço hidrológico de uma região são a precipitação e a evaporação. Para Tucci (2004), estes processos físicos que controlam a distribuição e o movimento de água são melhores compreendidos se descritos como ciclo hidrológico. Nesta região, o ciclo hidrológico é resultante da influência da zona de convergência intertropical (ZCIT) e pelas ondulações decorrentes dos ventos de alísios que permeiam esta região, destacando-se a influência dos eventos El Niño e La Niña que influenciam diretamente no regime pluviométrico.

O Estado de Pernambuco é considerado uma região vulnerável aos processos climáticos e hidrológicos, sendo diretamente relacionado à ocorrência de eventos extremos do clima. De acordo com o Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), é provável que o semiárido nordestino tenha sua precipitação reduzida em até 20% até 2040, com aumento de temperatura de até 1°C. O semiárido Pernambucano é caracterizado geomorfologicamente pela presença de um Planalto, denominado de Planalto da Borborema. Este relevo apresenta um componente endógeno sobre a morfogênese do relevo. O planalto, compreende-se pelas latitudes, aproximadamente 200 metros, corresponde a diversos litotipos cristalinos brasilianos e intrusões ígneas neoproterozóicas (CORRÊA, 2010).

voltar ao
SUMÁRIO

A influência estrutural do relevo atribui em ordem e grandeza para os detalhamentos do tipo geomorfológico do Planalto, podendo estruturá-lo, através da subdivisão que evidencia a topografia estruturais, na área de estudo, compreende-se de acordo com os estudos de Twidale (1982) ao domínio das microformas zonais esculturadas em litologias graníticas e cristalofilianas. De acordo com Henderson (1993), o relevo estrutural do Planalto da Borborema compreende-se historicamente a sobrepuja das escolas geográficas e geológicas do Nordeste e da região Centro-Sul do Brasil.

Diante do exposto, fica evidente a importância de se estudar a distribuição da precipitação e como a geomorfologia da região influencia no regime pluviométrico e suas interações com os sistemas atmosféricos. Estudar a dinâmica atmosférica isoladamente é insuficiente para entender as alterações climáticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Caruaru (figura 1). Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do estado, em que os municípios limítrofes são, ao norte, com Toritama, Vertentes, Frei Miguelino e Taquaritinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caetano.

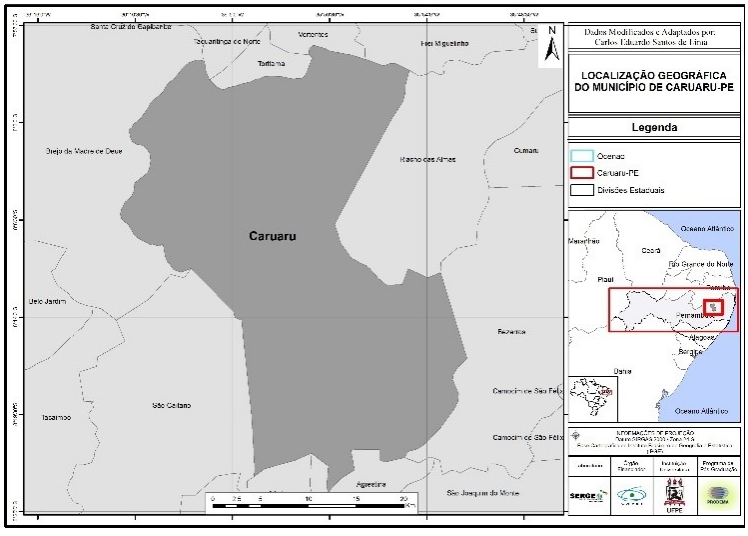


Figura 1- Localização do Município de Caruaru-PE. **Fonte:** Autores (2018).

voltar ao
SUMÁRIO

2.2 Dados de precipitação

Marcado pelas diferenças ocasionada pelo clima, evidenciada pelas precipitações orográficas oriundas decorrentes dos ventos unidos de setores E-SE e a vertente norte-ocidental, apresenta um clima semi-árido tropical, com precipitações em larga estação seca e precipitações espasmódicas de verão-outono, oriundo do efeito da sombra pluvial que resulta um domínio estrutural distinto. Os dados de precipitação foram disponibilizados pela Agência Pernambucana de Água e clima (APac) através de um pluviógrafo automático disponível em que a série de dados analisados correspondem a janeiro de 1985 a 30 de novembro de 2017.

Análise dos dados através da técnica do Box plot

A descrição dos dados foi realizada através da técnica do *Box plot* seguindo a metodologia proposta por (Vieira, 1999). Esta técnica é significante recente em que o valor máximo (Vmax), valor mínimo (Vmin), mediana e os quartis, importante na estatística descritiva foram analisadas em que:

- Vmax: Apresenta o valor de maior magnitude, ou seja, o maior valor encontrado em determinada série de dados.
- Vmin: É o menor valor encontrado na série. Permitindo a visualização em que o intervalo de medidas se encontra distribuído o conjunto de dados. Evidenciando o tamanho dos dados que serão trabalhados
- Mediana: Importante variável na análise de extensas séries de dados nas quais evidencia extremos que possam prejudicar a média, superestimando as análises. A mediana é aplicada desde que os dados sejam ordenados de forma crescente ou decrescente.
- Quartis: Dividem o conjunto de dados em quatro partes que contém, 25% dos dados da série.

Para a análise do agrupamento foi empregada a distância euclidiana utilizando o método de associação de médias proposta por Sneath & Sokal (1973) para a confecção do dendograma. Segundo Galvani (2005), os valores que se encontrarem entre o valor mínimo e

o primeiro quartil serão denominados meses secos. Entre o primeiro quartil e o terceiro quartil serão denominados de meses normais. E os valores que estiverem entre o terceiro quartil e o valor máximo serão classificados como anos úmidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados pluviométricos coletados no município de Caruaru são apresentados no gráfico 1. O total da lâmina precipitada para a série em estudo evidencia a elevada variabilidade temporal das precipitações, característica marcante do comportamento hidrológico ocorrente no agreste pernambucano. A média anual das chuvas é relativamente baixa atingindo 659,42 mm. Esta média anual quando confrontada com estudo elaborado por Silva (2015), apresentou um aumento de 135,42 mm visto que o encontrado para a mesma área pelo autor foi de 524 mm. Esta diferença precipitada é ocasionada por fatores como localização do pluviógrafo e o período da série dos dados.

Gráfico 1- Variabilidade temporal da precipitação para a região

Essa média, quando comparada para outras regiões do Estado, apresenta um valor

voltar ao
SUMÁRIO

inferior. Em análise realizada por Silva (2015) para Pombos -PE, a média anual ficou em torno de 1309,9 mm evidenciando a grande variabilidade espacial do estado de Pernambuco.

Em relação a esta característica, o gráfico 1 indica a variabilidade anual, mostrando anos em que a precipitação oscila. Observa-se que durante os anos de 1987 e 1988 ocorre um ligeiro aumento da precipitação de 156,00 mm. Para o ano de 1992 a 1993 houve um aumento de 481,4 mm enquanto que o ano de 2004 em comparação ao ano de 2003 ocorreu um aumento de 579,1 mm e para o ciclo de 2011-2012, apresentou uma diminuição drástica resultando em menos 666,3 mm para o ano em questão.

Verifica-se que durante os primeiros 12 meses a pluviosidade foi consideravelmente acima da média para o ano de 1985, ano de ocorrência do efeito climático ‘’La niña’’ de intensidade fraca, mas, representando um grande acúmulo pluviométrico para esta região, atingindo 939,7 mm, em que nos 12 meses seguintes observou-se a mesma influência atingindo 932,1 mm para o ano de 1986. Esta característica pluviométrica para o ano de 1985 é a mesma encontrada em estudo elaborado por Moura (1998) em que este efeito climático é notado e faz com o que os sistemas responsáveis pelas chuvas atuassem de forma significativa.

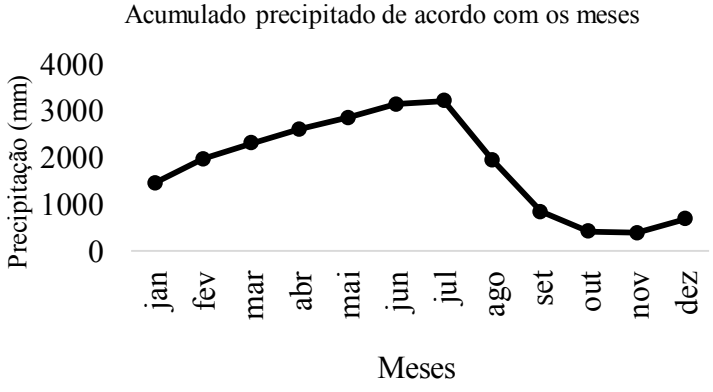
Destaca-se os anos de 1993, 1998 e 2012, anos de ‘’El niño’’ de intensidade forte, representando um total precipitado de 329,2 mm, 342,2 mm, 350,4 mm, respectivamente, representando anos com precipitação abaixo da média esperada, significando uma diminuição de 221,8 mm, 209 mm e 200,6 mm, nesta ordem. De acordo com as informações contidas no gráfico, os anos de 1993 e 1998 foram os anos que apresentaram os menores índices pluviométricos. Esta característica foi também verificada por Barbosa (2016), em que constatou também para um município do agreste pernambucano que estes anos apresentaram valores abaixo da média prevista. Estes valores abaixo da média prevista são resultantes das unidades geoambientais, incluindo principalmente o Planalto da Borborema em que sua altimetria resulta como observado, em precipitações mais baixas nesta região.

Para 1992, 1994, 2002, 2004, 2010, anos em que o total do regime pluviométrico anual, mostrou-se acima do esperado, foram anos de influência fraca, moderado e chegando até mesmo intensidade forte como ocorrente para 1992 em que se evidencia a variabilidade desta região e que o cenário pluviométrico nem sempre acompanha uma tendência. Estes

eventos de anomalias estão de acordo com Rasmusson e Carpenter (1983), Ropelewski e Halpert (1987, 1989).

No gráfico 2, observa-se que os meses de fevereiro, março, abril, maio, junho e julho são os meses mais chuvosos, representando os meses que apresentam a maior porcentagem da lâmina precipitada. Esta porcentagem é diferente a encontrada por Versyple (2015), em que classifica para o sertão Pernambucano o período chuvoso entre os meses de janeiro e maio, evidenciando que microrregiões relativamente próximas não apresentam o mesmo regime pluviométrico embora a presença de chuvas torrenciais em curto período de tempo se mantém para todas as regiões do estado.

Gráfico 2 - Distribuição das precipitações ao longo dos meses.



Esse padrão pluviométrico é também diferente ao encontrado para Minas Gerais em estudo elaborado por Vieira (2010), em que para a série de dados que compreendia ao período de 1977 a 2006 a maior concentração da precipitação foi encontrada para os meses de outubro a março. Destaca-se no gráfico o mês de julho, do qual apresentou os maiores totais de chuva, vale ressaltar que os anos em que o mês de julho apresentou a maior precipitação foram nos anos de 1988 com lâmina precipitada de 161, 4 mm, 1989; 135,9 mm, 1990; 135,7 mm, 2000; 131,8, 2011 139,4 mm e 2017; 151,9 mm. Este aumento precipitado para o mês de julho é compartilhado também por Soccol (2010), para Lages – SC, em que durante este mês ocorre um aumento considerável e como visto no presente estudo, os meses de outubro, novembro e dezembro também apresentam as precipitações mínimas.

Assim como no gráfico 2, o dendograma presente na figura 2 evidencia a grande

voltar ao
SUMÁRIO

similaridade e a ausência de similaridade entre os grupos, facilitando a visualização. Esta análise demonstra que os meses que compartilham características mais diferentes de todos os outros, ou seja, pela ausência de precipitação são os meses de setembro e dezembro. Verifica-se a formação de um segundo grupo pertencente aos meses de fevereiro e agosto e um terceiro grupo que representa os meses de março e julho que compartilham as maiores características entre eles, formando um subgrupo correspondente à junho e julho. Estes meses como visto anteriormente, são os meses que apresentam a maior lâmina precipitada e consequentemente a maior similaridade entre si. Estes dados podem ser utilizados em metodologias que visam o preenchimento de falhas apontando os meses que apresentam maior porcentagem de acerto.

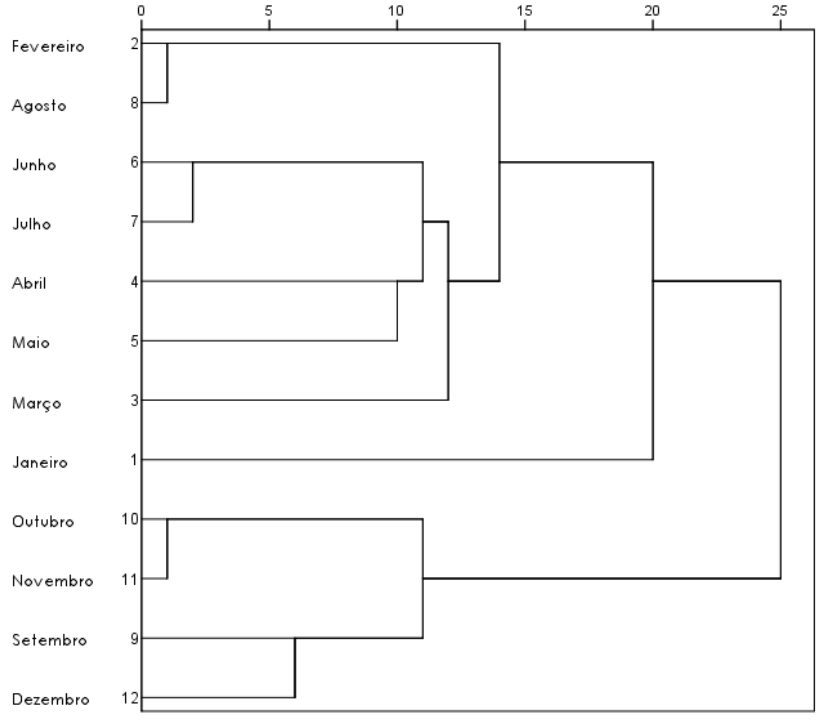


Figura 2 – Dendograma evidenciando a similaridade entre os meses. **Fonte:** Autores (2018).

Este grupamento hierárquico é responsável pela interligação entre as amostras e por suas associações, resultando neste dendograma. Através da utilização da distância euclidiana foi possível agrupa-las no espaço n-dimensional resultando em uma maneira estatisticamente mais simples. Em estudo realizado por Freire (2014) ao realizar agrupamento de solos frente à

voltar ao
SUMÁRIO

salinidade, a análise dos agrupamentos através do dendograma foi também realizada para observar as amostras que possuíam valores médios aproximados em que formaram grupos homogêneos enquanto que as variáveis que possuíam uma média diferenciada das demais, formaram grupos heterogêneos.

Observa-se na tabela 1, as estatísticas das variáveis mensais através da metodologia do *Box plot*. O número de registros, ou seja, meses analisados é de 362, na análise devido a indisponibilidade de alguns meses, ocasionado pela a falha de dados resulta em 22 meses ausentes. Em estudo elaborado por Goovaerts (2000), ressalta que a falta de registros contínuos representa uma problemática no que se diz ao conhecimento do regime pluviométrico de determinada região.

Tabela 1 – Estatística da precipitação mensal. Valores do box plot para Caruaru, PE, para o período de 1985 a 2017.

Meses	Mínimo	1oQ	Mediana	3oQ	Máximo
Janeiro	3.1	10.6	30.6	55.1	238.5
Fevereiro	1.6	16.9	52.5	84.2	202
Março	5.2	30.3	51.8	99.4	191.8
Abril	9.4	43.7	70	107.8	189.5
Maio	8.4	42.4	67.2	125.1	228.7
Junho	32.4	58.05	78.7	125.17	314.1
Julho	36.2	61	92.8	122.2	163
Agosto	19.7	35.2	58.6	72.8	132.5
Setembro	1.8	11.4	18.1	36.57	98
Outubro	0.8	3.2	9.8	16.85	52.1
Novembro	1.1	3.7	8.7	20.8	42.6
Dezembro	0.2	7.5	13.2	27.4	136.5

Fonte: Autor (2018).

Ainda na tabela 1, verifica-se a distribuição dos dados com base em alguns parâmetros descritivos em que a ocorrência do menor valor precipitado é encontrada para o mês de dezembro com 0,2 mm seguido do mês de novembro com 1,1 mm enquanto que os valores máximos são encontrados para os meses de junho e maio. Os valores interquatílicos

voltar ao
SUMÁRIO

observados na tabela é de extrema importância para a classificação dos períodos em normal, seco ou úmido de acordo com a sua posição como será observado na tabela 2.

Analisando toda a série em estudo tendo em base os intervalos do *box plot* apresentado na tabela 1, obtém-se um panorama geral de toda a série de dados (tabela 2). Nesta tabela a distribuição ao longo dos anos dos períodos normal, seco e úmido não é de forma homogênea, variando bastante entre os períodos. Do total de 362 meses observa-se que 168 (46%) padrão considerado normal, 90 (25%) considerado seco e 104 (29 %) considerado úmido.

Tabela 2 – Total de meses classificados como norma, seco e úmido para a série de dados (Autor, 2017).

	Normal	Seco	Úmido	Total
Total	168	90	104	362
(%)	46	25	29	100

Fonte: Autor (2018).

De modo geral, a média das precipitações concentradas nestes padrões está relacionada ao momento em que a lâmina precipitada fica em torno de 49,49 mm para o padrão normal, seco em 19,137 mm e úmido 108,378 mm.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que os eventos climáticos como os anos de El Niño e La Ninã exercem elevado papel na variabilidade anual das precipitações em que os valores precipitados oscilam, com aumento da lâmina precipitada e anos com diminuição drástica das precipitações, favorecendo a degradação dos recursos naturais.

Os meses de setembro a dezembro são os meses que compartilham características mais diferentes causado pela ausência de precipitação enquanto que março e julho compartilham as maiores características entre eles e junho e julho do qual, são os meses que apresentam a maior lâmina precipitada e consequentemente a maior similaridade entre si. Estes dados podem ser utilizados em metodologias que visam o preenchimento de falhas apontando os meses que apresentam maior porcentagem de acerto.

voltar ao
SUMÁRIO

De modo geral, o período correspondente ao normal representou a 46% das chuvas enquanto que 29% representou meses úmidos, evidenciando a forte influencia do relevo na climatologia local quando comparado com outros municípios que não apresentam o planalto da Borborema em sua geografia.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FACEPE e a CAPES pela disponibilidade das bolsas de Mestrado e Doutorado e à Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) pela disponibilidade dos dados de precipitação.

6. REFERÊNCIAS

BARBOSA, V. V., SOUZA, W. M., GALVÍNCIO, J. D., COSTA, V. S. O. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 2, p. 353-367, 2016.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In. TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.. p.177-242,

FREIRE, M. B., MIRANDA, M. F., OLIVEIRA, E. E., DA SILVA, L. E., PESSOA, L. G., & DE ALMEIDA, B. G. Agrupamento de solos quanto à salinidade no Perímetro Irrigado de Custódia em função do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental-Agriambi**, v. 18. 2014.

GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 228, p. 113-129, 2000.

MOURA, G. B. D. A., SOUZA, I., ARAGÃO, J., PASSAVANTE, J., LACERDA, F., RODRIGUES, R., ... & LACERDA, F. Estudo preliminar da variabilidade pluviométrica do setor leste do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998. **Anais...**, 1998.

RASMUSSON, E. M.; CARPENTER, T. H. The relationship between eastern equatorial Pacific sea temperature and rainfall over Índia and Sri Lanka. **Monthly Weather Review**, v. 111, p. 517-528, 1983.

voltar ao
SUMÁRIO

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, p. 1606-1626, 1987.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Precipitation patterns associated with high index phase of Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v. 2, p. 268-284, 1989.

SILVA, J. F. et al. Economia, agricultura e clima através de modelo digital do terreno na microrregião de Vitória de Santo Antão. **Revista Geama**, v. 1, n. 1, p. 43-58, 2015.

SILVA, J. F. et al. Diagnóstico climático e potencial agrícola da microrregião Vale do Ipojuca através da modelagem digital do terreno. **Revista Geama**, v. 1, n. 1, p. 84-98, 2016.

SNEATH, P. H. et al. **Numerical taxonomy.** The principles and practice of numerical classification. 1973.

SOCCOL, O. J.; CARDOSO, C. O.; MIQUELLUTI, D. J. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 569-574, 2010.

SOUZA, W. M.; DE AZEVEDO, P. V.; DE ARAÚJO, L. E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.

TUCCI, E.M. **Hidrologia ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2004.

VERSYPLE, N. I. et al. Microrregião Pajeú: economia, clima e desenvolvimento da agricultura através de modelo digital do terreno| Micro region Pajeú: economy, climate and development of agriculture through model digital terrain. **Revista Geama**, v. 1, n. 1, 2015.

VIEIRA, João PG et al. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental - Agriambi**, v. 14, n. 7, 2010.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil 1975.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 42
OSCILAÇÃO DA TEMPERATURA MÍNIMA DO AR E SEU COMPARATIVO COM A CLIMATOLOGIA NO MUNICÍPIO DE SERRA TALHADA – PE, BRASIL

AVERAGE OSCILLATION OF MINIMUM AIR TEMPERATURE IN SERRA TALHADA - PE, BRAZIL- EDMA

Manoel Vieira de França*, Juan Xavier Vieira Ferraz**, Raimundo Mainar de Medeiros***, Romildo Morante de Holanda****, Fernando Cartaxo Rolim Neto****.

**Professor MSc da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil.*
*** Graduando em Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil*
****Doutor pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil*
*****Professor doutor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil.*

RESUMO
A variabilidade da temperatura do ar nas duas últimas décadas tem se destacado pelas elevadas anomalias de temperatura mínima global, regional e local do ar. Objetiva-se estudar as variabilidades da temperatura mínima do período 2008-2016 e seu comparativo com o ano 2016 para o município de serra talhada visando mudanças adversas. Na metodologia utilizou-se valores climatológicos da temperatura mínima do ar estimados pelo Software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). Nesse modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é utilizada uma superfície quadrática em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude dada. As flutuações sazonais e interanual da temperatura mínimas decorrem da influência das estações do ano (variação sazonal) e da intensidade dos sistemas sinóticos atuantes, em cada ano, na época dos períodos chuvoso e seco (variação interanual). A estabilidade das temperaturas mínimas do ar mensais, anuais manteve-se acima da normalidade e podendo caracterizam tendência a possíveis mudanças climáticas.

Palavras chaves: Processos fisiológicos, Flutuações térmicas, Variações sazonais e interanual.

ABSCTRACT
The variability of air temperature in the last two decades has been highlighted by the high global, regional and local air temperature anomalies. The objective of this study is to study the variability of the minimum temperature of the period 2008-2016 and its comparison with the year 2016 for the municipality of saw cut for adverse changes. In the methodology, we used climatological values of the minimum air temperature estimated by the Software Estima_T (Cavalcanti and Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). In this empirical model of air temperature estimation a quadratic surface is used as a function of the local coordinates: longitude, latitude and altitude given. Seasonal fluctuations and minimum annual temperature fluctuations are due to the influence of the seasons (seasonal variation) and the intensity of the working synoptic systems, in each year, during the rainy and dry season (interannual variation). The stability of monthly minimum monthly air temperatures remained above normal and may characterize a tendency to possible climatic changes.

Keywords: Physiological processes, Thermal fluctuations, Seasonal and interannual variations.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A temperatura do ar expressa de maneira simples à energia contida no meio. No decorrer de um dia a energia a disposição do ambiente oscila entre dois valores extremos, ou seja, entre a temperatura mínima e a máxima. Como essa energia vai de um extremo ao outro, ela atua em processos de contínuo estímulo aos processos fisiológicos vitais nos seres vivos, tais como sobre o desenvolvimento e crescimento das espécies vegetais, como: transpiração, respiração, germinação, crescimento, floração e frutificação. Em cada estágio de desenvolvimento da planta existem faixas adequadas de temperaturas para seu perfeito desenvolvimento Costa et. al., 2011. Além do mais o ciclo diário da temperatura predomina no conforto térmico e na adequação do ser humano e animal em determinados locais.

O Nordeste do Brasil, apresenta problemas com a falta e má distribuição dos postos meteorológicos, Medeiros et al. (2005, apud Bardin et al., 2010) estimaram e espacializaram as temperaturas do ar (máxima, mínima e média) dessa região. Os coeficientes de determinação dos valores mensais e anuais de temperatura máxima, os coeficientes de determinação oscilaram de 0,85 (julho) a 0,52 (fevereiro) e, para os valores de temperatura mínima, de 0,85 (abril) a 0,64 (novembro) (Bardin et al. 2010). Para as temperaturas máximas médias mensais, a componente altitude teve significância de 5% probabilidade, exceto nos meses maio, junho e julho. Porém, a latitude e a longitude não foram significativas em todos os meses, de acordo com estudos de Pezzopane et al. (2004, apud Berdin et al., 2010) que encontraram resultados aproximadamente semelhantes, e observaram que a variável longitude não foi significativa para o Estado do Espírito Santo.

Para estudos realizados em telhado verde, Souza et al. (2015) concluíram que para efeito do conforto de temperatura ambiental, os vegetais atuam como filtro solar, pelo efeito de sombreamento e a absorção de energia luminosa está associada a dois eventos diferenciados: o sombreamento que mantém o solo mais úmido reduzindo a velocidade da evaporação e da fotossíntese da planta que captura parte da energia recebida.

Séries temporais possibilitam estudar possíveis mudanças que possam estar ocorrendo em uma determinada variável. Assim, a avaliação de séries temporais é um importante instrumento para, através do comportamento passado, avaliar tendências futuras,

voltar ao
SUMÁRIO

especialmente no momento em que tantas especulações estão sendo feitas sobre mudanças climáticas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008). Como a temperatura apresenta um comportamento diferente no decorrer do tempo, com oscilações ou, até mesmo, repetição de padrão torna-se indispensável seu melhor estudo e conhecimento (MEZZOMO, 2005).

Os valores das temperaturas do ar máximas e mínimas estão associados à disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento (direção e velocidade) e a parâmetros geográficos como topografia, altitude e latitude do local, além da cobertura e tipo de solo (Ometto; Pereira et al. Apud Strassburger, 2011). Conforme o autor, a amplitude térmica influencia na definição das épocas de semeadura, na escolha de cultivares e na adoção de práticas de manejo que busquem modificar o ambiente de cultivo.

A variabilidade da temperatura do ar nas duas últimas décadas têm se destacado pelas elevadas anomalias de temperatura média global do ar (Climate Research Unit, 2009).

Medeiros et al (2013) analisaram a variabilidade climática da umidade relativa do ar e da temperatura máxima do ar na bacia hidrográfica do Rio Uruçuí Preto – PI. Como resultado afirmam que as temperaturas máximas anuais aumentaram durante o período analisado, podendo acarretar vários problemas socioeconômicos, bem como, para a saúde humana. A partir dos dados, verificam que a umidade relativa do ar está diminuindo ao longo da série estudada, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura e consequentemente com uma maior evaporação das águas. Sobre os totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e consequentemente uma maior precipitação.

Medeiros et al (2014) avaliaram as variabilidades climáticas em Brasília-DF, onde utilizaram-se dados de temperatura máxima do ar, umidade relativa do ar e totais pluviométricos mensais e anuais no período de 1980 a 2012. Como resultado afirmar que as temperaturas máximas anuais sofreram aumentos e a umidade relativa do ar está sofrendo redução ao longo da série estudada, os totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura.

voltar ao
SUMÁRIO

Mello et al (2015) analisaram a variabilidade climática da temperatura máxima, média e mínima do estado de Pernambuco, enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Utilizaram dados de temperatura anuais no período de 1960 a 1990. Afirmaram que o conhecimento do comportamento climático de uma região é importante para estudos de previsão do tempo e principalmente para o planejamento agropecuário, contribuindo para informações ao homem do campo em não realizar queimadas na hora do preparo das terras para o plantio, evitando desta forma que aumento do referido parâmetro ocorra. A delimitação de um período mais quente ou mais frio serve de alerta as autoridades federais, estaduais e municipais e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento.

Objetiva-se estudar as variabilidades da temperatura mínima do período 2008-2016 e seu comparativo com o ano 2016 para o município de serra talhada visando mudanças adversas.

2. MATERIAL e MÉTODOS

A área de estudo compreende o município de Serra Talhada (Figura 1), localizada no território do Pajeú na mesorregião do Sertão do estado de Pernambuco. Abrange uma área total de 2.979,99 Km², localiza-se nas coordenadas geográficas de latitude 07°59' Sul e longitude 38°17’ Oeste com altitude média de 429 m. Segundo dados do IBGE (2010) totalizam 79.232 habitantes, a taxa de urbanização do município é de 77,34% enquanto a de ruralização é de 22,66% com densidade demográfica de 26,59 (hab/km²).

A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de abril, maio e junho e os seus meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas na área da municipal são as contribuições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e formam nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações de linhas

voltar ao
SUMÁRIO

de instabilidades, orografia, trocam de calor e suas contribuições locais e regionais segundo Medeiros (2016).

Segundo a classificação climática por Köppen (1928) Serra Talhada tem o clima tipo AS Tropical Chuvoso, com verão seco, esta classificação esta de acordo com Alvares et al (2014).

Figura 1. Localização do município de Serra Talhada-PE, Brasil. Fonte: Adaptada Autor.

Com respeito aos solos, nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado, ocorrem os Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; Topos e Altas Vertentes, os solos Brunos não Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Podzólicos, drenados e fertilidade natural média e as Elevações Residuais com os solos Litólicos, rasos, pedregosos e fertilidade natural média.

O Domínio Intersticial é composto de rochas sedimentares dos Depósitos Aluvionares, Depósitos Colúvio-eluviais, Formação Tacaratu e da Formação Mauriti. O Domínio Fissural é composto de rochas do embasamento cristalino que englobam o sub-domínio rochas metamórficas constituído da Formação Serra do Olho D' água, Complexo Riacho da Barreira, Suíte Recanto-Riacho do Forno, Complexo Salgueiro-Riacho Gravatá, Complexo São Caetano e do Complexo Serra de Jabitacá e o sub-domínio rochas ígneas da Suite

voltar ao
SUMÁRIO

calcialcalina Itaporanga, Suíte Meruoca, Suíte Prata, Suíte Salgueiro-Terra Nova, Suíte Triunfo, Suíte Conceição Suíte Xingó e dos Granitóides.

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia.

Na metodologia utilizou-se valores climatológicos da temperatura média do ar estimados pelo Software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). Nesse modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é utilizada uma superfície quadrática em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude dada.

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2Ø + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5Ø^2 + C_6h^2 + C_7\lambda Ø + C_8\lambda h + C_9Øh$$

Em que:

C_0, C_1,...., C_9 são as constantes;
λ, λ^2, λ Ø, λ h longitude;
Ø, $Ø^2$, λ Ø latitude;
h, h^2, λ h, Ø h altura.

As séries temporais de temperatura máxima, média e mínima foram estimadas também utilizando o Estima_T adicionando a esta a anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti (2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

em que:
T_{ij} é a temperatura do mês i e ano j;
T_i é a temperatura climatológica do mês i e AAT_{ij} é a anomalia da temperatura do Atlântico Tropical do mês i e ano j;
com i = 1,2,3,...,12; j = 1950, 1951, 1952,...,2016.

voltar ao
SUMÁRIO

Os dados obtidos foram organizados em planilha eletrônica facilitando o cálculo de estatísticas, tais como, valores decenais e a média histórica, desvio padrão, coeficiente de variância nas séries de temperaturas máxima e mínima absoluta para a área em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade da temperatura do ar nas duas últimas décadas tem se destacado pelas elevadas anomalias de temperatura média global do ar (Climate Research Unit, 2009). Entre o período de1961 a 1990, o ano 1998 foi o mais quente com $0{,}55^{0}$C acima da temperatura média anual. O ano de 2009 foi o sexto ano mais quente, com exceção dos anos de 1998, 2005, 2003, 2002, 2004 (Campos, 2010).

O estudo de Pezzopane et al. (2004) revelam valores ou resultados contrários ao estudo. Estudos das tendências de temperaturas extremas no período de 1959-1998 na Argentina mostraram um elevado número de estações com forte tendência positiva na temperatura mínima do ar, principalmente na região nordeste daquele país (Rusticucci e Barrucand, 2004). Este estudo vem a corroborar com o desenvolvido.

Na figura 1 têm-se as variações da temperatura mínima do ano de 2016 e seu comparativo com a média da temperatura mínima da década de 2008-2016. Observa-se que as temperaturas médias em 2016 se mantiveram acima da decadal em todos os meses analisados.

A temperatura mínima em 2016 oscila entre 18,3°C em julho e 21,4°C em dezembro, enquanto as temperaturas medias da década fluem entre 18,1°C em julho a 21,2°C em dezembro.

voltar ao
SUMÁRIO

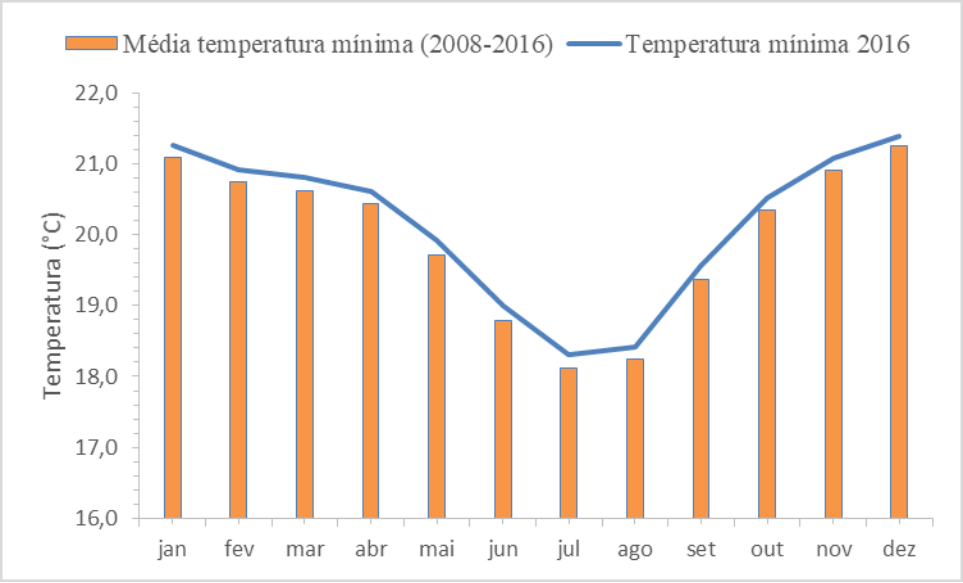


Figura 2. Temperatura mínima do ano de 2016 e seu comparativo com a temperatura mínima da década de 2008-2016 a para o município de Serra Talhada – PE.

A intensidade dos extremos de temperatura do ar está aumentando, como os valores de temperatura mínima para frio intenso têm ocorrido com intensidade maior nos últimos anos, porém com intervalos mais prolongados entre os eventos (Campos, 2010).

4. CONCLUSÃO

Aumento nos valores das temperaturas mínimas do ar mensais demonstrando que as madrugadas estão ficando mais quentes. A altitude e longitude contribuem para as oscilações da variabilidade da temperatura assim como os efeitos locais e regionais. As flutuações sazonais e interanual da temperatura mínimas decorrem da influência das estações do ano (variação sazonal) e da intensidade dos sistemas sinóticos atuantes, em cada ano, na época dos períodos chuvoso e seco (variação interanual).

A estabilidade das temperaturas mínimas do ar mensais, anuais manteve-se acima da normalidade e podendo caracterizam tendência a possíveis mudanças climáticas. A temperatura mínima apresenta valores mais altos no período mais recente do que em sua média histórica 2000-2016.

voltar ao
SUMÁRIO

5. REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. 22, 711–728. 2014.

BARDIN, L.; JÚNIOR, M.J.P.; MORAES, J.F.L. Estimativa das temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.618–624, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; FONTANA, D.C. Análise decadal da temperatura do ar no estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.2, p.214-219, 2008.

CLIMATE RESEARCH UNIT. Global temperature record. Disponível em: http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming. Acesso em: 04/09/2009.
CAMPOS, C.G.C. **Padrões Climáticos Atuais e Futuros de Temperatura do Ar na Região Sul do Brasil e Seus Impactos nos Cultivos de Pêssego e Nectarina**. 2010. 191 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

CLIMATE RESEARCH UNIT. Global temperature record. Disponível em: http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming. Acesso em: 04/09/2009.

COSTA, T.S.A.; COSTA FILHO, J.F.; BARACHO, D.C.; SANTOS, T.S.; MARINHO, E.C.S. Análise da temperatura do ar em areia - PB, em anos de ocorrência de "El Niño"**.** Apresentado no **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia** – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. "Klimate der Erde. Gotha: **Verlag Justus Perthes**". Wall-map 150cmx200cm. 1928.

MEDEIROS, R.M.; BORGES, C.K. GOMES FILHO, M.F Variabilidade e Mudanças Climáticas em Séries de Temperatura Máxima do Ar, Umidade Relativa do Ar e Precipitação em Brasília – DF. **Revista Brasileira de Geografia Física** V. 07 N. 02. P. 211-222. 2014.

MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.S.; GOMES FILHO, M.F. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. **Revista Educação Agrícola Superior**. v.28, n.2, p.136-141, 2013.

MELLO, V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUZA, F.A.S. flutuabilidade da temperatura máxima e mínima do ar mensal e anual de 10 municípios do estado de Pernambuco. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. 15 a 18 de setembro de 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

MEZZOMO, D. Modelos prognósticos da temperatura mínima média numa região homogênea do Rio Grande do Sul. 2005. 89 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, 2005.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal, São Paulo: Ceres, 1981. 440p.
PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEZZOPANE, J.R.M.; SANTOS, E.A.; ELEUTÉRIO, M.M.; REIS, E.F.; SANTOS, A.R. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 12, n. 1, p.151-158, 2004.

RUSTICUCCI, M.; BARRRUCAND, M. Observed trends and changes in temperature extremes over Argentina. Journal of Climate 17, 4099-4107. 2004.

STRASSBURGER, A.S.; MENEZES, A.J.E.A.; PERLEBERG, T.D.; EICHOLZ, E.D.; MENDEZ, M.E.G.; SCHÖFFEL, E.R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. Revista brasileira de meteorologia, 26 (2), p.273-278. 2011.

SOUZA, R.O.L.; FERREIRA, M.L.S.S.; VASCONCELLOS, C.A.B. Telhado verde de baixo investimento composto por plantas medicinais e aromáticas. **Semioses Revista Científica**. Rio de Janeiro. v. 9. n. 2, p. 48-58. jul./dez. 2015.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–728. 2014.
CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 8. 1994. Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, 154-157pp.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes”. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. *Agropecuária*, 478p. 2002.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 43
PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE INTENSIDADE-DURAÇÃO E FREQUÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE PALMARES-PE

PARAMETERS OF THE INTENSITY-DURATION EQUATION AND FREQUENCY FOR THE MUNICIPALITY OF PALMARES-PE

Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara*, Abraão Alves Vila Nova*, Artur Paiva Coutinho**

**Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Núcleo de Tecnologia, Grupo de Recursos Hídricos, Caruaru, Brasil.*
***Professor Adjunto do Núcleo de Tecnologia do Centro Acadêmico do Agreste da UFPE, Brasil.*

RESUMO
Para a construção de obras hidráulicas, a determinação da precipitação de projeto é de grande importância. Chuvas intensas podem ser associadas um período de retorno e da duração da chuva crítica, contudo elas muitas vezes ainda não estão disponíveis, pois a escassez de dados pluviográficos dificulta a determinação dessas relações. Por outro lado, existe uma grande disponibilidade de dados pluviométricos, o que facilita na utilização de metodologias de desagregação de chuvas para a determinação dos parâmetros das curvas de chuvas máximas. Foi utilizada uma série de dados pluviométricos de 83 anos, do município de Palmares-PE, para determinar os parâmetros de chuvas intensas usando o método de Bell(1969) e o método das relações entre durações. A aderência dos dados à distribuição de Gumbel foi comprovada através do teste de Kolmogorov-Smirnov com nível de significância de 5%. As equações geradas apresentaram bons ajustes com R^2 sendo de 99,64% e 99,87% para o método de Bell e o método das relações entre durações, respectivamente.

Palavras-Chaves: Chuvas intensas, Método de Bell, Método das relações entre durações, Palmares-PE.

ABSTRACT
For the construction of hydraulic works, the determination of the precipitation of project is of great importance. Intense rains can be associated with a return period and the duration of critical rainfall, but they are often not yet available, as the scarcity of rainfall data makes it difficult to determine these ratios. On the other hand, there is a great availability of rainfall data, which facilitates the use of rainfall disaggregation methodologies to determine the parameters of maximum rainfall curves. A series of 83-year pluviometric data from the municipality of Palmares-PE was used to determine the parameters of heavy rains using the Bell method (1969) and the durations relationships method. The data adherence to the Gumbel distribution was verified using the Kolmogorov-Smirnov test with a significance level of 5%. The equations generated presented good adjustments with R^2 being 99.64% and 99.87% for the Bell method and the durations relationship method, respectively.

Keywords: Intensive rains, Method of Bell, Method of relations between durations, Palmares-PE.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que Pernambuco sofre por causa de chuvas intensas deste a sua formação histórica, nele há registros de cheias desde o ano de 1632 com o transbordamento do rio Capibaribe. A mata sul pernambucana sofre com mesma intensidade das cheias ocorridas no ano de 1632, contudo, não existiam povoado e sim, bastantes matas fechadas. Dentre as cheias ocorridas na mata sul, podemos citar uma das mais recentes ocorridas em 2010, onde As enchentes deixaram 26.960 pessoas desabrigadas; 21 pessoas mortas; 14.136 casas destruídas e um total de 5.000 km de estradas danificadas; 12 municípios decretaram estado de calamidade pública e 27 ficaram em situação de emergência, dentre essas cidades, uma das mais prejudicadas foi à cidade de Palmares (BERNARDES; SILVA; NASCIMENTO, 2011).

Além dos desastres ambientais, as precipitações intensas são capazes de gerar grandes prejuízos em áreas agrícolas, como a inundação de terras cultivadas, a erosão do solo, a perda de nutrientes, o assoreamento e a poluição dos corpos d'água (CECÍLIO et. al, 2009). Com o intuito de evitar tais infortúnios, são necessárias obras de estruturas hidráulicas de macrodrenagem e microdrenagem, nas drenagens urbanas, de rodovias e agrícolas, e para que isso seja realizado é necessária à caracterização de uma chuva de projeto.

Além disso, Sabóia et al. (2015) afirma que fenômenos como as mudanças climáticas podem ocasionar mudanças em eventos extremos como secas e cheias, alterando assim as equações de chuvas intensas. No tocante a várias cidades do litoral e da mata sul e mata norte pernambucana, são esperados aumentos da frequência e da intensidade das precipitações pluviométricas, podendo ocasionar aumento na vulnerabilidade das inundações.

Segundo Coutinho et. al. (2013) as chuvas intensas (i) podem ser associadas um período de retorno, T, e da duração da chuva crítica, dc, porém, as relações (i, dc, T) muitas vezes ainda não estão disponíveis, pois a escassez de dados pluviográficos dificulta a determinação dessas relações. Por outro lado, existe uma grande disponibilidade de dados pluviométricos, o que facilita na utilização de metodologias de desagregação de chuvas para a determinação dos parâmetros das curvas IDFs. Dentre essas, Bell (1969) sugeriu um procedimento onde podem ser obtidas as chuvas de projetos com uma precipitação intensa com tempo de retorno de 2 anos e duração de 60 minutos. Outro método para a desagregação

voltar ao
SUMÁRIO

de chuvas é a relação entre durações, onde, através de uma metodologia simples, são determinadas as chuvas com duração menor que um dia.

Coutinho et al. (2013), utilizaram o método de Bell para determinação de equações de chuvas intensas para cidades de Pernambuco (São Lourenço da Mata, Goiana, Parnamirim, Floresta, Arcoverde, Ipojuca e Afogados da Ingazeira). As equações geradas segundo os autores apresentaram bons ajustes, com coeficientes de determinação (R^2) para o método de Bell todos superiores a 0,992, sendo válidas com duração de até duas horas e tempos de retorno entre 2 e 100 anos.Pereira, Duarte e Sarmento (2017) determinaram os parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência para o município de Ipameri (Goiás) através do método das relações entre durações. A equação gerada possuiu coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9986, tendo em vista essa boa correlação, a equação IDF, de acordo com os autores, servirá como parâmetro para dimensionamento de obras hidráulicas.

O objetivo deste trabalho foi a determinação de relações i-d-f para o município de Palmares-PE, através do método de Bell e do método das relações entre durações, assim como comparação entre esses dois métodos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados no presente projeto a série histórica de precipitações, da cidade de Palmares, presentes no site da Agência Nacional das Águas (ANA, 2017), com uma série de dados variando de 1934 até 2016. A Figura 1 apresenta a localização do município de Palmares no estado de Pernambuco e do posto onde foram coletados os dados.

voltar ao
SUMÁRIO

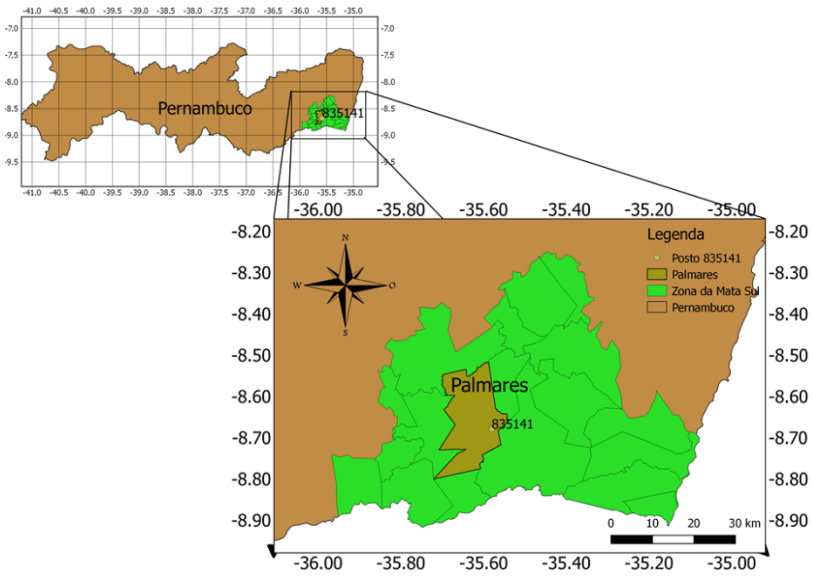


Figura 1 – Localização da Plataforma de Coleta de Dados. **Fonte:** Autor (2018)

A Tabela 1 é apresentada a característica da estação pluviométrica selecionada.

Tabela 1 – Características da estação pluviométrica selecionada

Município	Responsável	Código	LAT	LONG	Série (anos)
Palmares	ANA	835141	-8.68	-35.58	83

Fonte: Autor (2018)

Selecionaram-se para o local estudados os valores máximos das chuvas diárias anuais, por intermédio disto foi possível à preparação das séries máximas de cada ano. Com a meta de obtenção das precipitações máximas possíveis de serem igualada ou superadas a cada 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, a partir das series anuais, foram aplicados o método de Bell e o método da relação entre as durações.Conforme descrito em Tucci (2004), as curvas i-d-f podem ser expressas por equações genéricas que têm a seguinte forma:

$$\mathbf{i = \frac{a * T^b}{(t + c)^d}} \qquad \mathbf{(1)}$$

Onde i = é a intensidade de precipitação em mm/h; T = é o tempo de retorno da precipitação em anos; t = é a duração da precipitação em minutos; e a,b,c e d = são parâmetros de ajuste estatístico.

voltar ao
SUMÁRIO

Para a análise estatística foi utilizada a distribuição de Gumbel (máximos), a qual é tradicionalmente utilizada na análise de frequência de variáveis hidrológicas, Naghettini (2007). A função de probabilidades acumuladas da distribuição de Gumbel é dada por:

$$\mathbf{F[x] = Exp[-Exp[-(x-\beta)/\alpha]]} \quad \textbf{(2)}$$

Na qual, β representa o parâmetro de escala e α o parâmetro de posição.

A inversa da função acumulada de probabilidade da distribuição de Gumbel pode ser escrita da seguinte forma:

$$\boldsymbol{x(T) = \beta - \alpha \ln(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right))} \quad \textbf{(3)}$$

Onde, β é parâmetro de posição, α é o parâmetro de escala já definidos acima, T é o tempo de retorno em anos. Estimando os parâmetros da distribuição pelo método dos momentos obtêm-se:

$$\boldsymbol{\beta = x - 0.45 * S} \quad \textbf{(4)}$$

$$\boldsymbol{\alpha = S/1.283} \quad (5)$$

Onde x e S representam respectivamente à média e o desvio padrão amostrais.

Nas quais, $\overline{X}$ e s_x representam respectivamente a média e o desvio padrão amostrais.

Para avaliar a qualidade dos ajustes da distribuição estatística foi utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), com nível de significância de 5%. testes-te é um teste não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas.

A estatística do teste KS é dada por:

$$\boldsymbol{D_N = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_{N(x)} - F_x(x)|} \quad \textbf{(6)}$$

E corresponde, portanto, a maior diferença entre as probabilidades empírica e teórica.

Segundo Righetto (1998), o método de Bell associa a altura pluviométrica de uma chuva intensa de duração dc e período de retorno T, isto é, h (d_c;T), com uma chuva intensa

voltar ao
SUMÁRIO

padrão de 60 min de duração e 2 anos de período de retorno, h (60;2). A seguinte relação empírica é utilizada:

$$\boldsymbol{h(d_c;T) \approx (a_o lnT + a_1).(a_2.d_c^b - a_3).h(60;2)} \quad \textbf{(7)}$$

Sendo, a_o, a_1, a_2, a_3 e b parâmetros regionais. A utilização de dados de postos brasileiros levou à fixação de valores para esses parâmetros, de modo que h (d_c;T) pode ser expresso por:

$$\boldsymbol{h(d_c;T) \approx (0,31 lnT + 0,7).(0,38.d_c^{0,31} - 0,39).h(60;2)} \quad \textbf{(8)}$$

Como o método só se aplica se for possível estimar h(60;2), recomenda-se que seja utilizada a seguinte relação empírica:

$$h(60;2) = K.hdia(2) \quad (9)$$

sendo, K = 0,510 e hdia(2) a altura pluviométrica máxima diária anual correspondente ao período de retorno, T = 2 anos.

O método da desagregação de chuvas desenvolvido pelo DAEE/CETESB (1980) adota o fator médio de 1,14 para a transformação de chuva máxima de 1 dia, estimada pela distribuição de Gumbel (equação 3), em chuva de 24 h; para os demais tempos de duração de chuvas, utilizam-se os coeficientes apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Relações entre durações

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5min/30min	0.34
10min/30min	0.54
15min/30min	0.7
20min/30min	0.81
25min/30min	0.91
30min/1h	0.74
1h/24h	0.42
6h/24h	0.72
8h/24h	0.78
10h/24h	0.82
12h/24h	0.85
24h/1dia	1.14

voltar ao
SUMÁRIO

Fonte: CESTEB (1979) apud BERTONI & TUCCI (1993)

As relações entre as durações são obtidas segundo a expressão:

$$r_{t1 \rightarrow t2} = \frac{P_{t1}}{P_{t2}} \qquad (8)$$

Onde: $r_{t1 \rightarrow t2}$ é a correlação estabelecida na Tabela 2; Pt1 é a precipitação com duração t1; e Pt2 é a precipitação com duração t2.

Por tanto, possuindo a precipitação máxima diária anual, e utilizando da Tabela 2 e equação 8, podemos obter as precipitações máximas para os tempos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos.

Para quantificar a qualidade dos ajustes estatísticos utilizou-se do coeficiente de determinação (R^2)(equação 9), para ele é esperado uma tendência ao valor 1. Este parâmetro determina a correlação da variância nos valores experimentados que podem ser atribuídos aos observados. Tal coeficiente é obtido pela seguinte expressão:

$$R^2 = \frac{(n * (\sum Mi * Ti) - \sum Mi * \sum Ti)^2}{\left(n * \sum Ti^2 - (\sum Ti)^2\right) * \left(n * \sum Mi^2 - (\sum Mi)^2\right)} \qquad (9)$$

Onde: Mi são os valores calculados pelos modelos e Ti os valores observados das séries históricas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à estimativa de precipitação máxima, a distribuição de Gumbel mostrou-se adequada para o município de Palmares, avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para uma significância de 5% probabilística. É apresentado na Tabela 3 as distribuições de frequência da série das precipitações máximas anuais diárias observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel para o município em estudo. É possível constatar, na tabela abaixo, uma boa aderência entre a distribuição observada e a teórica, tendo em vista que o Dn máximo observado é menor que os valores críticos da estatística Dn,α para o nível de significância de

voltar ao
SUMÁRIO

5%, podendo assim afirmar que a distribuição de Gumbel é adequada para representar a série de precipitações máximas diárias.

Tabela 3. Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas através do Método de Bell

Município	Parâmetros estatísticos para a distribuição de Gumbel					
	X	S	A	B	Dn	Dn_{crit}
Palmares	78.7654	26.4732	20.6338	66.8525	0.0498	0.1492

Fonte: Autor (2018)

Na Figura 2 apresenta-se o comportamento da série de precipitações máximas anuais, com a frequência de precipitação observada encontrada, e a curva de distribuição estimada pelo modelo de Gumbel, relativo ao município de Palmares. Nota-se a existência de uma ótima aderência entre a distribuição de valores observados e os estimados pela distribuição teórica.

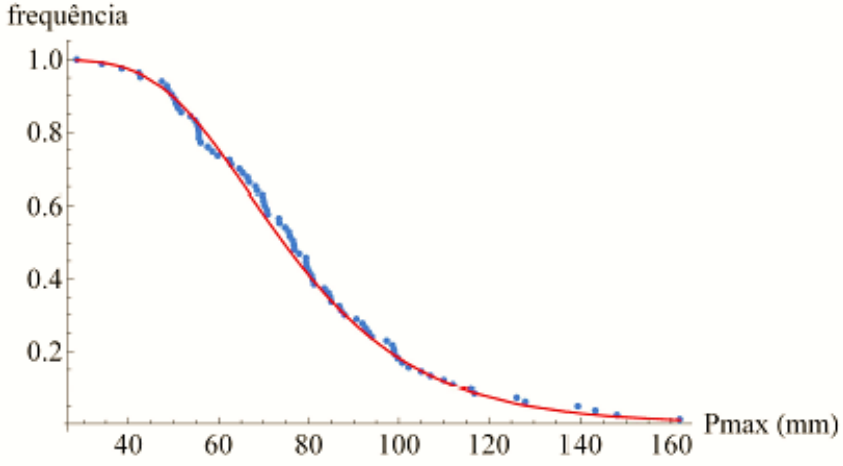


Figura 2. Distribuições dos valores máximos de precipitação anual observado e estimado pelo modelo de Gumbel, para o município de Palmares-PE. **Fonte:** Autor (2018).

As curvas i-d-f determinadas através do método de Bell (1969), Figura 3, e do método de relação entre durações, Figura 4, são apresentadas para o município Palmares.

voltar ao
SUMÁRIO

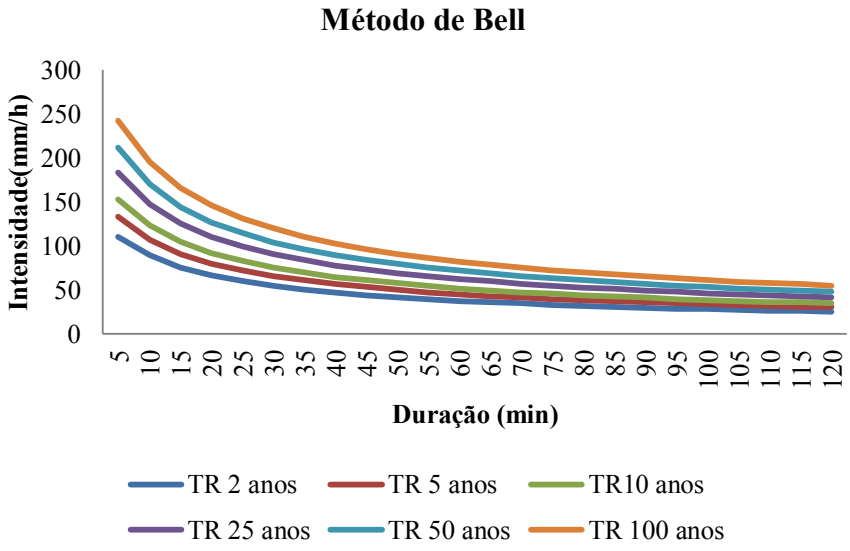


Figura 3. Curvas i-d-f – Método de Bell –Palmares/PE. **Fonte:** Autor (2018)

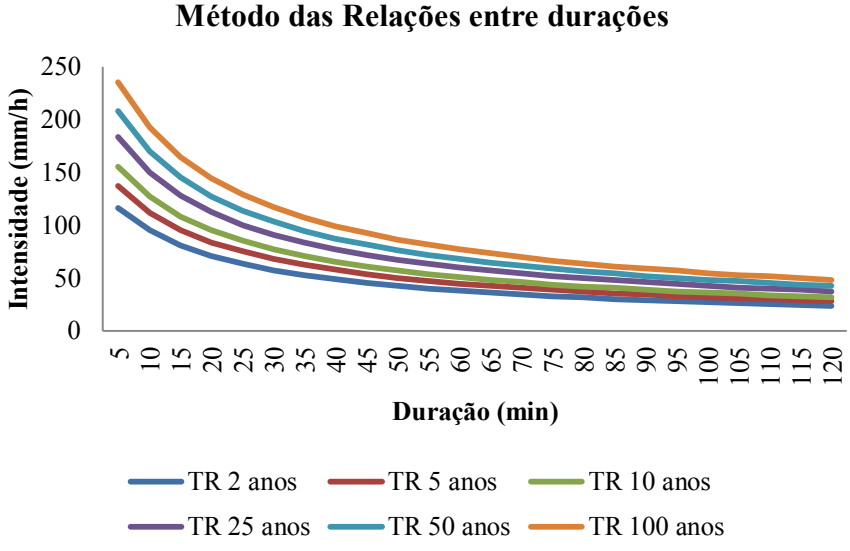


Figura 4. Curvas i-d-f – Método da Relação entre durações – Palmares/PE. **Fonte:** Autor (2018).

A Tabela 4 demonstra os valores encontrados dos coeficientes a, b, c e d da equação de intensidade, duração e frequência e os valores dos coeficientes de determinação (R^2) calculados para o método de Bell (1969) e o método da relação entre durações.

voltar ao
SUMÁRIO

Tabela 4. Parâmetros das Equações de Chuvas Intensas e coeficiente de determinação (R^2) através dos Métodos de Bell e relação entre durações

Parâmetro	Método de Bell	Método da relação entre durações
a	472.1270	901.2289
b	0.2010	0.1810
c	7.2251	11.8272
d	0.6359	0.7704
R^2	0.9964	0.9987

Fonte: Autor (2018)

Conforme a Tabela 4, os valores do R^2 foram todos superiores a 99%, o que indica um uma ótima correlação, sendo o método da relação entre durações levemente melhor que o método de Bell. Em relação aos parâmetros das equações de chuvas intensas, houve uma pequena divergência, dos dois métodos, entre os parâmetros b e d, contudo os parâmetros a e c foram cerca de 1.9 e 1.6 vezes maiores, respectivamente, do segundo método para o primeiro método.

Na Figura 5, é apresentada uma comparação entre as curvas de chuvas intensas para o método de Bell e o Método e o método da relação entre durações, para um tempo de retorno de 10 anos. Nela podemos perceber que os dois gráficos estão quase sobreposto, não havendo diferença significativa entre as duas curvas.

voltar ao
SUMÁRIO

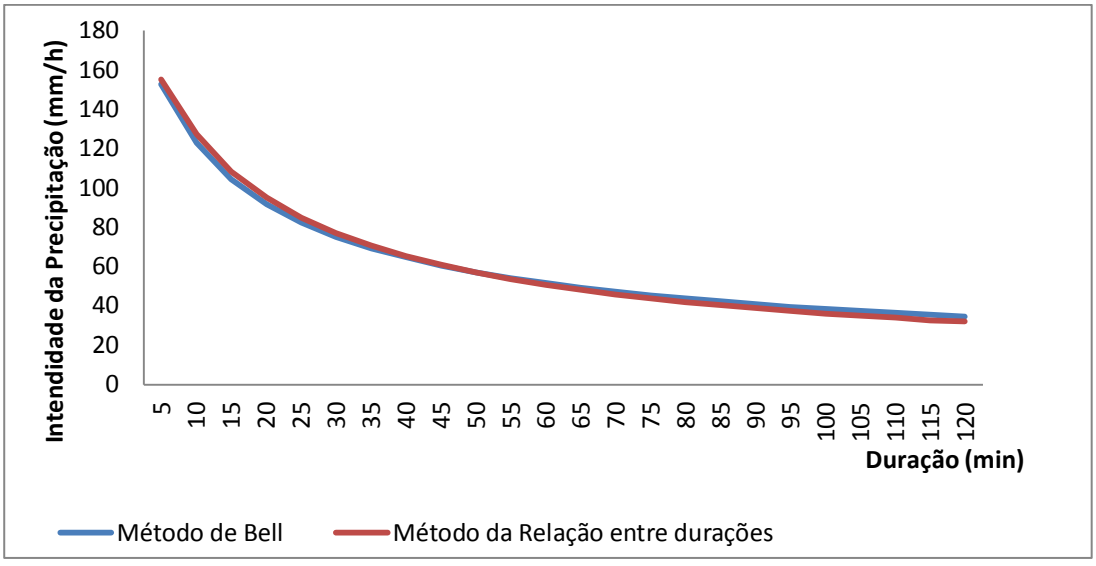


Figura 5. Curvas i-d-f– Palmares/PE-Comparação entre o Método de Bell e o Método da relação entre durações para um tempo de retorno de 10 anos. **Fonte:** Autor (2018).

Na Tabela 5 é apresentada uma comparação entre os dois métodos de intensidades de chuvas utilizadas em projetos, onde o tempo de retorno utilizado foi de 10 anos e as durações de chuvas foram de 15, 30, 60 e 120 minutos.

Tabela 5. Comparação entre intensidades de precipitação, com tempo de retorno de 10 anos para durações entre 15 e 120 minutos, para os métodos de Bell e relação entre durações.

Intensidade (mm/h)	Método de Bell	Método da relação entre Durações
i(10 anos,15 min)	104.3880	108.4536
i(10 anos,30 min)	75.2004	77.0268
i(10 anos,60 min)	51.6410	50.7835
i(10 anos,120 min)	34.4217	31.8089

Fonte: Autor (2018)

Pode-se perceber uma pequena diferença entre os dois métodos, onde inicialmente para durações de 15 e 30 minutos o método da esquerda apresenta valores de intensidade maiores que o da direita, entre tanto para durações maiores (acima de 60 minutos) o método de Bell estima uma chuva de maior intensidade que o método da relação entre durações.

voltar ao
SUMÁRIO

4. CONCLUSÃO

No posto observado, a distribuição de Gumbel demonstrou-se apropriada para retratar as estimativas dos valores das chuvas máxima com grau de significância de 5% pelo método de Kolmogorov-Smirnov.

Os dois métodos apresentados no presente trabalho apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 99%. As equações encontradas são de grande importância para projetos de engenharia hidráulica na cidade de Palmares, sabendo que a mesma sofre de grandes catástrofes ambientais, podendo utiliza-se delas para projetos com durações de chuva entre 5 e 1440 minutos e tempo de retorno de até 100 anos. Na comparação dos dois métodos podemos perceber que a diferença encontrada entre os parâmetros não teve grande efeito no resultado da intensidade de chuva, podendo então admitir que os dois métodos são eficientes e não apresentam divergências significativas em seus resultados.

A metodologia utilizada nesse trabalho adotou a hipótese de que a série hidrológica é estacionária. No entanto, trabalhos futuros poderão avaliar a influência de possíveis mudanças de tendências nas séries de precipitações máximas para a cidade de Palmares. A influência das mudanças climáticas em trabalhos futuros para a mata sul pode utilizar projeções fundamentadas nos Modelos de Circulação Global.

5. REFERÊNCIAS

ANA – Agencia nacional de Águas e Climas, Hidroweb, disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br. Acesso em: 05/02/2018. 2018.

BELL, F. C. Generalized rainfall-duration-frequency relationships. **Journal of the Hydraulics Division** –ASCE, v.95, p311-327, 95: 311-327. 1969.

BERNARDES, D. A. M.; SILVA, A. M.; NASCIMENTO, S. S.; **A História recente das enchentes**: A situação das cidades da zona da mata sul de Pernambuco. 2011. 10 p. Artigo (Professor Doutor em História Social) - UFPE, Pernambuco, 2011.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 2ª. ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS: ABRH, 1993. p. 177-231.

voltar ao
SUMÁRIO

CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PRUSKI, F. F.; HOLLANDA, M. P.; PEZZOPANE, J. E. M.;. **Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo**. 2009. 11 p. Artigo (Engenharia Florestal) - UFES, Espirito Santo, 2009.

COUTINHO, A. P.; RIBAS, L. V.; LEITE, L. L. L.; ANTONINO, A. C. D.; CABRAL, J. J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MELO, T. A. T.; **Determinação De Equações De Chuvas Intensas Para Municípios Das Mesorregiões Do Estado De Pernambuco Através Do Método De Bell**. XX - Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, Bento Gonçalves – RS, pag. 8, 2013.

DAEE; CETESB. **Drenagem urbana**: manual de projeto. São Paulo, SP. 1980. 466p

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. de A.; **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 552 p. 2007**.**

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P.; **DETERMINAÇÃO DA CURVA DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DO MUNICÍPIO DE IPAMERI – GOIÁS**. 2017. 14 p. Artigo (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, 2017.

RIGHETTO, A. M.; **Hidrologia e Recursos Hídricos**. EESC / USP, São Carlos- SP, 840 p. 1998.

SABÓIA, M. A. M.; SILVEIRA, C. S.; ARAÚJO JÚNIOR, L. M.; SOUZA FILHO, F. A.; **Análise Do Impacto Das Mudanças Climáticas Nas Chuvas Intensas Da Cidade De Fortaleza**, Ceará. 2015. XXI – Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 8 p. 2015.

TUCCI, C. E. M.; **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 44
POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE DO COQUE SOBRE AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DO CANAL IBIPORÃ, RECIFE, PE.

POLLUTION OF WATER RESOURCES: PERCEPTION OF THE COQUE COMMUNITY ON THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE IBIPORÃ, RECIFE, PE

Eliude Maria de Melo*, Cecília P. Alves-Costa **

**Mestrado Profissional em Rede Nacional de Ensino das Ciências Ambientais, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Brasil*
***Departamento de Botânica, Centro de Biociências, UFPE, Brasil*

RESUMO
A degradação dos recursos hídricos por lixo e esgoto é um dos principais problemas das grandes cidades. Na comunidade do Coque, na Ilha Joana Bezerra, Recife, PE, a população assentada ao longo do Canal Ibiporã convive e contribui com essa triste realidade. A fim de subsidiar ações efetivas de educação ambiental, o objetivo deste estudo foi compreender a percepção dos moradores sobre o Canal Ibiporã. Para tal foram realizadas 40 entrevistas com 20 perguntas fechadas para moradores entre 21 e 66 anos por 5 estudantes da EMTI Professor José da Costa Porto. Os resultados indicaram que 96% dos respondentes consideram o canal sujo. Os tipos de resíduos mais avistados foram: esgoto (38%) e restos de alimentos (30%). A maioria (79%) diz não fazer uso do canal, 17% costumam jogar lixo e 4% usam para banho. Quanto à responsabilidade de cuidar do canal, 59% afirmaram ser de todos, 27% dos moradores e 15% da prefeitura. Como solução para o problema, 34% entendem ser preciso educar as pessoas e os outros 66% citaram fiscalização e limpeza frequente. Deste modo, é necessário o desenvolvimento de programas que elucidem as funções do canal e mobilizem os atores envolvidos para que se engajem nas soluções.

Palavras-Chaves: recursos hídricos urbanos, poluição hídrica, percepção ambiental, educação ambiental.

ABSTRACT
The degradation of water resources by waste and sewage is one of the main problems of large cities. In the community of Coque, in Ilha Joana Bezerra, Recife, PE, the population settled along the Ibiporã Channel coexists and contributes with this sad reality. In order to subsidize effective actions of environmental education, the objective of this study was to understand the residents' perception about the Ibiporã Channel. For that, 40 interviews with 20 closed questions were carried out for residents between 21 and 66 years old by 5 students of EMTI Professor José da Costa Porto. The results indicated that 96% of respondents considered the channel dirty. The types of waste most seen were: sewage (38%) and food waste (30%). Most (79%) say they do not use the canal, 17% usually throw garbage and 4% use it for bathing. Regarding the responsibility of caring for the channel, 59% said they belonged to all, 27% of the residents and 15% of the city. As a solution to the problem, 34% understand that it is necessary to educate people and the other 66% cited frequent inspection and cleaning. In this way, it is necessary to develop programs that elucidate the functions of the channel and to mobilize the actors involved to engage in the solutions.

Keywords: urban water resources, water pollution, environmental perception, environmental education.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso renovável, mas apesar disso é finita e vulnerável, sendo essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida. O uso sustentável deste recurso é um dos maiores desafios da atualidade, uma vez que há interesses diversos e por vezes conflitantes no seu uso. Alterações na qualidade e quantidade dos recursos hídricos dependem principalmente da organização econômica e social da população humana assentada ao longo da bacia hidrográfica, mas também do regime de chuvas que tem sido alterado com as mudanças climáticas.

Em áreas urbanas, a conservação dos recursos hídricos é um desafio ainda maior. O adensamento exacerbado e desordenado da população, inclusive ao longo das margens e encostas, contribui para o assoreamento dos rios. Além disso, as cidades usam grande quantidade de água nas suas mais diversas atividades e, ainda hoje, os rios urbanos brasileiros são convertidos em canais de deposição de esgoto e lixo (SANTOS; SCHULER, 2008), inclusive com anuência dos órgãos de gestão (GOUVEIA et al. 2016). A falta de saneamento básico é causa de inúmeras doenças e a deposição de resíduos compromete o escoamento das águas pluviais aumentando a frequência de enchentes (UNGARETTI, 2010; TUCCI; COLLISHONN, 2000).

Em muitos locais fica claro que a própria comunidade compromete a drenagem urbana e contamina os mananciais através de ações inconscientes como as ligações clandestinas de esgoto na rede de águas pluviais ou o acúmulo de lixo doméstico e entulhos em locais inapropriados (CRUZ; BARREIRO, 2013). Deste modo, Barros e Dourado Júnior (2016) afirmam que a educação ambiental da população é de extrema importância, pois, somente através da participação dos moradores poderão surgir medidas efetivas de redução de poluição e doenças de veiculação hídrica. No entanto, a construção de soluções efetivas precisa incluir a participação da população e a compreensão da problemática a partir da ótica dos próprios moradores. Soluções vindas de fora ou implantadas de cima para baixa exigem forte investimento em fiscalização e estão fadadas ao fracasso tão logo cessem as medidas coercitivas.

Diante do exposto, é imprescindível a realizações de investigações sobre a percepção

voltar ao
SUMÁRIO

dos riachos urbanos no pensar das comunidades lindeiras. O presente trabalho se propôs a verificar a percepção ambiental dos moradores do entorno do Canal Ibiporã que atravessa a Comunidade do Coque, Bairro da Ilha Joana Bezerra em Recife, PE; a fim de subsidiar ações efetivas de educação ambiental voltadas para a realidade da comunidade local.

2. METODOLOGIA

2.1. Localização e caracterização do objeto de estudo

O estudo foi desenvolvido na Comunidade do Coque, a qual apresenta uma ocupação desordenada ao longo do Canal Ibiporã, situado na Rua Ibiporã, Bairro da Ilha Joana Bezerra em Recife, PE, nas imediações do Fórum Desembargador Rodolfo Aureliano (Figura1).

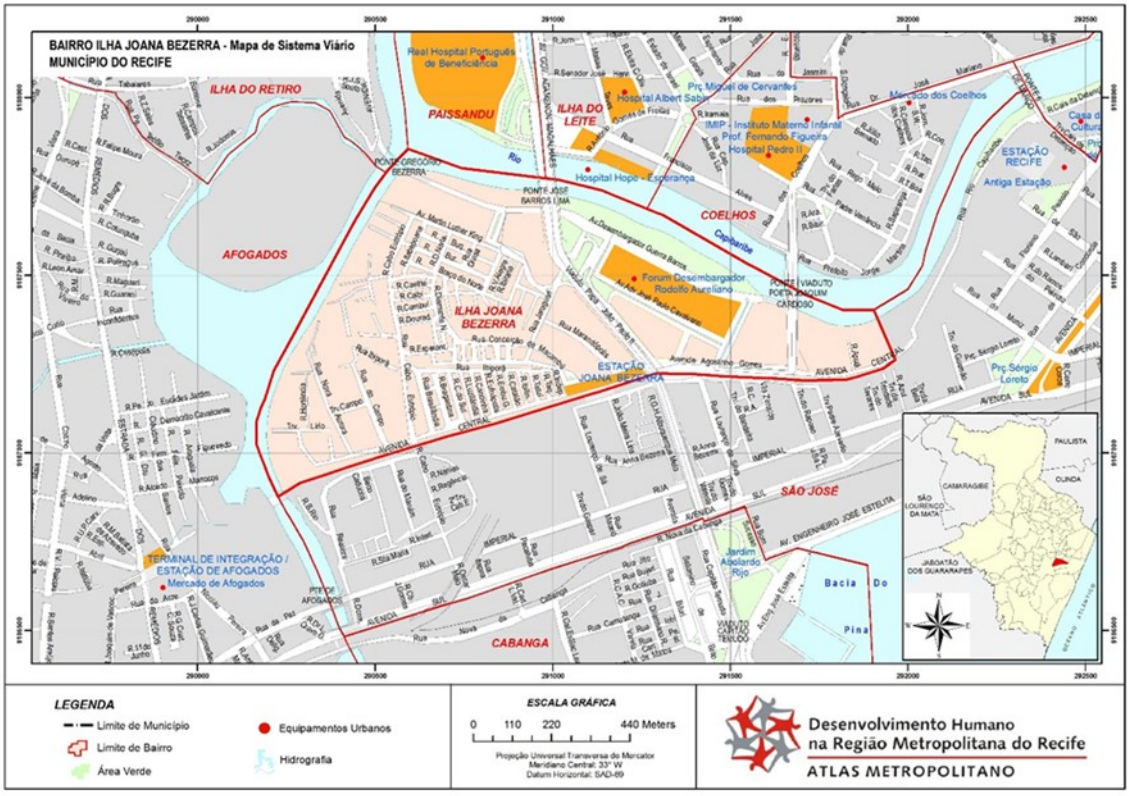


Figura1 – Mapa do Bairro da Ilha Joana Bezerra – Recife – PE
Fonte: http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/ILHA-JOANA-BEZERRA.jpg

voltar ao
SUMÁRIO

O canal Ibiporã no bairro da Ilha Joana Bezerra tem ligação com o canal Joana Bezerra, cujas águas são oriundas do Rio Beberibe e desaguam no rio Capibaribe. O Canal do Ibiporã tem 712 metros de extensão e 4 metros de largura, ligando a Estação do Metrô Joana Bezerra ao mangue.

2.2. Prática metodológica da pesquisa

A fim de avaliar a percepção da comunidade do entorno sobre as condições ambientais do canal Ibiporã, 5 estudantes do 9ºano, com idade entre 14 e 15 anos de idade, da Escola Municipal Em Tempo Integral Professor José da Costa Porto foram orientados pela professora de Ciências Eliude Maria de Melo à realizarem uma entrevista junto aos moradores da Rua Ibiporã. O trabalho fez parte do Projeto de educação ambiental na Escola ligado ao Programa Educar para uma Cidade Sustentável, uma parceria da Secretaria de Meio Ambiente da Secretaria de Educação da Prefeitura da Cidade do Recife. As entrevistas foram realizadas durante o mês de maio do ano de 2017, cada estudante ficou responsável por entrevistar 8 moradores de residências diferentes. Ao total foram entrevistados 40 moradores do entorno do canal através de entrevista estruturada com 20 perguntas fechadas realizadas em forma de diálogo para moradores acima de 18 anos com residência no local de pelo menos 5 anos a fim de se obter informações relativas as condições ambientais do canal e sua relação com os moradores.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Perfil do entrevistado

Dos entrevistados, 75% eram mulheres, a maioria donas de casa e trabalhadoras autônomas (lavadeiras e cuidadoras de crianças) e 25% homens, ambos com idade entre 21 e 66 anos. Com relação ao grau de escolaridade, 70% possuíam ensino fundamental nos anos finais, 15% apenas o ensino fundamental nos anos iniciais e 15% nível médio. Esse baixo nível de escolaridade pode dificultar a compreensão das políticas públicas relacionadas a infraestrutura de saneamento e, especialmente, a necessidade de desenvolvimento de

voltar ao
SUMÁRIO

programas de educação ambiental.

Quanto ao tempo de residência no local, 7,5% dos moradores afirmaram residir há mais de 50 anos, 20% entre 40 e 50 anos, 15% entre 30 e 40 anos, 25%, entre 20 e 30 anos, 15% entre 10 e 20 anos e 17,5% residiam há menos de 10 anos. Deste modo, fica evidente que a maioria dos entrevistados convive com o canal por um tempo superior há 10 anos, o que garante a confiabilidade nas informações sobre a atual situação do canal em relação a períodos anteriores.

3.2. Percepção do morador

A percepção dos moradores sobre o canal de Ibiporã traz algumas reflexões importantes para alicerçar as estratégias de um programa de educação ambiental. O 1º ponto que chama a atenção é o fato da grande maioria não saber sobre a origem das águas do canal (55%), mostrando o desconhecimento sobre o eixo central onde se desenvolveu esse espaço urbano. Os outros 45% afirmaram que o canal se origina no Rio Capibaribe, o que é um equívoco já que são oriundas do Rio Beberibe e desaguam no Rio Capibaribe.

A grande maioria dos entrevistados (79%) dizem não usar o canal. Dentre os que usam o canal, 17% usam para jogar resíduos e 4% usam para se banhar. Apenas estes 4% não consideraram a água do canal suja, mas todos inclusive eles acreditam correr riscos de contrair doença ao entrarem em contato com a água. No entanto, mesmo acreditando nos riscos para a saúde nem os 4% deixaram de tomar banho e nem os 17% deixaram de jogar lixo, de modo que se faz necessário uma maior sensibilização da comunidade tanto para o cuidado com a própria saúde quanto para o cuidado com o canal. O fato da maioria não atribuir um uso ao canal torna-o irrelevante para a comunidade, sendo importante discutir suas funções e seu potencial de uso uma vez que esteja bem cuidado.

Cruz e Barreiro (2013) alegam que a falta de consciência ambiental nas comunidades se torna clara ao verificarem locais onde a própria comunidade polui o espaço que vive. Uma interpretação fácil seria a da falta de consciência dessa fatia da população, porém a que se considerar que a coleta de lixo no bairro é bastante precária, de modo que o canal acaba por ter a função de levar embora o lixo.

voltar ao
SUMÁRIO

Sobre os tipos de resíduos mais frequentemente vistos no canal: 38% citaram resíduos provenientes de esgoto, 30% restos de alimentos, 12% óleo, 10% restos de podas e 10% resíduos inorgânicos como plástico, garrafas pet, dentre outros (Figura 2).

Figura 2. Canal Ibiporã servindo de depósito de lixo na comunidade do Coque, ilha Joana Bezerra, Recife, PE. **Fotos:** Eliude Melo

Uma vez que todos percebem o canal como uma ameaça à sua saúde e a grande maioria cita o esgoto como a principal fonte de contaminação, fica evidente que não é apenas a comunidade a responsável pela contaminação do canal. Ao adentrar a comunidade do Coque, a água do Rio Beberibe que nasce na APA Aldeia-Beberibe, já atravessou a cidade do Recife, recebendo esgotos de várias localidades. No entanto, a que se perceber que a nascente do Beberibe está na região metropolitana, de modo que a administração municipal é a principal responsável pela grave situação desse Rio, mas é também a instância capaz de alavancar mudanças dessa realidade.

Nessa perspectiva, a comunidade do Coque não pode ser responsabilizada sozinha pela situação do Canal. É importante que um programa de educação ambiental também informe a população sobre a necessidade de se mobilizarem contra as injustiças ambientais da qual são vítimas, uma vez que ao se localizarem próximo à foz do rio recebem o ônus de conviver com o esgoto não tratado de boa parte do município. Essa situação por si só já condena essa área à pobreza, uma vez que pelas próprias condições do canal, ela não tem valor no mercado imobiliário.

voltar ao
SUMÁRIO

A maior parte dos entrevistados sabe que a solução depende do empenho de todos (59%), de forma que é importante criar canais de comunicação que dê visibilidade a essa população e às injustiças ambientais que veem sofrendo. Assim cada cidadão terá chance de reconhecer o impacto de seus dejetos no território urbano, de modo a se organizar para tratar seu próprio dejeto ou pressionar o mercado imobiliário a incluir formas de tratamento de esgoto em seus empreendimentos e os órgãos governamentais a fiscalizar. Os entrevistados corroboram com essa visão, uma vez que apenas 27% afirmaram que a responsabilidade seria exclusivamente dos moradores. Os outros 15%, embora provavelmente desconhecendo a Política Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Recife em seu artigo 7º (Lei nº 18.208/2015)**,** reconhecem ser um dever municipal.

Sobre as ações que podem contribuir para a melhoria da qualidade do canal a fim de garantir a sua funcionalidade e consequentemente bem-estar da população, 33% acreditam ser necessário limpeza mais frequente, outros 33% acreditam ser necessário fiscalização para impedir que descartem lixo no canal e os 34% restantes entendem ser preciso educar as pessoas para que cuidem do canal. É interessante notar que não foram citadas ações preventivas, como por exemplo o tratamento de esgoto antes de serem jogados no canal, embora o esgoto tenha sido citado como a principal fonte de poluição. Esse desconhecimento das ações preventivas tornam a comunidade mais tolerante com a situação atual.

Deste modo, a mobilização da população para cuidar do canal deve partir da construção de um vínculo que precisa incluir o conhecimento da história desse canal, de seu trajeto espacial e temporal. O interesse por algo ou por alguém sempre vem atrelado a um desejo de saber mais sobre o outro. Para Henrique Leff (2001), os limites da sociedade na leitura de sua própria intervenção e responsabilidade por conter a crise ambiental, nada mais é do que "o efeito do pensamento com o qual construímos e destruímos o nosso mundo". É nesse contexto que a realidade "de fora" pode ganhar significação no universo pessoal de cada um, passando a ser internalizada. Além disso, a significação de algo também passa pela compreensão de qual a sua função.

Segundo o site oficial da Prefeitura da Cidade do Recife (datado de 2013), o revestimento do Canal do Ibiporã é uma das obras mais esperadas pelos moradores da comunidade do Coque, na Ilha Joana Bezerra. "*Os serviços incluem construção de calçadas*

voltar ao
SUMÁRIO

ao longo do canal, implantação de ciclovia, rampas de acessibilidade, seis passarelas para pedestres, iluminação pública e plantio de grama e árvores de pequeno porte. Com previsão de um ano para a conclusão, o projeto contempla também a pavimentação da Rua Ibiporã." Para o secretário Nilton Mota, com a conclusão do canal, a comunidade do Coque passará a ter acesso mais facilitado aos serviços básicos: "*A obra vai melhorar a condição de saúde das famílias, reduzirá o risco de alagamento na região e vai promover a valorização imobiliária do bairro*".

No entanto, pelo menos até dezembro de 2017 o canal continuava em situação precária. De acordo com o projeto, cerca de 48 mil famílias serão beneficiadas diretamente pelas intervenções no local, entretanto não se falou em atividades relativas a educação ambiental da população local que, obviamente, precisa fazer a sua parte na manutenção do espaço quando a obra for concluída.

Na comunidade é evidente a deficiência de um sistema de saneamento básico e de coleta de resíduos que atrelada à falta de consciência ambiental impulsionam a população a depositar seus resíduos em locais inadequados, como valas e canais abertos e até mesmo nas águas da maré, prejudicando diretamente a qualidade das águas. Atualmente há várias obras de infraestrutura e projetos sociais sendo implementadas, de modo que o engajamento da população através de ações de educação ambiental pode dar uma contribuição importante para mudar as atitudes na nova realidade que vem sendo construída.

4. CONCLUSÃO

A carência dos moradores somada ao baixo nível de escolaridade da população local justificam o fato de a maioria dos moradores do entorno do Canal do Ibiporã não terem a percepção de que o canal é importante para a localidade, ignorando a sua funcionalidade de drenar, especialmente, as águas pluviais evitando possíveis enchentes. Os moradores acabam atrelando as águas sujas e insalubres à nenhuma função ou à função de escoamento de lixo, o que intensifica as más condições do local que precisa tanto da intervenção do poder público quanto da colaboração dos moradores para a devida revitalização e sanidade do referido canal. Deste modo, fica evidente a necessidade de um trabalho sério de educação ambiental,

voltar ao
SUMÁRIO

especialmente porque a função de drenagem das águas pluviais está seriamente comprometida.

Para o desenvolvimento de atividades e programas de educação ambiental eficientes é necessário o conhecimento da realidade local, de como as pessoas percebem o meio ambiente onde estão inseridas, de seus valores, hábitos, tendências e, principalmente, de suas necessidades. Para que ocorra essa educação não é só necessário informar, mas deve ser gerada uma ação (trans) formativa no cotidiano dos envolvidos. Levar os indivíduos a mudar alguns hábitos incorporando pequenas atitudes que envolvem consciência ambiental pode ter um grande impacto na preservação do meio ambiente.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Educar para uma Cidade Sustentável da Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Recife pela parceria com o projeto; À EMTI Professor José da Costa Porto pela disponibilidade durante o desenvolvimento da pesquisa; Aos estudantes do 9º ano da EMTI Professor José da Costa Porto pelo empenho na pesquisa de campo e teórica. À população local pela acessibilidade na participação.

6. REFERÊNCIAS

ARRUDA, J. B. de. **Os canais na paisagem do Recife:** por um sistema azul. Monografia de Graduação em Arquitetura. Recife, UFPE, 2005.

BARROS, P. S. C.; DOURADO JÚNIOR, O. C. Interesse popular na gestão e conservação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Canal da Tamandaré, Cidade Velha, Belém, Pará. **Revista Eletrônica de Direito da Faculdade Estácio do Pará**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2016.

CRUZ, A. G; BARREIRO, E. A percepção ambiental sobre os efeitos da poluição pelos alunos do ensino fundamental do bairro Santa Quitéria, Curitiba-PR. In: **II Simpósio de Estudos Urbanos**. Paraná: UEPR, 2013. Anais do II Simpósio de Estudos Urbanos 2013.

FARIA, T. J. P.; QUINTO JUNIOR, L. P. Os canais como estruturadores do espaço urbano: os projetos de Saturnino de Brito para as cidades de Campos dos Goytacazes/RJ e Santos/SP. Rev. **Anais do Seminário de História da Cidade e do Urbanismo.** V. 10, n. 2, p. 1-12, 2008.

voltar ao
SUMÁRIO

_____. Métodos e Técnicas de Pesquisa em Educação Ambiental. In: PHILIPPI J. R; PELICIONI, M. C. F. (Editores). Educação Ambiental e Sustentabilidade. Barueri - SP: Manole, 2005.

GOUVEIA, R. L.; FERNANDES, M. L. B.; A. K. SILVA; DANTAS, S. N. Resíduos sólidos no entorno de um canal de drenagem na cidade do Recife: um problema social na gestão pública. **Revista da Ciência da Administração**, versão eletrônica, v.14, Ago. - Dez., 2016.

LEFF, E. H. **O direito à cidade.** São Paulo: Centauro, 2001.

SANTOS, C. M. R.; SCHULER, C. A. B. Estimativa e análise das variações espaço-temporais ocorridas no Rio Beberibe Olinda/PE em função da antropização resultante da ocupação urbana irregular. **Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/224.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2017.

SILVA, E. S.; ALBUQUERQUE, M. J. F. C. Drenagem urbana de Macapá/AP: um estudo em Geografia da Saúde. **Anais do Encontro de geógrafos da América Latina**, Peru, 2013.

TUCCI, C. E. M., COLLISHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (Org.). **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade, p. 119 – 127, 2000.

UNGARETTI, A. R. Perspectiva socioambiental sobre a disposição de resíduos sólidos em arroios urbanos: um estudo na sub-bacia hidrográfica Mãe D'água no município de Viamão-RS. **Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Ambiental**. UFRGS, Porto Alegre, 2010.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 45
SENSAÇÃO TÉRMICA PELO MÉTODO DE THOM NO MUNICÍPIO DE CARUARU – PE, BRASIL

THERMAL FEELING BY THOM METHOD IN THE MUNICIPALITY OF CARUARU - PE, BRAZIL

Aline Pereira de Oliveira Lima Silva*, Romildo Morant de Holanda*, Vicente de Paulo Silva*, Cristiano José da Silva*, Raimundo Mainar de Medeiros*

**Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil **

RESUMO

O crescimento da população, agregado a falta de planejamento urbano é um dos principais responsáveis pela redução da qualidade de vida nas cidades. A concentração de construções, a pavimentação, a poluição atmosférica, as vendas automotivas consumindo combustível e a energia, a falta de vegetação e a baixa taxa de evaporação não resultam em aumento da temperatura, ilhas de calor e ausência de ruptura térmica. Tais condições, somadas à seca, são determinantes para uma qualidade de vida e saúde dos habitantes e são comumente calculadas através de índices de desconforto. Avaliação do desempenho urbano nos anos 2008, 2011, 2012 e 2016 e seu comparativo com o período 2008-2017 para ocorrências de eventos extremos El Niño (a) e suas consequências em níveis de conforto para as Caruaru. O estudo foi realizado no município de Caruaru, que está localizado na mesorregião do Agreste com o clima de semiárido marcado por verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pouca vazão e o potencial de água subterrânea é baixo. Os dados coletados são referentes à Estação Meteorológica Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). De acordo com o índice de utilização, utilizou-se uma classificação determinada por Giles et al. (1990), que indica faixas de desconforto térmico que afetam a população. Durante a análise dos dados foi registada a seguinte: Índices de Desconforto Térmico (IDT) dos membros superiores e superiores da série com uma taxa de 1 ° C. Percebeu-se que a maioria dos meses se encaixa na faixa 2, representando que menos de 50% da população tem a desconforto térmico, como resultado inesperado, uma vez que a região está caracterizada por um clima semiárido.

Palavras-Chaves: Ilhas de calor, Índice de desconforto térmico, Microclima urbano.

ABSTRACT

Population growth, coupled with the lack of urban planning is one of the main responsible for reducing the quality of life in cities. Concentration of buildings, paving, air pollution, fuel and energy consuming automotive sales, lack of vegetation, and low evaporation rate do not result in increase in temperature, heat islands and absence of thermal breakdown. These conditions, together with the drought, are determinants for a quality of life and health of the inhabitants and are commonly calculated through indices of discomfort. Evaluation of urban performance in the years 2008, 2011, 2012 and 2016 and its comparison with the period 2008-2017 for occurrences of extreme events El Niño and its consequences in levels of comfort for the Caruaru. The study was carried out in the municipality of Caruaru, which is located in the Agreste mesoregion with the semi-arid climate marked by hot and dry summers and mild and rainy winters. The area of the unit is cut by perennial rivers, but of low flow and the groundwater potential is low. The data collected refer to the Automatic Meteorological Station of the National Institute of Meteorology (INMET, 2018). The analysis is the use of scientific analysis and the use of science and methods of the climate in the level of this study is the date between 2008-2017. of 2008, 2011, 2012 and 2016; according to the utilization index, a classification determined by Giles et al. (1990), which indicates ranges of thermal discomfort affecting the population. During the data analysis, the following data were recorded: Thermal Discomfort Index (TDI) of the upper and upper limbs of the series with a rate of 1 ° C. It was noticed that most of the months fall within the range 2, representing that less than 50% of the population has thermal discomfort, as an unexpected result, since the region is characterized by a semi-arid climate.

Keywords: Islands of heat, Index of thermal discomfort, Urban Microclimate.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O clima é um fator condicionante de muitas variáveis do comportamento humano como: estado de saúde, tipo de roupa, maior ou menor adaptação ao meio ambiente, perda de calor e outros. Sendo assim, a realização de atividades, tanto ativas quanto passivas, dos habitantes urbanos, necessitam de ambientes que sejam confortáveis termicamente. (LABAKI et al., 2011). O crescimento desenfreado da população urbana, suas atividades e o rápido implante de estruturas nas cidades brasileiras, sem o devido planejamento, são grandes causadores de alterações no microclima local, resultando no aumento do albedo e da poluição atmosférica e desenvolvimento de ilhas de calor; (MEDEIROS et al. 2017; SANT'ANNA NETO, 2011; SILVA et al, 2015).

Tajiri et al (2011) descrevem que o micro clima urbano e/ou ilhas de calor, elemento que ocorre quando a temperatura em determinadas áreas dos centros urbanos fica maior do que a temperatura nas áreas periféricas, devido a concentração de fontes de calor, como: edifícios, pavimentação, poluição atmosférica, veículos consumindo combustível e liberando energia, falta de vegetação resultando baixa taxa de evaporação, refletem todo o desconforto gerado por estes elementos climáticos que se formam quando há barreiras geomorfológicas, ou onde as construções e emissões de poluentes atmosféricos que dão origem ao aumento da temperatura.

Segundo Barcellos et al. (2009), as características climáticas como: temperatura, umidade e precipitação, associadas às características físicas e químicas dos poluentes presentes na atmosfera, podem potencializar os efeitos causados por mudanças climáticas. Alta temperatura e baixa umidade do ar favorecem o transporte de poluentes, que associados às condições climáticas podem afetar a saúde da população, mesmo distantes das fontes geradoras de poluição. Isto pode aumentar os efeitos de doenças respiratórias e demais complicações associadas à baixa umidade, como alergias, sangramentos nasais, ressecamento de pele e irritação nos olhos segundo Pinto et al. (2008).

Santos et al. (2017) afirmam que a geometria urbana, a vegetação, os níveis de umidade e a propriedade térmica dos materiais das superfícies de recobrimento, associados ao aumento da temperatura do ar influenciam diretamente no conforto térmico das áreas urbanas.

voltar ao
SUMÁRIO

Para Lamberts et al. (2006) o conforto térmico como uma sensação humana é subjetivo e leva em consideração fatores físicos, fisiológicos e psicológicos, interferindo diretamente em fatores como a satisfação do homem ou seu bem-estar em se sentir termicamente confortável; a performance humana, que tem uma tendência a redução quando sob desconforto térmico; e a conservação de energia. Assim, através do conhecimento das condições ideais de conforto térmico para um grupo, é possível evitar gastos excessivos com calefação ou refrigeração.

O conforto térmico possui variáveis que estão divididas em variáveis ambientais e variáveis humanas. As variáveis humanas são: metabolismo gerado pela atividade física e resistência térmica oferecida pela vestimenta e as ambientais são: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar. Além disso, variáveis como: sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura, entre outros, podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas (LAMBERTS, 1997). Os estudos sobre conforto térmico tanto em ambientes internos, quantos externos utilizam índices na determinação de faixas de sensação térmica, a partir de modelos baseados nas variáveis ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. Tais índices visam indicar a condição de conforto/desconforto para um local em um determinado período (MEDEIROS et al. 2017).

Objetiva-se avaliar e analisar a sensação térmica urbana nos anos 2008, 2011, 2012 e 2016 e seu comparativo com o período 2008-2017 para ocorrências de eventos extremos El Niño(a) e suas consequências em níveis de conforto para as condições climáticas de Caruaru.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquaritinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caitano. A área municipal ocupa 928,1 km2 e representa 0,94% do Estado de Pernambuco, sendo que 16,6 km² estão em perímetro urbano e os 903,9 km² restantes formam a zona rural. A sede do município tem

altitude de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35° 58'W de longitude, localizando-se a 140,7 km da capital. Na figura 1 tem-se a localização do município de Caruaru (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005).

O clima de Caruaru de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928) é do tipo semiárido, possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos, estando de acordo com Alvares et al. (2014). A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os seus meses seco ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), formação dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), contribuição dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade a quais condensam e formam nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, formações das linhas de instabilidades, orografia e suas contribuições locais e regionais formando nuvens e provocando chuvas de moderada a forte segundo Medeiros (2016).

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar compreendidos entre os períodos de 2008 a 2017 foram fornecidos da Estação Meteorológica Automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,2017) em operação na área de estudo. Trabalhou-se com os anos 2008, 2011, 2012 e 2016 por terem sido anos de influência dos referidos fenômenos.

2.1. NÍVEIS DE CONFORTO TÉRMICO

Para analisar o nível de conforto térmico utilizou-se do índice bioclimático proposto por Thom (1959), mais comumente utilizado em estudos de clima urbano, para descrever a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climática ambiental. Este índice fornece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar.

Na estimativa do índice de desconforto de Thom (IDT), em graus Celsius, a equação 1foi aplicada:

$$IDT=T-(0,55-0,0055UR)(T-14,5) \quad (1)$$

voltar ao
SUMÁRIO

Onde:

T é a temperatura do ar (ºC) e

UR é a umidade relativa do ar (%).

Na caracterização do nível de desconforto térmico, foi utilizada a classificação proposta por Giles et al. (1990) e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).

Faixas	IDT (º C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT < 27,0	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT < 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT < 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de emergência médica

Fonte: GILES; BALAFOUTIS (1990).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras de 2 a 5 tem-se o comparativo entre o índice de desconforto térmico (IDT) médio e o desconforto térmico dos anos 2008-2017 e suas variabilidades em fase do fenômeno de larga escala El Nino e La Nina para município de Caruaru – PE

Na figura 2 destaca-se o ano de 2008 que registou IDT elevados nos meses de janeiro, fevereiro, com uma variação máxima de 1,8 °C. Nos meses de abril, julho a outubro o IDT fluiu abaixo da média histórica com variações de 0,2 °C a 05 °C. Nos meses de março, maio e junho registrou-se insignificante diferença entre os períodos estudados.

A ação da La Niña principalmente no período seco demonstrou a não influencia na elevação da temperatura e do IDT.

voltar ao
SUMÁRIO

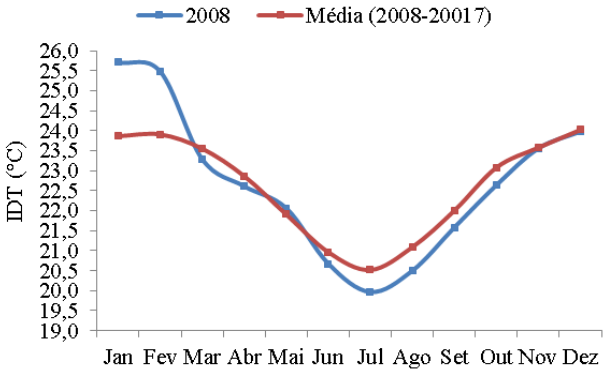


Figura 1 - Comparativa entre o índice de desconforto térmico médio e o desconforto térmico do ano de 2008 no município de Caruaru – PE. Fonte: O autor, 2018.

Na figura 3 observa-se durante o ano de 2011 que o IDT se manteve próximo da série histórica. Os meses de agosto a fevereiro apresentaram valores reduzidos em relação a média com oscilação máxima de 0,8 °C. Nos meses de março a julho as variações foram insignificantes, ou seja, as oscilações foram próximas quando se realizou seu comparativo.

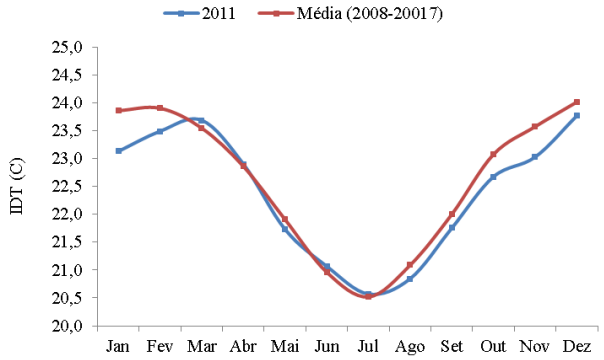


Figura 2 - Comparativa entre o índice de desconforto térmico médio e o desconforto térmico do ano de 2011 no município de Caruaru – PE. Fonte: O autor, 2018.

Observando-se a figura 4 onde se registram IDT abaixo da média histórica nos meses de abril a julho com flutuações de até 2,5°C, nos meses de janeiro e fevereiro a variação do IDT foi reduzido de 0,8°C comparado com a média. Nos meses de agosto a dezembro ocorreu aumento do IDT em 2,7°C, com destaque nos meses de outubro, novembro e dezembro, sendo os de altos IDT.

voltar ao
SUMÁRIO

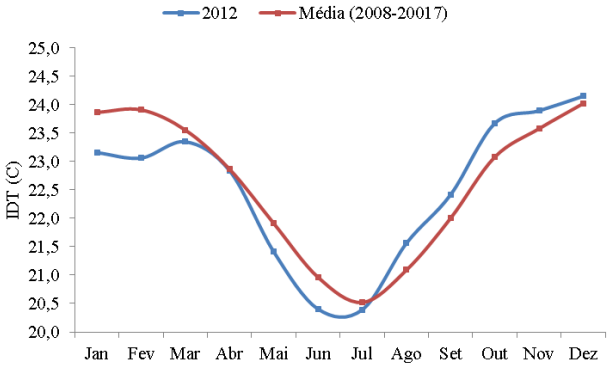


Figura 3 - Comparativa entre o índice de desconforto térmico médio e o desconforto térmico do ano de 2012 no município de Caruaru – PE. Fonte: O autor, 2018.

Na figura 5, destaca-se o ano de 2016 com IDT acima da média durante os meses de março a dezembro, com flutuações entre 0,7 °C a 0,2 °C. Nos meses de janeiro e fevereiro o IDT fluiu abaixo da climatologia (2000-2017). O trimestre de elevado e reduzido IDT são outubro a dezembro e junho a agosto.

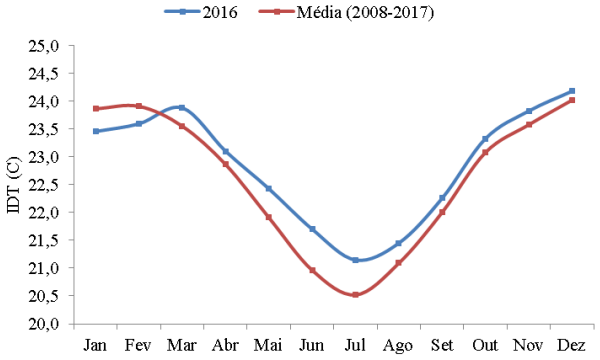


Figura 4 - Comparativa entre o índice de desconforto térmico médio e o desconforto térmico do ano de 2016 no município de Caruaru – PE. Fonte: O autor, 2018.

4. CONCLUSÃO

Utilizando-se a classificação de Gilles foi possível perceber que a maioria dos meses se encaixa dentro da faixa 2, representando que menos de 50% da população sente o desconforto térmico. Este resultado não era esperado para a região, uma vez que esta se caracteriza por um clima semiárido.

Nos meses de novembro a fevereiro o índice de desconforto esteve mais próximo à 24°C, representando que mais de 50% da população sofre com o desconforto térmico,

voltar ao
SUMÁRIO

chegando a 25,7°C e 25,5 °C em janeiro e fevereiro de 2008, sendo o inverno ocorrido nesta época do ano.

Durante os meses de junho, julho e agosto, para os anos de 2008, 2011 e 2012, o índice de conforto térmico esteve abaixo dos 21 °C, representando que não existiu desconforto térmico na região durante essa época do ano, que representam os meses que ocorre o inverno na região.

O El Nino chega a influenciar em anos aleatórios para o aumento do IDT e a La Nina tem pouca influência sobre o conforto térmico

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais e a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

6. REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22, 711–728. 2014.

ARRUDA, K.E.C. Estudo da Amenidade Térmica Proporcionada pela Reserva Ecológica de Dois Irmãos, Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 196-203, 2010.

BARCELLOS, C. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. v. 18, n. 3, p. 285- 304, 2009.

COSTA, A.D.L. **O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido**. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Unicamp, Campinas/SP. 2007.

FREITAS, A. Ilha de calor urbana: um estudo de caso no Campus IV da UFPB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 811 – 822, 2015.

GILES, B.D.; BALAFOUTIS, C.H. The Greekheatwavesof 1987 and 1988. **International Journal of Climatology**, v.10, n.1, p.505–517, 1990.

voltar ao
SUMÁRIO

KATZSCHNER, L; BOSCH, U.; ROTTEGEN, M. Behavior of people in open spaces independency of thermal comfort conditions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVEAND LOW ENERGY ARCHITECTURE. **Anais,** France, James & James Ltd., p.411-415. 2002.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928.

LABAKI, L.C.; SANTOS, R.F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C.L.; ABREU, L.V. Artigo: Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Belo Horizonte: Fórum Patrimônio. **Mudanças climáticas e o impacto das cidades**, v.4, n.1, p. 23-42, 2011.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A.; GOULART, S.; VECCHI, R. Conforto e stress térmico. Junho/2011. Notas de aula. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Ed. PW, 1997.

MEDEIROS, R.M. **Fatores meteorológicos atuantes no Estado de Pernambuco**. 2016.

MEDEIROS, R. M.; BEZERRA, A. P. X. G. B.; FALCÃO, S. M. P.; CAMPOS, J. H. B. C.; HOLANDA, R. M. Avaliação do índice de conforto térmico no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro**, XX CBAGRO e V SMUD. Juazeiro- BA/Petrolina- PE. 14 a 18 de agosto de 2017.

MELO,V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUZA, F.A.S. Variação média mensal e anual da umidade relativa do ar para 11 municípios no estado de Pernambuco, Brasil. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. 15 a 18 de setembro de 2015. 2015.

MESQUITA, G. B.; ANDRADE, A. M. O desenvolvimento local de caruaru via indústria de confecção: uma alternativa possível? **Interfaces**, Caruaru, v. 6, n. 2, p. 1-14, 2006.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

PINTO, H.S.; ZULLO-JR, J.; AVILA, A.M.H. **Umidade do ar: saúde no inverno**. Setembro de 2008. Disponível em: Acesso em: janeiro 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011.

SANTOS, G. D.; SANTOS, J. S.; SILVA, I. A.; FURTADO, G. D.; GONZAGA, B. S.

voltar ao
SUMÁRIO

Estudo das condições de conforto térmico em escolas públicas municipais de tempo integral na cidade de João Pessoa – PB**. Revista Brasileira de Agrotecnologia**. v. 7, n. 3, p. 1-10, 2017.

SILVA, J. F.; FERREIRA, H. S.; SANTOS, M. O. Considerações sobre os estudos em clima urbano. **Revista GEAMA**, v.1, n.2, p. 163-169, 2015.

SILVA-JUNIOR, J.L.R. Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 37, n.6, p.759-767, 2011.

SOUSA, N.M.N.; DANTAS, R.T.; LIMEIRA, R.C. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, p. 183-192, 2007.

TAJIRI, C.A.H.; CAVALCANTI, D.C.; POTENZA, J.L. Habitação Sustentável. **Cadernos de Educação Ambiental**. Governo do Estado de São Paulo, 2011. 111p. Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 46
VARIABILIDADE DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR NO ESTADO DE PERNAMBUCO

VARIABILITY OF AVERAGE AIR TEMPERATURE IN THE STATE OF PERNAMBUCO

Raimundo Mainar de Medeiros[*], Marcelo Kozmhinsky[**], Romildo Morant de Holanda[***], Vicente de Paulo Silva[***]

[*]Prof. Pos-Doc, Dr. Faculdade Adelmar Rosado, Teresina – Piauí, Brasil.
[**]Mestre em Engenharia Ambiental, UFRPE.
[***]Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, PE, Brasil.

RESUMO
As oscilações da temperatura do ar são importantes para auxílio de informações agrícola e do conforto térmico em região e/ou lugar.Objetivou-se a realização de analise da variabilidade espaço-temporal da temperatura média do ar do Estado do Pernambuco distribuída pelas regiões homogêneas. Os dados de Temperatura do ar foram obtidos de algumas estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia operacionalizada no Estado e suas complementações foram calculadas pelo Software Estima_T.Os resultados demonstraram que as flutuações térmicas estão relacionadas com a elevação e a latitude, sendo uma das variáveis fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura mensal e anual na área de estudo. As flutuações da temperatura média decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente. Ocorreram reduções de temperatura em conformidade com o deslocamento do período chuvoso e as atuações e/ou contribuições dos efeitos regionais e locais.

Palavras-Chaves:Oscilações térmicas, Variabilidade climática, Sistemas atmosféricos.

ABSTRACT
Air temperature oscillations are important to aid agricultural information and thermal comfort in region and/or place. The objective of this study was to analyze the spatial and temporal variability of the mean air temperature of the State of Pernambuco distributed by the homogeneous regions. The data of air temperature were obtained from some climatological stations of the National Institute of Meteorology operationalized in the State and its complements were calculated by the Software Estima_T. The results showed that thermal fluctuations are related to elevation and latitude, being one of the physiographic variables that best explain the monthly and annual temperature variation in the study area. The fluctuations of the average temperature are derived from the synoptic systems that are active during the rainy season and the dry season, as well as the impacts on the environment. There have been reductions in temperature in accordance with the rainy season displacement and the performances and / or contributions of regional and local effects.

Keywords: Oscilações térmicas, variabilidade climática, sistemas atmosféricos.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os seres vivos que povoam o planeta vivem adaptados à energia do ambiente. Além de variação diária, a temperatura do ar varia também ao longo do ano, conforme a disposição do relevo e da latitude, que influencia na distribuição da radiação solar. A temperatura do ar tem um efeito claro no desenvolvimento dos seres vivos, uma vez que a temperatura é um dos mais importantes elementos meteorológicos, pois traduz os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e consequentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos em conformidade com Dantas et al. (2000).

As informações das condições climáticas de uma determinada região ou área é necessária para que se possam estabelecer táticas, que visem o manejo adequado dos recursos naturais, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região em conformidade com Sousa et al. (2010). A temperatura do ar expressa de maneira simples à energia contida no meio. No decorrer de um dia a energia a disposição do ambiente oscila entre dois valores extremos, ou seja, entre a temperatura mínima e a máxima. Como essa energia vai de um extremo ao outro, ela atua no continuo estimulo aos processos fisiológicos vitais nos seres vivos, a exemplo do desenvolvimento e crescimento das espécies vegetais, como: transpiração, respiração, germinação, crescimento, floração e frutificação. Em cada estágio de desenvolvimento da planta existem faixas adequadas de temperaturas para seu perfeito desenvolvimento conforme Costa et. al., (2011).

Mello et al (2015) analisaram a variabilidade climática da temperatura máxima, média e mínima do estado de Pernambuco, enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Utilizaram dados de temperatura anuais no período de 1960 a 1990. Afirmaram que o conhecimento do comportamento climático de uma região é importante para estudos de previsão do tempo e principalmente para o planejamento agropecuário, contribuindo para informações ao homem do campo em não realizar queimadas na hora do preparo das terras para o plantio, evitando desta forma que aumento do referido parâmetro ocorram. A delimitação de um período mais quente ou mais frio serve de alerta as

voltar ao
SUMÁRIO

autoridades federais, estaduais e municipais e aos tomadores de decisões, para um melhor planejamento.

Medeiros et al (2012) calcularam a temperatura do ar média diária com o emprego de diferentes metodologias para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués localizados, respectivamente, na área litorânea, na região central do Estado do Piauí e pertencente à região semiárida, em terras do cerrado e desertificada. Utilizaram de cinco métodos para o cálculo da temperatura média diária do ar, sendo adotado como padrão o recomendado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os quatro métodos avaliados em relação ao padrão possuíram desempenho classificado como "Muito bom e Ótimo", com índice de confiança variando entre 0,83 a 0,98. Os resultados ainda indicam que nas condições climáticas da região de estudo os quatro métodos avaliados em relação ao padrão (INMET) podem ser utilizados nas estimativas das temperaturas médias diárias do ar.

Valeriano et al (2000) mostram que entre os elementos climáticos, a temperatura do ar é o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em animais e principalmente vegetais. O crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais são fortemente influenciados por esse elemento, pois a produtividade agrícola esta intimamente associada às variações na temperatura do ar

A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989) estabelece que para estudos comparativos de clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos mais longos possíveis e que existam nos dados consistência e homogeneidade na comparação dos valores observados, e, além disso, é necessário utilizar-se de um período determinado entre as mesmas séries.

Nogueira et al. (2012) e Correia et al. (2011). Concordam que a temperatura do ar se destaca entre as variáveis atmosféricas mais utilizadas no desenvolvimento de estudos de impactos ambientais com mudanças nos processos meteorológicos e hidrológicos. Sediyama et al. (1998) destacou que na grande parte do território nacional a escassez de dados meteorológicos é um dos fatores que mais limitam a realização de estudos detalhados sobre os tipos climáticos de diversas regiões, principalmente quando as mesmas apresentam ampla extensão territorial. Em todo o Nordeste brasileiro as oscilações da temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações

latitudinais em conformidade com Sales et al (2000).

Em conformidade com Marengo et al (2007), a amplitude térmica para Região Sul do Brasil apresentou tendências negativas agudas no período de 1960-2002, indicando que as temperaturas mínimas foram mais intensas que as máximas, especialmente no verão. Para Rusticucci et al. (2004), indicaram tendências negativas na amplitude térmica diurna, devido a variações positivas das tendências da temperatura mínima. De acordo com as análises de Marengo et al (2007), o aquecimento observado parece ser mais intenso no inverno que no verão, o que provavelmente está relacionado ao aumento do número de dias quentes no inverno de acordo com Campos (2010).

Lucchesi (1987) mostrou que a temperatura do ar exerce influência sobre diversos artifícios vitais nas plantas, como a fotossíntese, respiração e transpiração, evidenciando no crescimento vegetal e, nos estádios de incremento das culturas.

Ometto (1981) e Pereira et al. (2002) mostraram que os índices das temperaturas máximas e mínimas do ar permanecem integrados à disponibilidade da energia solar, da cobertura de nuvem, umidade relativa do ar e do solo, vento (direção e intensidade) e à parâmetros geográficos como orografia, altitude e latitude local.

Strassburger et al. (2011) afirmam que a amplitude térmica influencia na definição das épocas de semeadura, na escolha de cultivares e na adoção de práticas de manejo que busquem modificar o ambiente de cultivo.

A temperatura média do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, evaporação e relacionadas à agricultura por sua importância junto aos processos climáticos insolação são alvo de pesquisas especialmente. São os elementos meteorológicos que exercem influência direta sobre as condições agrícolas em conformidade com Amorim et al. (2004). Objetiva-se analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura média do ar e de seus trimestres quente e frio no Estado do Pernambucos e plotar suas cartas médias mensais e anuais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Pernambuco está localizado no centro-leste da região Nordeste do Brasil (NEB) e limitas ao norte com o estado da Paraíba, a noroeste faz divisa com o estado

do Ceará, na posição sudeste divisa com os estados da Alagoas e Bahia na posição sul e do com Piauí a oeste, além de ser banhado pelo oceano Atlântico no setor leste do nordeste. Ocupa uma área de 98.937.8 km². Faz parte do seu território os arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo.

Sendo um dos menores estados do Brasil em extensão territorial, Pernambuco possui grande diversidade de paisagens: planaltos, serras, brejos, semiaridez e belíssimas praias. O relevo é quase regular, sendo formado de planície litorânea cerca de 76% dele. À medida que deslocamos para o interior, encontram-se picos de montanhas ultrapassando os 1000 metros de altitude.

A cobertura vegetal é muito diversificada, com matas, manguezais e cerrados, além de forte presença da caatinga. A vegetação litorânea predomina em áreas próximas ao oceano, sendo encontrados muitos coqueiros, mangues e, em alguns casos, arbustos. A floresta tropical fica onde originalmente havia Mata Atlântica. Restaram poucos resquícios dessa importante floresta brasileira. Por fim, no agreste e no sertão pernambucano o que predomina é a vegetação da caatinga. Quanto à hidrografia, há muitos rios, principalmente na Região Metropolitana de Recife, que conta com 14 municípios. Os principais rios do estado são Capibaribe e Beberibe, Ipojuca, Una, Pajeú, Jaboatão e o rio São Francisco, este último extremamente importante no desenvolvimento do sertão, uma vez que possibilita a distribuição de água para as regiões atingidas pela seca.

Os sistemas meteorológicos provocadores e/ou inibidores de chuvas para o estado do Pernambuco que contribuem com índices pluviométricos de moderados a fraco são os vestígios de Sistemas Frontais no setor sul do estado em menor frequência, às contribuições das Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além das formações dos aglomerados convectivos e a contribuição da Alta da Bolívia. A Zona da Convergência Intertropical (ZCIT), perturbação associada à expansão para o hemisfério sul do equador térmico (zona de ascensão dos alísios por convecção térmica) provocam chuvas de moderada a forte em quase toda a área norte do Estado, seguidamente das contribuições das formações dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a Brisas Marítimas e Terrestres, sendo estes últimos originados no Oceano Atlântico; as Ondas de Leste são comuns no outono/inverno, auxiliadas pelos ventos alísios de sudeste, as ondas atingem a

costa oriental do Nordeste, provocando chuvas fortes, outro indutor de precipitações em conformidade com a figura 1. (Figura 1. Ilustrações dos fatores meteorológicos atuantes no estado do Pernambuco).

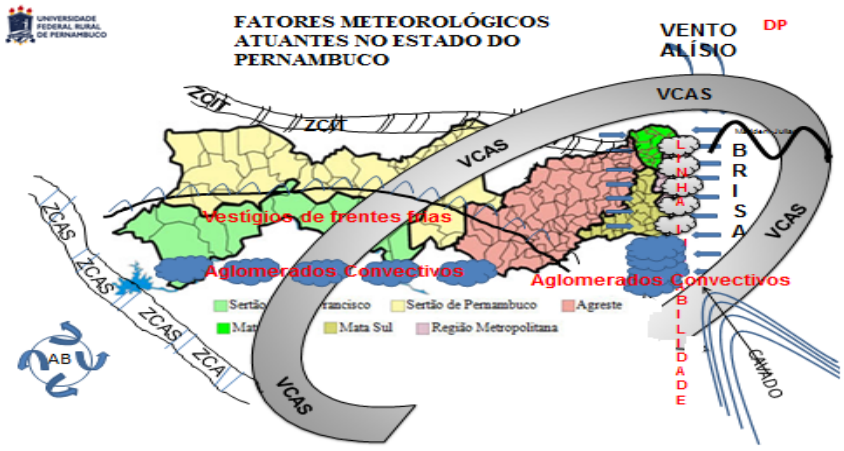


Figura 1. Fatores meteorológicos atuantes no estado do Pernambuco. **Fonte:** Adaptada por Medeiros (2016).

Utilizaram-se valores da temperatura média compensada do ar estimadas pelo software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Estima_T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil. A referida região foi dividida em três áreas: sendo a área 1 que compreende os estados do Maranhão e Piauí; a área 2 especifica para os estado do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e a área 3 para os estados da Alagoas; Sergipe e Bahia. Para cada regiões (1, 2 e 3) determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com os autores Cavalcanti e Silva (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\emptyset + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\emptyset^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\emptyset + C_8\lambda h + C_9\emptyset h$$

Em que:

C_0, C_1,...., C_9 são as constantes;

λ, λ^2, $\lambda\ \emptyset$, $\lambda\ h$ longitude;

$\emptyset$, $\emptyset^2$, $\lambda\ \emptyset$ latitude;

h, h^2, $\lambda\ h$, $\emptyset\ h$ altura.

voltar ao
SUMÁRIO

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta a anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Silva et al., 2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \qquad i= 1,2,3,...,12 \qquad j= 1950, 1951, 1952,....2015$$

Em que:

i= 1,2,3,...,12

j= 1950, 1951, 1952, 1953,...,2015.

Elaboraram planilha eletrônica com os respectivos dados mensais e anuais de temperatura realizaram-se os preenchimentos de falhas seguidamente de suas consistências.

O software Surfer 10 foi aplicado para realiza-se as estatísticas utilizando do processo da krigagem, confeccionando-se os referidos mapas mensal e anual. Os dados utilizados foram do período de 1962-2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 a 13 demonstram as variabilidades mensais e anuais da temperatura média para o estado do Pernambuco.

Na figura 2 tem-se a variabilidade da temperatura média mensal do estado do Pernambuco onde se pode observar na costa litorânea e na zona da mata norte e sul oscilações médias fluindo entre 26 °C a 27,2 °C registra-se pequenas áreas no extremo oeste e no final da zona da mata norte. Na divisa com a Paraíba as temperaturas médias fluem entre 22,4 °C a 25,6 °C. Destaca-se que entre a divisa de Alagoas e Bahia registra-se temperatura média entre 24 °C a 25,2 °C. Na região central e sertão as temperaturas oscilam entre 22,4 °C 25,2 °C estas variabilidades de maiores acréscimos na região citada deve-se a flutuação do período chuvoso e aos fatores transientes predominantes no período.

voltar ao
SUMÁRIO

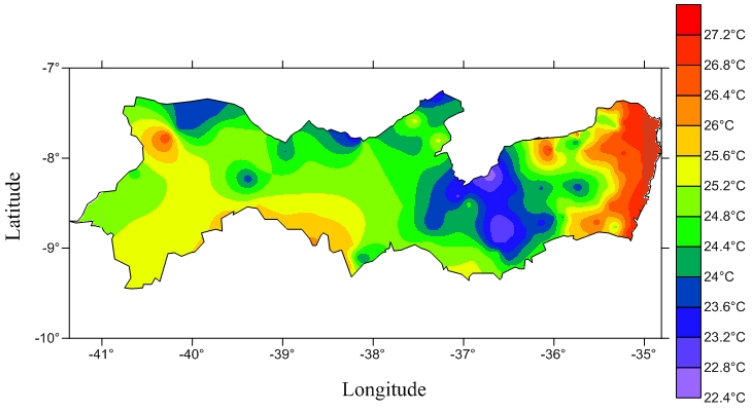


Figura 2. Temperatura média do mês de janeiro para o Estado do Pernambuco.

Figura 3 demonstram as flutuações das temperaturas médias do mês de fevereiro para o Estado do Pernambuco. Na região central e sertão ocorreu aumento da área de temperatura assim como na divisa de Alagoas e Bahia seguidamente de aumento significativos na divisa da Paraíba a parte litorânea e das zonas da mata norte e sul praticamente manteve entre a regularidade quando comparada a do mês de janeiro.

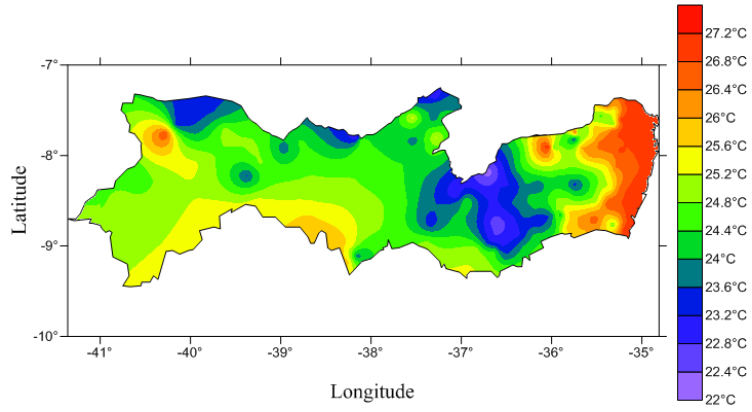


Figura 3. Temperatura média do mês de fevereiro para o Estado do Pernambuco.

No mês de março figura 4 destacam-se reduções de área com temperatura entre 25,6 °C a 26,6 °C na faixa litorânea e zona da mata norte e sul, na região central e sertão registra-se este aumento de área com temperatura oscilando entre 22,8 °C a 24,4 °C salienta-se ainda variabilidades de áreas com temperatura na divisa da Paraíba, Alagoas e Bahia.

voltar ao
SUMÁRIO

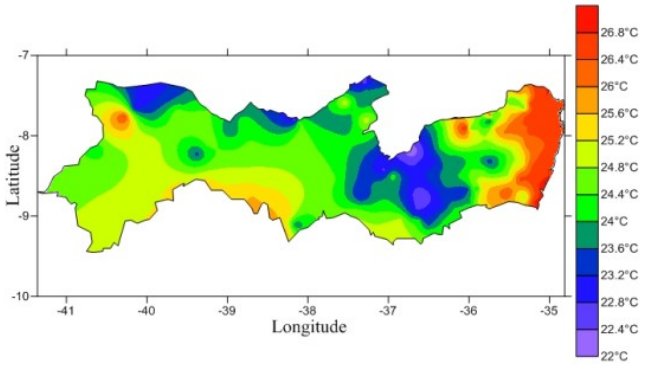


Figura 4. Temperatura média do mês de março para o Estado do Pernambuco.

Na Zona da Mata e na área litorânea a temperatura média oscilou entre 22,6 °C a 26,2 °C. Na região central as flutuações térmicas médias fluíram entre 21 °C a 23,8 °C. Na divisa com Alagoas e Bahia as temperaturas médias oscilaram entre 23,4 °C a 25 °C. Já na divisa com o Estado da Paraíba as flutuações térmicas ocorrem na faixa de 25,8 °C a 22,2 °C. No extremo oeste as temperaturas médias oscilam entre 23,8 °C a 25,8 °C (figura 5).

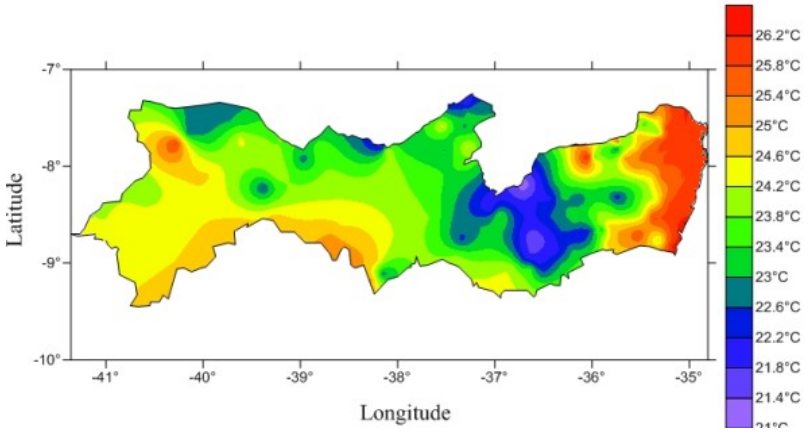


Figura 5. Temperatura média do mês de abril para o Estado do Pernambuco.

As flutuações das temperaturas médias mensais do mês de maio para o estado do Pernambuco esta representada na figura 6. No alto sertão e agreste a temperatura média do mês de maio oscilou entre 21,2 °C a 24,4 °C na região central as temperaturas médias fluíram entre 20 °C a 22,8 °C na zona da Mata e na Faixa litorânea as temperaturas médias oscilaram entre 21,6 °C a 25,5 °C.

voltar ao
SUMÁRIO

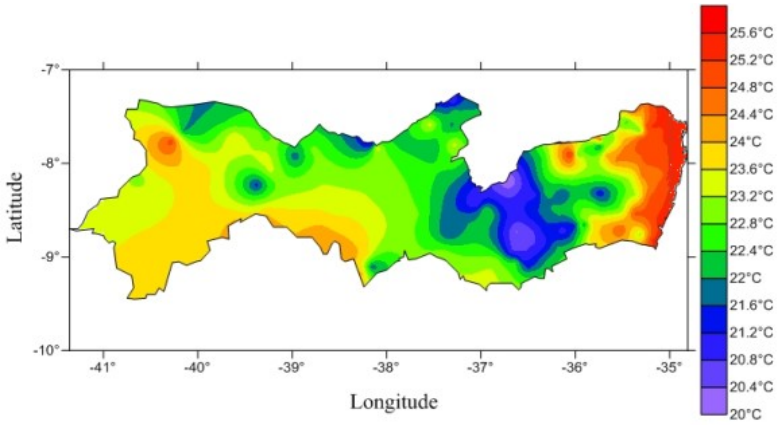


Figura 6. Temperatura média do mês de maio para o Estado do Pernambuco.

Na figura 7 têm-se as variabilidades da temperatura média do mês de junho, na divisa com o estado da Bahia e Alagoa oscila entre 22,2 °C a 22,6 °C, na divisa com PI, CE e parte da região sertaneja pernambucana a temperatura média flui entre 20,2 °C a 23,4 °C.

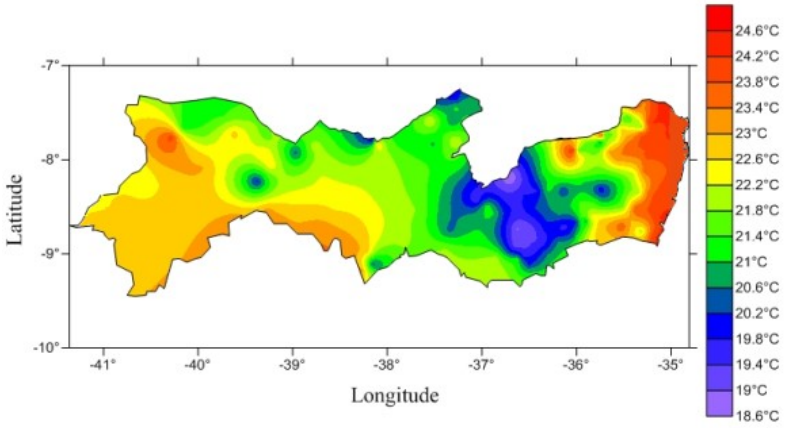


Figura 7. Temperatura média do mês de junho para o Estado do Pernambuco.

A distribuição da temperatura média do mês de julho para o Estado do Pernambuco tem sua representatividade demonstrada na figura 8. Destaca-se na divisa do PE com PI e CE e na região do Sertão pernambucano as flutuações ocorrem entre 20,6 °C a 23 °C. Na região do Agreste, Zona da Mata e Litoral registra-se oscilações médias de temperatura entre 18,6 °C a 24,6 °C estas variabilidades estão interligadas aos sistemas sinóticos transientes, aos fatores de larga escala e os efeitos locais e regionais.

voltar ao
SUMÁRIO

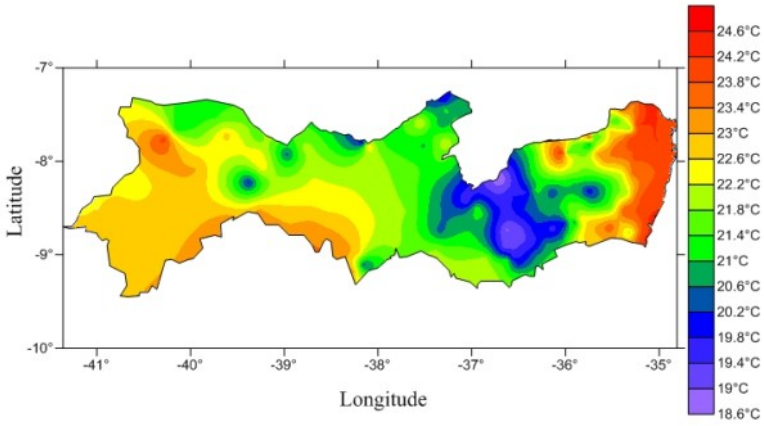


Figura 8. Temperatura média do mês de julho para o Estado do Pernambuco.

Figura 9 demonstra a variabilidade da temperatura média do mês de agosto para o Estado do Pernambuco. Na região do litoral, Zona da Mata, No Agreste e Alto Sertão a temperatura média fluiu entre 23,8 ℃ a 22,2 ℃, na região central as oscilações da temperatura ocorreram entre 18,2 ℃ a 19,8 °C.

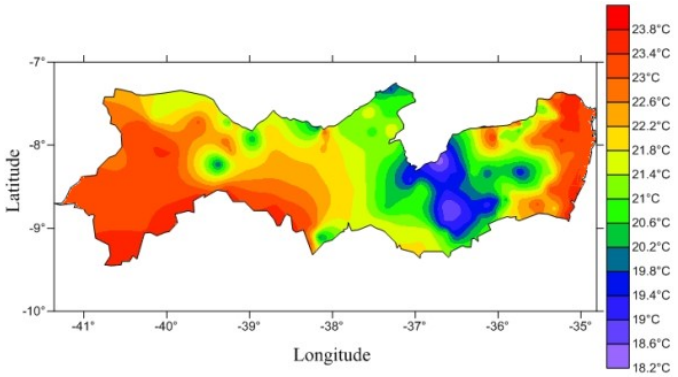


Figura 9. Temperatura média do mês de agosto para o Estado do Pernambuco.

A temperatura média do mês de setembro esta representada na figura 10. As variabilidades térmicas do agreste, sertão Zona da Mata e região litorânea tem sua flutuação oscilando entre 22,4 °C a 24,8 °C. Na região central a temperatura média flui entre 20 °C a 22,4 ℃.

voltar ao
SUMÁRIO

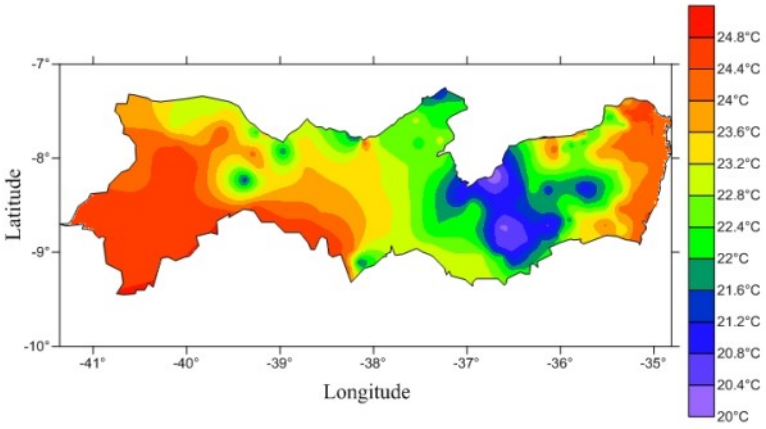


Figura 10. Temperatura média do mês de setembro para o Estado do Pernambuco.

O mês de outubro para a região do Sertão, Agreste, Litoral e parte norte da Zona da Mata a temperatura média oscila entre 22,8 °C a 25,2 °C. Na parte sul da Zona da Mata e na região central a temperatura oscila entre 23,6 °C a 21,2 °C, Figura 11.

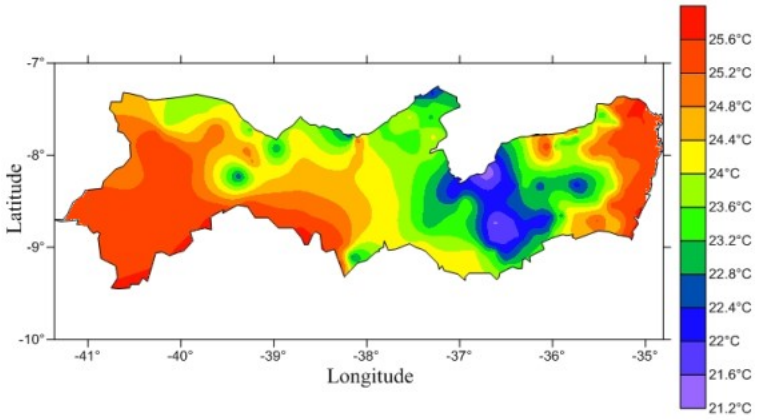


Figura 11. Temperatura média do mês de outubro para o Estado do Pernambuco.

Figura 12 demonstra a variabilidade da Temperatura média do mês de novembro. Na região litorânea e na Zona da Mata a temperatura média flui entre 23,4 °C a 26,2 °C. A flutuação da temperatura no limite com a Paraíba oscila entre 23,4 °C a 26,2 °C. Na região central os valores da temperatura esta compreendido entre 21,8 °C a 24,6 °C. Na região do Agreste e Sertão registra-se temperatura média de 24,6 °C a 26,2 °C. Na divisa de Alagoas com a Bahia ocorre grande área de temperatura fluindo entre 25 °C a 25,8 °C.

voltar ao
SUMÁRIO

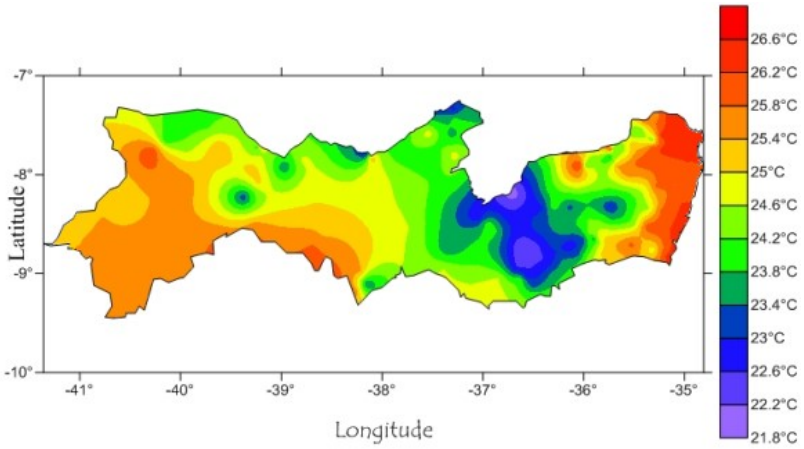


Figura 12. Temperatura média do mês de novembro para o Estado do Pernambuco.

As variações de temperatura média no mês de dezembro para o estado do Pernambuco esta representada na figura 13 onde se destaca na divisa do Piauí, Cearáe na área do sertão a variabilidade térmica média oscilando entre 24,8 °C a 26 °C. Na divisa de Alagoas com a Bahia a temperatura média flui entre 24,4 °C a 26 °C. Na divisa Pernambuco/Paraíba observa-se temperatura média oscilando entre 22,8 °C a 24,4 °C. Na região Central do Estado de Pernambuco a temperatura média oscila entre 22 °C a 24 °C. Na Zona da Mata e na área litorânea as flutuações médias de temperatura ocorrem entre 24,4 °C a 27,2 °C.

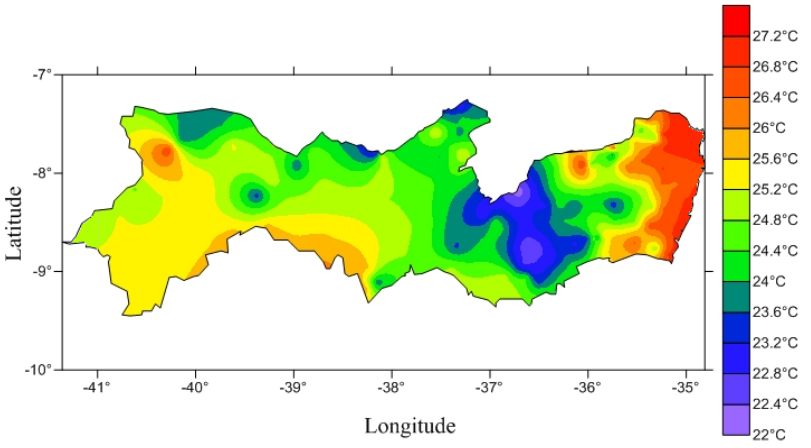


Figura 13. Temperatura média do mês de dezembro para o Estado do Pernambuco.

Figura 14 tem-se a distribuição da temperatura média anual para o estado do Pernambuco. Destaca-se que na divisa com o estado da Paraíba a flutuação da temperatura

voltar ao
SUMÁRIO

média oscila entre 21,4 °C a 25,8 °C. Na divisa com Alagoa e Bahia as oscilações das temperaturas variam de 22,6 °C a 25,4 °C. Na região central as variabilidades das temperaturas médias fluem entre 20,6 °C a 23,8 °C. Na região do sertão as temperaturas médias 22,2 °C a 23,4 °C. Na zona da Mata e no setor litorâneo a variabilidade da temperatura média é de 23,4 a 25,8 °C.

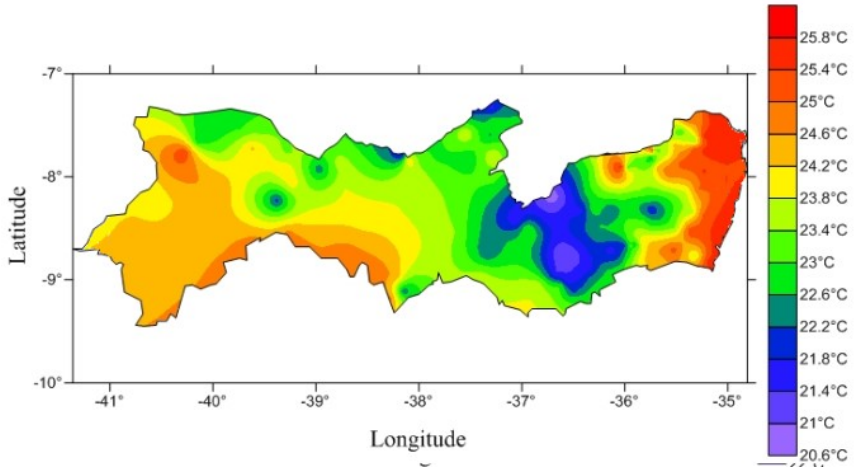


Figura 14. Temperatura média anual para o Estado do Pernambuco.

4. CONCLUSÃO

Ocorreram reduções de temperatura em conformidade com o deslocamento do período chuvoso e as atuações e/ou contribuições dos efeitos regionais e locais.

A elevação e a latitude são as variáveis fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura mensal e anual na área de estudo. As flutuações da temperatura média decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente e das atuações dos sistemas sinóticos transientes de larga escala, escala local e regional. A espacionalização da temperatura média pelo processo de krigagem demostrou resultados eficientes em relação ao relevo.

5. AGRADECIMENTOS

voltar ao
SUMÁRIO

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Pós-doc e a Coordenação do centro de Engenharia Ambiental pela pesquisa em desenvolvimento.

6. REFERÊNCIAS

AMORIM, R.C.F.; AMORIM, R.F.C.; AMORIM, D.K.F.; LEITE, C.C.; GOMES, H.B. Análise climática para a cidade de Curitiba/PR. In: congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza, 2004. **Anais**...,Fortaleza, 2004.

CAMPOS, C.G.C. **Padrões Climáticos Atuais e Futuros de Temperatura do Ar na Região Sul do Brasil e Seus Impactos nos Cultivos de Pêssego e Nectarina**. 2010. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 191 f, 2010.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10 (1), p. 140-147. 2006.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 8*, 1994. Belo Horizonte, **Anais.**..,Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157. 1994.

CORREIA, M.F.; SILVA, F.S.; SILVA, A,M.R.S.; SANTOS, E.P.; MOURA, M.S.B. Impacto da expansão agrícola na amplitude térmica diária em ambiente semiárido. **Ciência e Natura**, v. Suplementar, p.311–314, 2011.

COSTA, T.S.A.; COSTA FILHO, J.F.; BARACHO, D.C.; SANTOS, T.S.; MARINHO, E.C.S. Análise da temperatura do ar em Areia - PB, em anos de ocorrência de "El Niño**".** Apresentado no **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia** – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES. 2011.

DANTAS, R.T.; NÓBREGA, R.S.; CORREIA, A.M; RAO, T.V.R. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais...SBMET, p.534-537. 2000.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1962-2016. Brasília, DF**.**

LUCCHESI, A.A. Fatores da produção vegetal. In: Castro, P. R. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p.1-11. 1987.

voltar ao
SUMÁRIO

MEDEIROS, R.M.; TAVARES, A.L.; KASSAR, C.B.; SILVA, J.A.S.; SILVA, V.P.R. metodologias de cálculo da temperatura média diária do ar: aplicação para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.6, nº. 4, p. 283 - 295, 2012.

MEDEIROS, R.M. **Fatores meteorológicos provocadores de precipitação no Estado do Pernambuco**. 2016.

MELLO, V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUZA, F.A.S. flutuabilidade da temperatura máxima e mínima do ar mensal e anual de 10 municípios do estado de Pernambuco. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **CONTECC' 2015**. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. 15 a 18 de setembro de 2015

MARENGO, J.A.; CAMARGO, C.G. Trends in Extreme air temperatures in Southern Brazil, International **Journal Climatology**, v.28, p. 893-904, 2007.

NOGUEIRA, V.F.B.; CORREIA, M.F.; NOGUEIRA, V.S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.708 –724. 2012.

OMM. Organização Meteorológica Mundial. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). **Technical document**, v.341; WCDP, n.10, 1989.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 440p. 1981.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. **Agropecuária,** 478p. 2002.

RUSTICUCCI, M.; BARRUCAND, M. Observed trends and changes in temperature extremes inArgentina. **Journal Climate**, v.17, p. 4099-4107, 2004.

SALES, M.C.L.; RAMOS, V.M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentarão geomorfológica. In: **Carta CEPRO**, Teresina, v.18, n.1, p.149-161. 2000.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.6, n.1, p.57-61. 1998.

SOUSA, E.S.; LIMA, F.W.B.; MACIEL, G.F.; SOUSA, J.P.; PICANÇO, A.P. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas–TO. XVI **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Belém-PA, Anais on line, 2010.

STRASSBURGER, A.S.; MENEZES, A.J.E.A.; PERLEBERG, T.D.; EICHOLZ, E.D.;

voltar ao
SUMÁRIO

MENDEZ, M.E.G.; SCHÖFFEL, E.R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista brasileira de meteorologia**, 26 (2), p.273-278. 2011.

VALERIANO, M.M.; PICINI, A.G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 47
VARIAÇÃO TEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE – PERNAMBUCO

TEMPORAL VARIATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE CAPIBARIBE RIVER BASIN – PERNAMBUCO

Pedro Alisson Silva de Freitas *, Rafaelle Ferreira de Sales Barbosa*, Bruno e Silva Ursulino**, Suzana Maria Gico Lima Montenegro***, Leidjane Maria Maciel Oliveira***

**Departamento de Engenharia Civil, Graduando do curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.*
***Departamento de Engenharia Civil, doutorando da pós-graduação Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.*
**** Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.*

RESUMO
A estimativa da evapotranspiração é de extrema importância para determinação do balanço hídrico. Dessa é possível empregar um manejo adequado, otimizando o uso da água. Este estudo teve como objetivo determinar a evapotranspiração de referência (ETo) pelos métodos de Hamon- ETo (H), Hargreaves-Samani- ETo (HS) e Blaney-Criddle- ETo (BC), nos meses de abril e maio dos anos de 2011 e 2012 na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, especificamente no município de Surubim - PE. O modelo de Hamon- ETo (HA) quando comparado com o modelo de Blaney-Criddle - ETo (BC) apresentou índice de determinação (R^2) de 0,93 para o ano de 2011 e 0,92, para o ano de 2012. Já o modelo de Hargreaves-Samani- ETo (HS) obteve índice de determinação (R^2) de 0,72 para o ano de 2011 e 0,73, para o ano de 2012. Os valores de evapotranspiração de referência obtidos através dos três métodos apresentam boa correlação, porém o modelo de Hargreaves-Samani poderia eventualmente substituir o modelo de Blaney-Criddle para o cálculo da ETo com resultados satisfatórios tendo em vista que, em valor absoluto, apresentou melhor proximidade.

Palavras-Chaves: Hamon, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle.

ABSTRACT
Irrigated agriculture is the sector of higher water demand and therefore, the conscious use of water must be associated. For this to occur, only what is necessary for each crop should be irrigated, estimating the loss of water by both the soil and the plant, which is defined as evapotranspiration. This study aimed to determine the reference evapotranspiration (ETo) by the Hamon-ETo (H), Hargreaves-Samani-ETo (HS) and Blaney-Criddle-ETo (BC) methods in April and May of the 2011 and 2012 in the catchment area of the Capibaribe river, specifically in the municipality of Surubim - PE. The Hamon-ETo (HA) model, when compared to the Blaney-Criddle-ETo (BC) model, showed a determination index (R^2) of 0.93 for the year 2011 and 0.92 for the year 2012. The Hargreaves-Samani-ETo (HS) model obtained a determination index (R^2) of 0.72 for the year 2011 and 0.73 for the year 2012. The reference evapotranspiration values in all three methods presented good correlation, but the Hargreaves-Samani model could eventually replace the Blaney-Criddle model for the ETo calculation with satisfactory results since, in absolute value, it presented better proximity.

Keywords: Hamon, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O acesso à água e sua gestão tem sido uma das grandes problemáticas mundiais. No Brasil estão concentrados cerca de 12% do total de água doce do planeta e apenas 5% disto estão no Nordeste. A agricultura irrigada é o setor de maior demanda hídrica e por isso, o uso consciente da água deve estar associado. Para que isso ocorra, deve-se irrigar apenas o necessário para cada cultura, estimar a perda de água tanto pelo solo quanto pela planta, o que é definido como evapotranspiração. Sabendo disto é possível empregar um manejo adequado, otimizando o uso da água. (SILVA et al., 2015)

Oliveira et al. (2008) analisando a evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira-PE, utilizando-se de lisímetro e métodos indiretos, afirmaram que a estimativa da evapotranspiração é de extrema importância para a determinação do balanço hídrico, especialmente em áreas agrícolas irrigadas, com impacto direto no manejo de irrigação das culturas.

Silva et al. (2015) reforçam que em regiões semiáridas o déficit observado no balanço hídrico anual constitui um grave problema às atividades agropecuárias, pois a deficiência hídrica limita a produção agrícola, diminui a disponibilidade de água para dessedentação de animais e consumo humano, sendo assim fonte de risco agrícola nessas áreas. Desta forma a quantificação da evapotranspiração assume particular importância em virtude destes eventos de déficit hídrico, ajudando no planejamento agrícola, indicando período de escassez de água e assim buscando-se formas para que não haja perda agrícola.

O rio Capibaribe nasce na divisa dos municípios de Jataúba e Poção, percolando por vários centros urbanos e servindo de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. De acordo com dados da APAC (2018), a bacia do rio Capibaribe apresenta uma área de 7.454,88 km² (7,58% da área do estado), abrangendo 42 municípios pernambucanos. Atualmente são monitorados 13 reservatórios na bacia do rio Capibaribe, tais como: Jucazinho, Tapacurá, Várzea do Una e Engenho Gercino Pontes.

Assim, este trabalho tem como objetivo estimar a evapotranspiração de referência para na região da Bacia Hidrográfica do rio Capibaribe dentro dos limites do município de Surubim através de modelos indiretos.

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (UP2), especificamente no município de Surubim – PE (Figura 1). Esta bacia hidrográfica localiza-se na porção norte-oriental do Estado de Pernambuco, entre as coordenadas 07º 41’ 20” e 08º 19’30” de latitude sul e 34º 51’ 00” e 36 º 41’ 58” de longitude oeste (INMET, 2018).

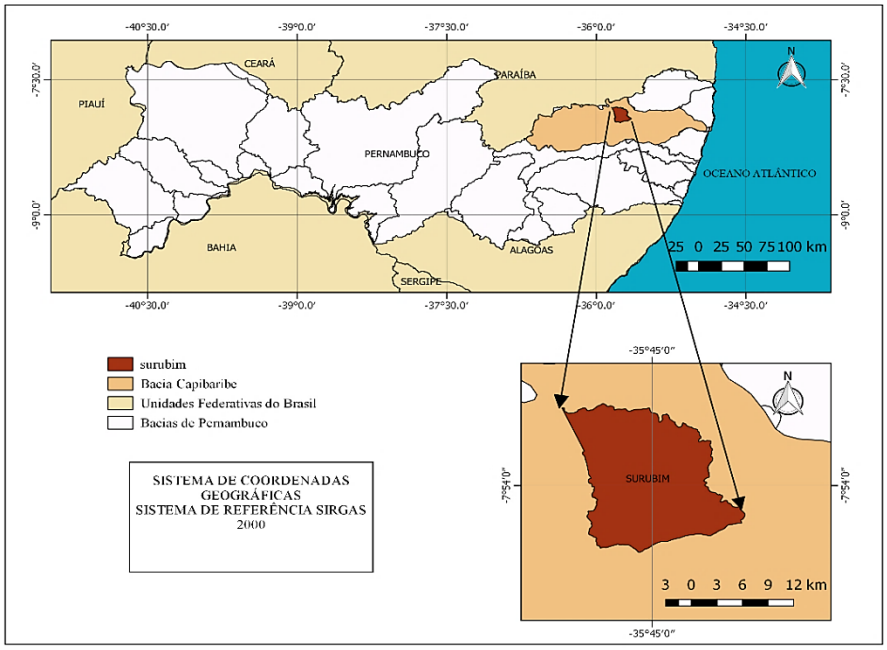


Figura 1 – Localização da área de estudo na bacia do Rio Capibaribe **Fonte**: Autor (2018).

A bacia do Rio Capibaribe possui seus limites estabelecidos da seguinte forma: ao norte com a bacia do Rio Goiana (UP1) e o Estado da Paraíba; ao sul, com a bacia do Rio Ipojuca (UP3) e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 2 – GL2 (UP15); a leste, com o Oceano Atlântico e os grupos GL1 e GL2; e, a oeste, com o Estado da Paraíba e a bacia do Rio Ipojuca.

2.2 Dispositivos Utilizados

voltar ao
SUMÁRIO

Para esta pesquisa, os dados foram obtidos da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Surubim nas coordenadas (07º 50’ sul, 35º 43’ oeste) e altitude de 418 m.

2.3 Modelo de Hamon (1961)

Hamon (1961) desenvolveu um método de estimativa ETo que é expresso pela seguinte equação, citada por Pereira et al. (2017) e Bezerra et al. (2014):

$$ETo(H) = 0{,}55 \left(\frac{N}{12}\right)^2 \left(\frac{4{,}95\ exp^{0{,}062\ T}}{100}\right) 25{,}4 \quad (1)$$

onde: $ETo(H)$ = evapotranspiração de referência por Hamon (mm dia $^{-1}$); T = temperatura média diária do ar (˚C); N = insolação máxima diária teórica em função da latitude e época do ano, calculada pela seguinte equação:

$$N = \left(\frac{24}{\pi}\right) \omega s \quad (2)$$

em que ωs é o ângulo horário do pôr do sol (radianos), obtido por:

$$\omega s = \arccos[-tg(\varphi).tg(\delta)] \quad (3)$$

em que $\varphi =$ latitude local em radianos e δ = declinação solar em radianos, determinada pela equação, onde j = ordem dos dias do calendário Juliano.

$$\delta = 0{,}4093\ sen\left(\frac{2\pi}{365} j - 1{,}39\right) \quad (4)$$

2.4 Modelo de Blaney-Criddle (1950)

Modelo utilizado como referência nesta pesquisa, originalmente foi desenvolvido para a estimativa da evapotranspiração em regiões semiáridas, considerando um fator não limitante a disponibilidade de água para a planta em crescimento, mediante a equação Kijne (1978) e Pereira et al. (2017):

$$ETo(BC) = (0{,}457\ T + 8{,}13)p \quad (5)$$

sendo: ETo(BC) = Evapotranspiração de referência por Blaney-Criddle, T = temperatura média do ar (˚C) e p = porcentagem diária em horas de luz.

voltar ao
SUMÁRIO

2.5 Modelo de Hargreaves-Samani (1985)

Na ausência dos dados de radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, a ETo pelo método de Hargreaves-Samani, em (mm dia^{-1}), pode ser estimada através da equação abaixo, citada por Oliveira et al. (2010) e Júnior et al. (2012):

$$ETo(HS) = 0{,}0023\ Ra(dia)\ (Tmax - Tmin)^{0.5}(T + 17{,}8) \quad (6)$$

em que: ETo(HS) = evapotranspiração de referência por Hargreaves-Samani (mm dia^{-1}); Ra (dia) = radiação solar extraterrestre (mm d^{-1}) tabelado; Tmax = temperatura máxima diária (ºC); Tmin = temperatura mínima diária (ºC) e T = Temperatura média diária (ºC).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

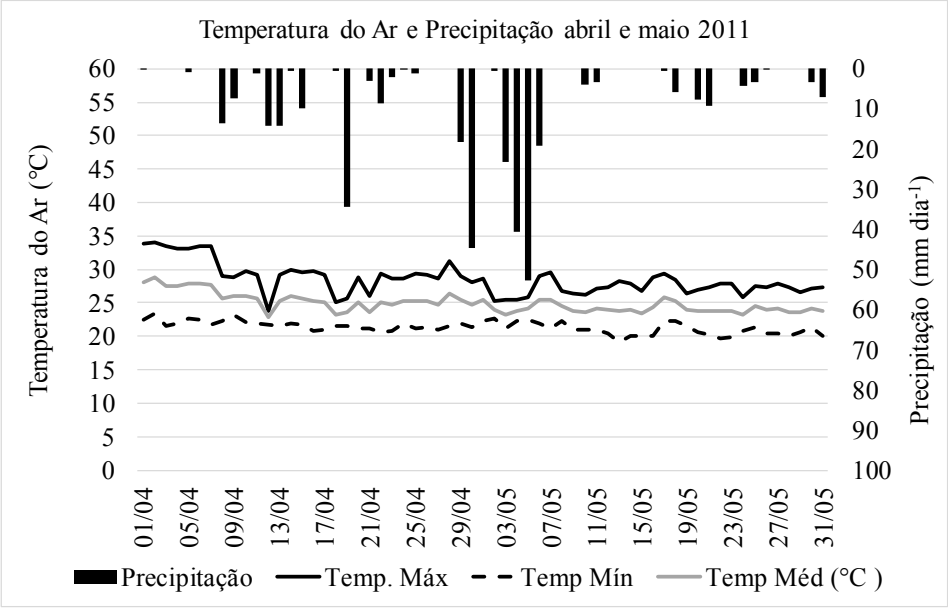
Na Figura 2 são apresentadas as variações das temperaturas máximas mínimas e médias e precipitação para os meses de abril e maio de 2011 e 2012.

No período total de 122 dias referentes, aos meses de abril e maio de 2011 e 2012, houve uma precipitação total de 358,60 mm e 49,90 mm para 2011 e 2012, respectivamente, registrados na estação meteorológica convencional do INMET localizada em Surubim - PE.

Para o ano de 2011 aconteceram eventos chuvosos em 34 dias com precipitações diárias variando de 0,10 mm a 52,60 mm. Já para o ano de 2012, considerado ano de estiagem, os eventos chuvosos ocorreram em 13 dias, com precipitações variando entre 0,10 mm e 13,80 mm.

voltar ao
SUMÁRIO

(a)



(b)

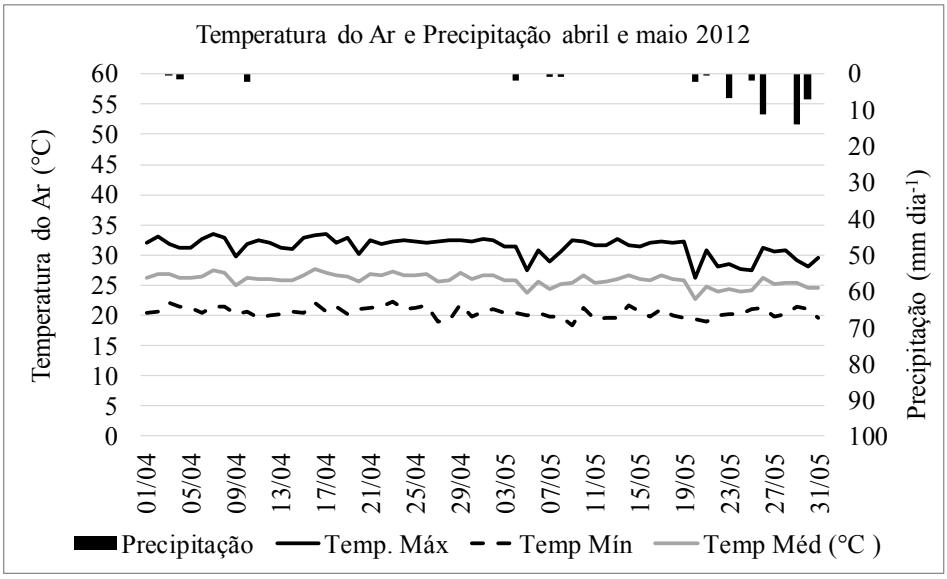


Figura 2-Variação da temperatura do ar e precipitação nos meses de abril e maio em Surubim-PE: (a) ano de 2011 e (b) ano de 2012. **Fonte**: Autor (2018).

O ano de 2011 apresentou temperaturas máximas e mínimas variando de 19,20 ºC a 34,10ºC. Para o ano de 2012, as temperaturas variaram de 18,40 ºC a 33,40 ºC. Observa-se na

voltar ao
SUMÁRIO

Figura 2(a) que os valores máximos e mínimos estão mais próximos do valor médio, enquanto que a Figura 2(b) apresenta valores mais distantes do valor médio. Tal fenômeno ocorreu em diferentes épocas climáticas. Enquanto que o ano de 2011 foi considerado um ano com período chuvoso bem determinado, o ano de 2012 foi considerado um ano de escassez hídrica que perdurou até 2017, provocando o colapso da barragem de Jucazinho na região em estudo.

A Figura 3 mostra a variação da evapotranspiração de referência ETo para os modelos de Hamon, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle para os meses de abril e maio de 2011 bem como a variação temporal da precipitação. Observou-se que a ETo para o modelo de Blaney-Criddle apresentou-se o mais contínuo, sem grandes variações e intervalos de ETo, variando de 4,88 a 5,74 mm dia^{-1}. O modelo de Hargraves-Samani apresentou maiores variações diárias, sendo de 1,85 a 5,01 mm dia^{-1}.

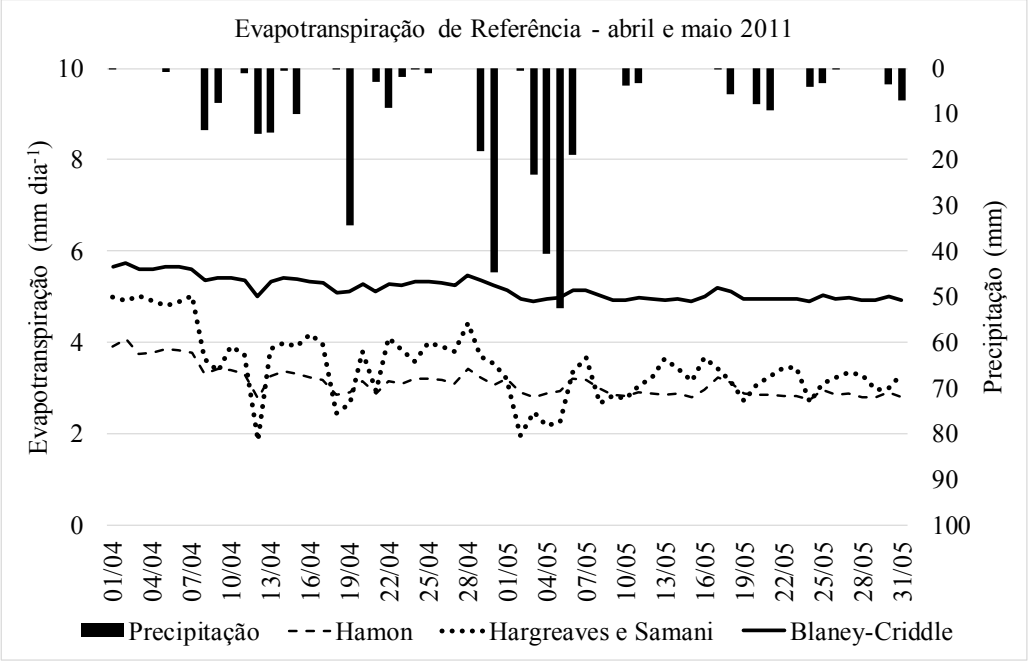


Figura 3 - Variação ETo pelos modelos indiretos Hamon ETo(H), Hargreaves-Samani ETo(HS) e Blaney-Criddle ETo(BC) referentes aos meses de abril e maio de 2011. **Fonte**: Autor (2018).

Como o modelo de Hargreaves-Samani é um modelo estritamente baseado na temperatura e radiação solar extraterrestre, tais variações podem ser explicadas devido ao fato de os meses de 2011 apresentarem grandes precipitações. Dessa forma, quando há ocorrência de evento chuvoso, a radiação solar encontra uma barreira devido às massas de ar que

voltar ao
SUMÁRIO

reduzem a incidência de radiação quando comparado com períodos secos. Sabe-se ainda que em períodos de chuvas, a temperatura sofre uma redução em seus valores máximos e mínimos e, como o modelo está intimamente relacionado às temperaturas máximas e mínimas, percebe-se uma redução nos valores de evapotranspiração coincidentemente aos eventos chuvosos.

O modelo de Hamon, mostrou-se o mais estável, apresentando variações na ETo de 2,74 a 4,06 mm dia^{-1}. Observou-se que esse modelo apresentou comportamento de variação temporal similar ao modelo de Blaney-Criddle, embora seus valores máximos e mínimos tenham diferido. Verificou-se que os modelos de Hargraves-Samani e Hamon subestimaram os valores de ETo de Blaney-Criddle, ressaltando ainda que o modelo de Hamon apresentou comportamento similar a esse.

Pereira et al. (2017) estudando a evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar na bacia do rio Ipojuca-PE, mais precisamente na cidade de Caruaru, para os meses de abril e maio de 2011, encontraram intervalos de variações da ETo para os modelos de Blaney-Criddle e Hamon de 4,31 a 5,60 mm dia^{-1} e 2,03 a 3,78 mm dia^{-1}, respectivamente, o que condiz com os resultados obtidos nesta pesquisa.

A Tabela 1 mostra os intervalos de variação e valores médios para os modelos de Blanay-Criddle, Hamon e Hargreaves-Samani no período de abril e maio de 2011.

Tabela 1 – Intervalos de variação e médios da ETo pelos modelos nos meses de abril e maio de 2011

Modelo	**Intervalo de variação da ETo (mm dia^{-1})**	**ETo Média (mm dia^{-1})**
Blaney-Criddle-ETo(BC)	4,88 a 5,74	5,17
Hamon-ETo(H)	2,74 a 4,06	3,11
Hargreaves- Samani-ETo(HS)	1,85 a 5,01	3,48

Fonte: Autor (2018).

A Figura 4 mostra a variação da evapotranspiração de referência ETo em função da precipitação para os modelos de Hamon, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle para os meses de abril e maio de 2012 e o registro dos eventos chuvosos.

voltar ao
SUMÁRIO

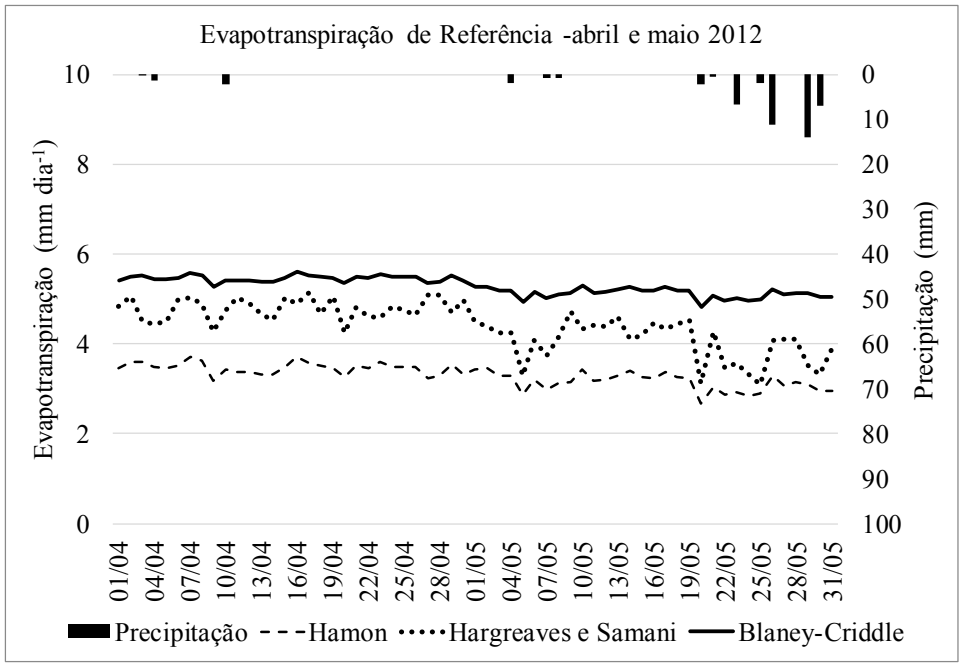


Figura 4 - Variação da evapotranspiração de referência (ETo) por meio dos modelos indiretos Hamon ETo (H), Hargreaves-Samani ETo (HS) e Blaney-Criddle ETo (BC) referentes aos meses de abril e maio de 2012. **Fonte**: Autor (2018).

Observou-se que a precipitação apresentou um comportamento bem diferente daquele disposto na Figura 3. Durante os 61 dias de estudo, ocorreram precipitações em 13 dias, variando de 0,10 a 13,80 mm. Já em 2011, conforme a Figura 3, houve 34 dias de precipitação, variando entre 0,10 a 52,60 mm para o período de abril e maio.

De acordo com a Figura 4, o modelo de Blaney-Criddle apresentou variações na evapotranspiração de 4,82 a 5,60 mm dia^{-1}. O modelo de Hargreaves-Samani, agora mais estável, apresentou variações entre 3,10 a 5,16 mm dia^{-1} e o modelo de Hamon, apresentou variações de 2,66 a 3,72 mm dia^{-1}. Tais resultados, condizem, mais uma vez, com o descrito por Pereira et al.(2017), que analisaram a ETo com base na temperatura do ar nos meses de abril e maio de 2012 na bacia do rio Ipojuca, e encontraram valores de variações para os modelos de Blaney-Criddle e Hamon de 4,87 a 5,53 mm dia^{-1} e 2,61 a 3,57 mm dia^{-1}, respectivamente.

A Tabela 2 mostra os intervalos de variação e valores médios para os modelos de Blanay-Criddle, Hamon e Hargreaves-Samani no período de abril e maio de 2012.

Tabela 2 – Intervalos de variação e médios da ETo pelos modelos aplicados nos meses de abril e maio de 2012

voltar ao
SUMÁRIO

Modelo	Intervalo de variação da ETo (mm dia^{-1})	ETo Média (mm dia^{-1})
Blaney-Criddle-ETo(BC)	4,82 a 5,60	5,29
Hamon-ETo(H)	2,66 a 3,72	3,30
Hargreaves-Samani-ETo(HS)	3,10 a 5,16	4,40

Fonte: Autor (2018).

O modelo de Hargreaves-Samani foi utilizado por Silva et al. (2015) quando pesquisaram a variação da evapotranspiração no Distrito de Mutuca em Pesqueira-PE. Os autores obtiveram valor médio de 4,90 mm dia^{-1}, maior que o encontrado nesta pesquisa utilizando dados de abril e maio de 2012 (4,40 mm dia^{-1}), conforme Tabela 2. Entretanto a diferença entre os dados foi de 10,2 %, valor muito baixo podendo, sua aplicabilidade, ser considerada consistente.

As Figuras 5(a) e (b) apresentaram as dispersões das correlações entre a estimativa da ETo pelo modelo de Hamon e de Blaney-Criddle no ano de 2011 (ano chuvoso) e no ano de 2012 (ano seco), com índice de determinação (R^2) de 0,93 para 2011 e (R^2) de 0,92 para 2012, o que evidencia uma boa correlação entre os dados estimados pelos dois métodos para o período e região em estudo. De forma análoga, as Figuras 5(c) e (d) mostraram as dispersões das correlações pelo modelo de Hargreaves-Samani e de Blaney-Criddle no ano de 2011 e 2012. Observa-se que para o ano de 2011 (ano chuvoso) o índice de determinação (R^2) foi de 0,72 e para 2012 (ano seco), 0,73 o que também evidencia uma boa correlação entre os dados estimados entre os dois métodos. Entretanto, Hamon se mostra como o modelo que mais se adequa as condições do clima e da região de estudo.

voltar ao
SUMÁRIO

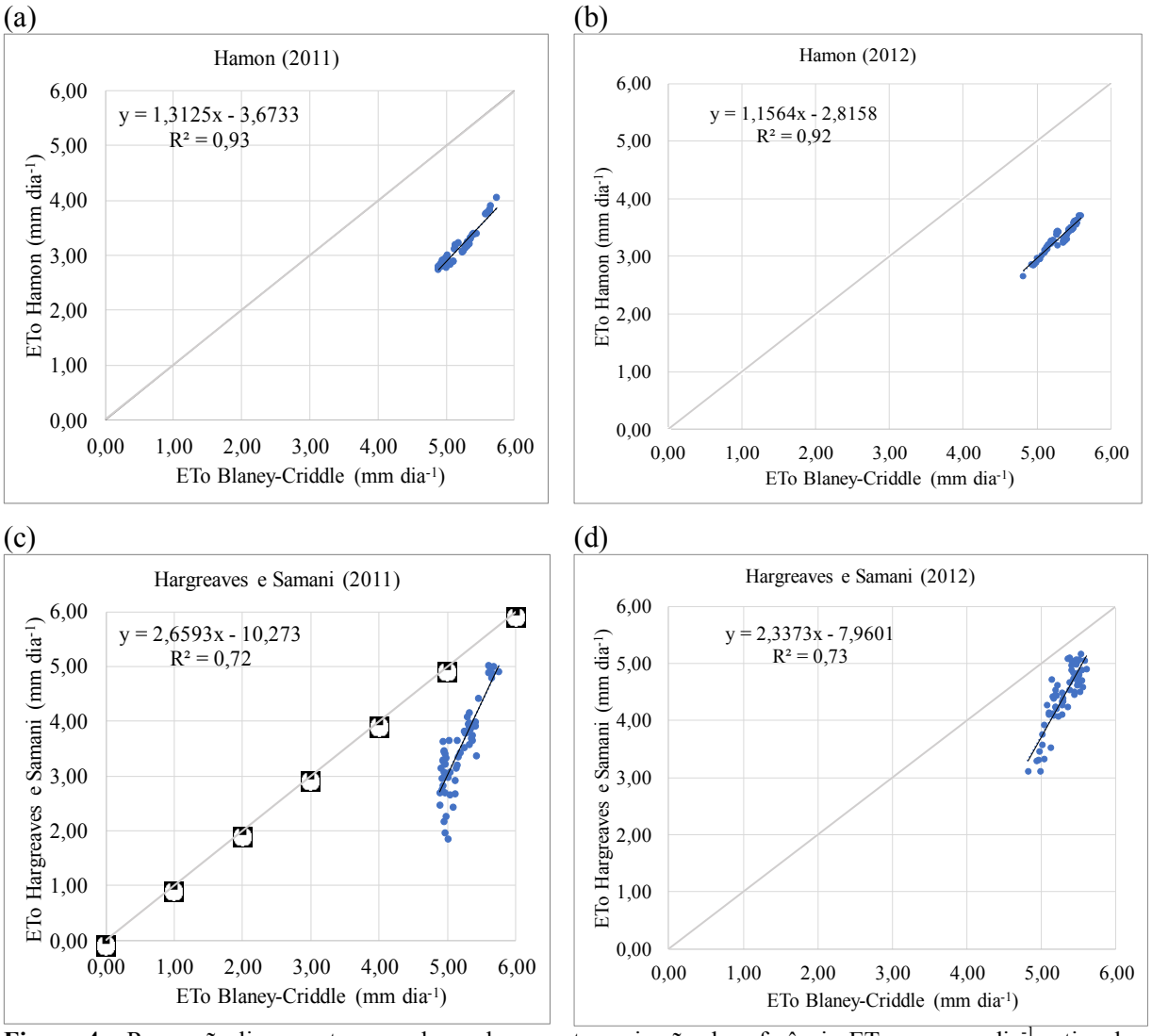


Figura 4 - Regressão linear entre os valores de evapotranspiração de referência ETo em mm dia^{-1} estimados pelos modelos de: (a) Hamon e Blaney-Criddle 2011. (b) Hamon e Blaney-Criddle 2012. (c) Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle 2011. (d) Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle 2012. **Fonte**: Autor (2018).

Junior et al. (2016) afirmaram, ao estudar a parametrização da equação de Hargreaves-Samani para a estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Ceará, que o modelo de Hargreaves-Samani é utilizado na estimativa da evapotranspiração de referência, sendo muito útil para o manejo da irrigação, sendo o mesmo considerado de uso prático, pois utiliza elementos meteorológicos de fácil obtenção como a temperatura.

Ainda estudando na bacia do Rio Ipojuca-PE nos meses de abril e maio de 2011 e 2012, Pereira et al. (2017) encontraram índices de determinação da ETo para os modelos de

voltar ao
SUMÁRIO

Blaney-Criddle e Hamon de (R^2) 0,97 para 2011 e (R^2) 0,85 para 2012, o que condiz com os resultados obtidos nesta pesquisa. Também, Ursulino et al. (2017), utilizando modelos empíricos para a estimativa da ETo na bacia do rio Tapacurá – PE, encontraram um índice de determinação de 0,56 entre o modelo de Hargreaves-Samani e o modelo padrão da FAO.

4. CONCLUSÃO

O modelo de Hargreaves-Samani apresentou maior variabilidade entre os dados, tanto no período seco quanto no período chuvoso, enquanto os modelos de Hamon e Blaney-Criddle apresentaram menor variabilidade e comportamento similar ao longo do período estudado, com valores distanciados de ETo. Os modelos de Hamon e Hargreaves-Samani subestimaram os valores da ETo quando comparados com os valores obtidos pelo modelo de Blaney-Criddle tanto no período chuvoso quanto no período seco. Entretanto, o modelo de Hamon apresentou o melhor coeficiente de determinação para a estimativa diária da ETo em relação ao modelo de Blaney-Criddle, enquanto que o modelo de Hargreaves-Samani apresentou valores absolutos similares, comparados ao modelo de Blaney-Criddle.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo banco de dados, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic/UFPE/CNPq) do primeiro autor, ao Projeto Modelo de avaliação, quantificação e valoração dos serviços ambientais hidrológicos aplicados ao gerenciamento dos recursos hídricos em Pernambuco, aprovado no MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo: 448236/2014-1, ao Projeto Estudos de Processos Hidrológicos como base para o Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco - experimentação e modelagem, cenários atuais e futuros, aprovado pelo Edital MCTI/CNPq/ANA N.23/2015, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Pesquisa do quarto autor e a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de Doutorados do terceiro autor.

6. REFERÊNCIAS

voltar ao
SUMÁRIO

ALENCAR, L. P; SEDIYAMA, G. C; MANTOVANI, E. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo padrão FAO), para Minas Gerais, na ausência de alguns dados climáticos. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 35, n.1, p.39-50, 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 204p, 2009.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em:< http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=14>. Acesso em 28 de março de 2018.

BDMEP-INMET – Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> . Acesso em 05 fev. 2018.

BEZERRA, J. M; MOURA, G. B.A; SILVA, E. F. F; LOPES; P. M. O; SILVA, B. B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, v.27, n.3, p. 211-220, 2014.

BRAGA, R. A. P; FARIAS, C. R. G; SILVA, S. R; CAVALCANTI, E. R. **Gestão e educação socioambiental na Bacia do Capibaribe**. Recife, Editora Clã, 140, 2015.

CANDEIAS, A. L. B; GUNKEL, G; JUNIOR, J. R. T; SOBRAL, M. C. Ferramentas para a gestão do reservatório de Itaparica utilizando imagens de sensoriamento remoto. In: **Anais do Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos** 21, 1-7, 2015.

HAMON, W. R. **Estimating potential evapotranspiration**. Journal of Hydraulics Division ASCE, New York, v.87, n.3, pp.107-120, 1961.

JÚNIOR, J. C. L; ARRAES; F. D. D; OLIVEIRA, J.B; NASCIMENTO, F. A. L; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica,** v.47, n. 3, p.447- 454, 2016.

JÚNIOR, J. C. F. B; ANJOS, R. J; SILVA, T. J. A; LIMA, J. R. S; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns- PE. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.16, n. 4, p. 380-390, 2012.

KIJNE, J.W. Determinación de la evapotranspiración. In: ILRI. **Princípios y aplicaciones del drenaje**. Wageningen. v.3, cap. 19, pp.59-108,1978.

OLIVEIRA, L. M. M; MONTENEGRO, S. M. G. L; AZEVEDO, J. R.G; SANTOS, F. X. Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira, PE, utilizando-se lisímetro e métodos indiretos. **Revista Brasileira de Ciências agrárias**, v.3, n.1, p.58-67, 2008.

voltar ao
SUMÁRIO

OLIVEIRA, L. M. M; MONTENGRO, S; ANTÔNIO, A; MOURA, A; OLIVEIRA, I; MOURA, A; MOURA, G; LIMA, J; AZEVEDO, J; NETO, A. Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ETo) na Bacia do Rio Tapacurá-PE. In: **Anais em Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste,** 10,1-13, 2010.

PEREIRA, J. P. O; OLIVEIRA, L. M. M; GONÇALVES, E. A. P; BEZERRA, S. T. M. Evapotranspiração de referência com base na temperatura na bacia do Rio Ipojuca-Pernambuco. In: **Anais em Encontro Internacional das Águas**, 9,1-8, 2017.

SILVA, R. S. A; MONTENEGRO, A. A. A; dos SANTOS, C. S; RODRIGUES, R. A. S. Comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para o distrito de Mutuca – Pesqueira, PE. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 21, 1-8, 2015.

URSULINO, B. S; MONTENEGRO, S. M. G.L; GUSMÃO; A. C. V. L; LIMA, N. S; SILVA, B. B. S; OLIVEIRA, L. M. M. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) na bacia do rio Tapacurá- PE. In**: Anais do Simp. Bras.de Rec. Híd.** 22, 1-6, 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

SEÇÃO 3: Tecnologias e saneamento ambiental

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 47
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: UMA DISCUSSÃO SOBRE TÉCNICAS E VIABILIDADE

RAINWATER HARVESTING: A DISCUSSION ABOUT TECHNIQUES AND FEASIBILITY

Tays Maria Rosado de Souza*, Yan Ranny Machado Gomes*, Giovana Bueno Alves**, Sylvana Melo dos Santos**.

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
***Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.*
*** *Professora D. Sc., Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*

RESUMO
O esperado crescimento populacional para os próximos anos e o consequente aumento na demanda de água acarretará em uma crise hídrica. Uma alternativa viável para solucionar esse problema é o armazenamento da água da chuva para fins não potáveis, principalmente em regiões de alto índice pluviométrico. Nesse artigo, foram analisados avanços tecnológicos como a reutilização de água em construções públicas e suas consequências em economia de água potável e financeira em países ao redor do mundo considerando também a qualidade da água captada, além do potencial de aproveitamento de água de chuva no Brasil, considerando a atual legislação. Atualmente os Estados Unidos, Alemanha e Japão se destacam no cenário internacional ao oferecerem financiamentos para a construção de áreas de captação da água de chuva, de modo a incentivar a economia de água potável. Além disso, se faz necessário avaliar também a qualidade da água coletada que pode depender da qualidade do ar atmosférico, impurezas nos dutos de condução, condições dos reservatórios e do material da superfície de captação podendo afetar a saúde humana.

Palavras-Chaves: Qualidade de água, potencial de aproveitamento da água de chuva, construções públicas.

ABSTRACT
The expected populational growth for the next years and the consequent rise on water demand will lead to a water crisis. A viable alternative to resolve this problem is rainwater harvesting to non-potable usages, especially in high precipitation regions. In this paper, technological advances like water reuse in public buildings and respective consequences regarding potable water saving in many countries around the world were analyzed, also considering the quality of the collected water, besides the harvest potential in Brazil. Currently the United States, Germany and Japan highlights in the international scenario, offering financial support to construct rainwater catchment areas. In addition, it is also necessary to evaluate the air quality, impurities on the conducting pipes, the storage tank conditions and the roof material. These aspects can compromise the water quality and potentially affecting human health.

Keywords: Water quality, potential use of rainwater, public buildings.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

As projeções de crescimento populacional atuais indicam que em aproximadamente 40 anos todo o crescimento urbano que ocorreu até o começo do século 21 irá duplicar (UN, 2011). Caso a população mundial aumente para 10 bilhões, nos próximos 50 anos, teremos 70% dos habitantes enfrentando problemas de deficiência no suprimento de água (CHRISTOFIDIS, 2003). Tais informações são indicativos da necessidade de conscientização da população com relação ao manejo sustentável da água e justificam a preocupação crescente com o gerenciamento de forma sustentável esse recurso. Diante disto, faz-se necessário o maior controle sobre o volume consumido, o volume tratado e a quantidade de esgoto não tratado derramado em fontes hídricas para abastecimento. Aliado a esse controle está a modernização do tratamento de água e a busca de novas fontes e tecnologias para que o volume usado para consumo seja controlado e minimizado. Sobre isso, Cohim, Garcia & Kiperstok (2008) afirmam que na área de gestão sustentável da água, a instalação de sistemas de captação de água da chuva, em edifícios com grandes áreas de cobertas e situados em regiões com alta pluviosidade, é uma opção viável para redução do consumo de água potável.

De acordo com Li, Boyle & Reynolds (2010), em estudo realizado na Irlanda, a coleta da água da chuva pode desempenhar um papel importante na substituição ou complementação da água fornecida pela concessionária local e na redução com manutenção das instalações de abastecimento de água. Portanto, o potencial de economia de água potável pode ser substancial usando esses sistemas de água separadamente ou em conjunto.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um panorama geral sobre a aplicação de sistemas de aproveitamento de água de chuva com enfoque na qualidade da água a partir de uma revisão de artigos relacionados ao tema.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Qualidade da água de chuva

Atualmente as legislações que estabelecem os requisitos para aproveitamento da água de chuva, no Brasil, são duas: a NBR 15527 (ABNT, 2007) e a portaria Nº 2914 (MS, 2011). A NBR 15527 (ABNT, 2007) além de estabelecer os requisitos para instalação do sistema de

voltar ao
SUMÁRIO

coleta de água de chuva e frequência de manutenção do sistema, define os parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis que se resumem à coliformes totais e termotolerantes, cloro residual livre (quando aplicado para desinfecção), turbidez, cor aparente e pH. Por outro lado, embora menos frequente, devido ao maior custo de tratamento, caso a água tenha fins potáveis deve obedecer aos limites estabelecidos na portaria Nº 2914 (MS, 2011).

Sobre as condições observadas no momento da captação e do armazenamento da água de chuva, diversos autores (ANDRADE NETO, 2004; GNADLINGER, 2007; McBEAN, RAJIB & RAHMAN, 2013) concordam que a qualidade da água oriunda da precipitação depende de diversos fatores, tais como: qualidade do ar atmosférico, material usado para construção da área de captação e impurezas depositadas sobre esta superfície, bem como sobre os dutos de condução até o reservatório de armazenamento, bem como seu manejo. Mendez *et al.* (2011) destacara que tais impurezas podem alterar aspectos físico-químicos e microbiológicos da água captada, comprometendo sua qualidade e uso, e dependendo do material da superfície de captação este pode exercer influência na concentração de bactérias contaminantes. Andrade Neto (2004) destaca outros aspectos que podem aumentar o risco de contaminação de águas de chuva armazenadas em cisternas, e dentre eles, as condições epidemiológicas da região. De fato, a região geográfica onde o telhado se encontra contribui diretamente para a qualidade escoada, pois os poluentes contidos no ar estão sujeitos à lixiviação pela chuva e deposição sobre a superfície de captação. Atividades antropogênicas podem servir como fontes de poluição pontual ou difusa.

Para Radaideh *et al.* (2009), essas atividades, geralmente em regiões urbanizadas ou industriais, possuem um grande efeito na qualidade da água em relação às áreas rurais. A baixa qualidade do ar em áreas urbanas pode ser atribuída pelo tráfego intenso de veículos (MELIDIS *et al.*, 2007) e presença de indústrias (CHANG, MCBROOM & BEASLEY, 2004). Isto foi observado por Farreny *et al.* (2011) e por Chang, Mcbroom & Beasley (2004). Farreny *et al.* (2011), em um estudo na zona metropolitana de Barcelona, Espanha, encontraram bons resultados para os parâmetros analisados, mesmo a área de estudo estando a menos de 4 km de uma rodovia de alta densidade de tráfego e próximo a zonas industriais, indicando que as consequências das atividades antrópicas dependem da magnitude da poluição e do tipo da atividade. Chang, Mcbroom & Beasley (2004), em um estudo realizado

no Texas, encontraram concentrações de Zn e Cu excedentes aos limites estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency - EPA*) devido à uma refinaria de petróleo da região.

O material armazenado no telhado, como poeira, matéria orgânica e material fecal de pássaros e outros animais, antes da chuva, é outra importante fonte de poluição. Também é importante a duração do período seco antes do evento de precipitação. Yufen *et al.* (2008) observaram um aumento nas concentrações de DBO_5, sólidos suspensos totais, nitrogênio e fósforo total à medida que o número de dias secos anteriores à chuva aumentava, além do pico das concentrações desses poluentes se dar no início da chuva e ocorrer um decrescimento ao longo do evento. Nesse aspecto, o descarte das primeiras águas de chuva é muito importante pois carreia a maioria dos contaminantes. Doyle & Shanahan (2010) concordam com a necessidade do descarte do primeiro milímetro de chuva após um período seco de três dias consecutivos. O tipo do material do telhado também influencia na qualidade da água escoada. Segundo Zobrist *et al.* (2000), o material do telhado pode contribuir com partículas através de reações químicas entre a água escoada e o respectivo material. Akoto, Appiah & Boadi (2011) analisaram a qualidade da água escoada em telhados de argila, amianto e metal em Obuasi, Gana. Em relação à concentração de chumbo e cádmio, os materiais de argila e amianto apresentaram teores maiores podendo levar a riscos de saúde caso a água utilizada seja para fins domésticos.

De acordo com Despins, Farahbakhsh & Leidl (2009), o armazenamento da água em tanques pode melhorar a qualidade da mesma devido à processos que levam ao aumento do pH, à sedimentação de partículas e à precipitação de metais pesados. Contudo, cuidados devem ser tomados para evitar contaminações. Reservatórios sem proteção podem causar a proliferação de mosquitos, além de favorecer o crescimento de algas pela penetração de luz solar. Rachaduras e retirada de água utilizando recipientes contaminados também podem alterar a qualidade da água armazenada. A saída do extravasor deverá conter grade para que não entrem animais pequenos e deve-se adicionar hipoclorito à água armazenada em caso de suspeita de coliformes. Silva *et al.* (2017), com base em resultados de qualidade da água (parâmetros físico-químicos e microrganismos patogênicos) desviada do sistema de armazenamento, com o emprego de 3 tipos de dispositivos de descarte automático: um baseado no princípio de fecho hídrico, um baseado no princípio dos vasos comunicantes (e

um baseado em ambos os princípios físicos, destacam a importância do desvio das primeiras águas de chuva visando que a água encaminhada para a cisterna possua qualidade adequada.

2.2 Estudos ao redor do mundo

Estados Unidos, Alemanha e Japão se destacam no cenário internacional por oferecer financiamentos para a construção de áreas de captação da água de chuva. Atualmente, nessas localidades são implantados sistemas duplos de distribuição de água fria, um para fins potáveis e outro para fins não potáveis (destinados principalmente às bacias sanitárias), que geram economia de água superior a 30%. De acordo com Tomaz (2003), os Estados Unidos, por exemplo, possuem mais de 200 mil reservatórios para aproveitamento de águas pluviais, que são usados na lavagem de sanitários, veículos, refrigeração, rega de jardins e hortas. Na Austrália, o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva proporciona economia de 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura.

De acordo com Hansen (1996), na Alemanha, o uso da água da chuva é estimulado com o propósito de conservar as águas subterrâneas, pois este é o recurso mais utilizado para o abastecimento público. O autor afirma que o sistema, subsidiado pelas prefeituras, consiste na captação da água pelos telhados e seu armazenamento em cisternas de concreto de 6 m^3, e é utilizada para descarga nos banheiros, lavação de roupas entre outros propósitos, sendo o excesso desta água infiltrado no solo. Kobiyama, Checchia & Silva (2005) destacam o caso observado na cidade de Hamburgo, onde o Centro de Manutenção da Lufthansa-Technik AG é uma referência internacional na recuperação e manutenção de aeronaves, com recondicionamento de turbinas, recuperação de estruturas e manutenção de equipamentos, e a água da chuva é usada sobretudo em serviços de lavagem de aeronaves e na seção de pinturas. Segundo os autores, esta água substitui até 60% da demanda anteriormente suprida por água encanada. Schimidt (2001) relata que em Berlim, como também em outras cidades da Alemanha, desde 2000, é cobrada uma taxa pela introdução de água da chuva no sistema de drenagem urbana e até o ano de 2000 o município cobrava uma taxa em função da área impermeabilizada.

Silveira (2008) apresenta o caso observado em Tóquio, onde a coleta de água da chuva é bastante intensa, pois os reservatórios de abastecimento convencionais ficam distantes da

capital japonesa. O autor destaca o exemplo do aproveitamento da água da chuva na cidade é o Estádio Tokyo Dome, que foi construído para a Copa do mundo de 2002 e possui um ousado e criativo projeto arquitetônico que prevê a captação da água pluvial. Silveira (2008) descreve o funcionamento do sistema, que tem na cobertura uma lona gigante, feita de plástico ultra resistente que pode ser inflada a qualquer momento para captar a água da chuva, gerando uma superfície de cerca de 16.000 m², e a água captada é armazenada em uma cisterna no subsolo, onde é tratada e utilizada no sistema de combate a incêndios. Segundo o autor, este sistema responde por 1/3 do consumo total de água do estádio.

2.3 Aproveitamento de água de chuva em construções públicas pelo mundo

De forma geral, um número crescente de organizações e municípios japoneses começaram a utilizar a água da chuva como uma fonte alternativa de água. De acordo com a UNEP (2013), em Tóquio, a captação de água de chuva e sua utilização é promovida para combater a escassez de água, controlar inundações e armazenar água para casos de emergências. Já na província de Sumida existem 26 prédios públicos com aproveitamento de água de chuva, um exemplo destes edifícios é a arena de sumô Ryogoku Kokugikan, construída em 1985, possui telhado de 8.400 m^2 como superfície de captação do sistema de aproveitamento da água pluvial. Segundo a UNEP (2013), a água da chuva coletada é drenada para um tanque de armazenamento subterrâneo de 1.000 m^3 e é usado para descarga dos autoclismos e ar condicionado. A câmara de Sumida usa um sistema similar. Seguindo o exemplo de Kokugikan, muitos dos novos edifícios públicos começaram a introduzir sistemas de aproveitamento da água pluvial em Tóquio. Cerca de 750 edifícios públicos e privados em Tóquio introduziram sistemas de captação e utilização da água (UNEP, 2013).

Em Berlim na Alemanha, em Outubro de 1998, foi introduzido o sistema de aproveitamento de águas pluviais como parte de uma requalificação urbana de larga escala, na praça pública Postdamer Platz, onde a água de chuva é utilizada para controlar enchentes urbanas, economizar água da cidade e criar um melhor microclima. As águas da chuva que caem sobre os telhados de 19 edifícios, cerca de 32.000 m^2, são coletadas e armazenadas num tanque subterrâneo de 3.500 m^3. Em seguida é usada para descargas de sanitárias, irrigação de

voltar ao
SUMÁRIO

áreas verdes (incluindo telhados com cobertura vegetal) e na reposição de uma lagoa artificial da praça (LITICHEVSKAYA, 2011).

Já nos Estados Unidos, o Parque Nacional do Vulcão localizado na ilha do Havaí, possui sistemas de aproveitamento de águas pluviais que foram construídos para fornecer água a 1.000 trabalhadores e residentes do parque e 10 mil visitantes por dia. O sistema de aproveitamento da água da chuva do parque tem uma área de captação que inclui o último piso de um edifício com a área de 0,4 ha e uma superfície no solo de mais de 2,0 ha. Para o armazenamento da água existem dois tanques com 3.800 m^3 de capacidade cada e 18 tanques com 95 m^3 de capacidade cada UNEP, 2013).

2.4 Potencial de aproveitamento de água de chuva no Brasil

No Brasil já existem algumas iniciativas exitosas e outras promissoras utilizando a água de chuva, mesmo que pontualmente e/ou em escala reduzida. Ghisi, Tavares & Rocha (2009) analisaram o potencial do uso de água de chuva para lavagem de carro em postos de gasolina em Brasília, e concluíram que o mesmo é promissor devido ao grande tamanho dos telhados dos postos, a alta demanda de lavagem de carros e a alta quantidade de chuva em Brasília. Por outro lado, conforme os autores, devido à cobrança da taxa de esgoto mínima, em Brasília, de 10 m^3, mesmo que o consumo de água potável seja menor que esse valor, o investimento nem sempre é vantajoso. Ainda, concluem que, para garantir uma maior eficiência do sistema, os tanques de armazenamento de água devem ser dimensionados através de simulações computacionais que levem em consideração o balanço hídrico diário.

Ghisi, Bressan & Martini (2007) estimaram o potencial de economia de água potável a partir do uso de água de chuva em residências em 195 cidades na região Sudeste e o Potencial de Economia de Água Potável (PEAP) leva em consideração o volume de água de chuva que poderia ser armazenado e a demanda de água potável por cidade. O PEAP médio das cidades analisadas nos quatro estados é de 42% em Minas Gerais e São Paulo, 35% no Espírito Santo e 29% no Rio de Janeiro. Um estudo similar por Ghisi, Montibeller & Schmidt (2006) apresentou um valor de 69% para o PEAP da cidade de Santa Catarina. Os resultados indicam que há potencial de uso do sistema para os estados estudados e a água de chuva captada

voltar ao
SUMÁRIO

poderia ser utilizada para fins não potáveis ou potáveis após passar por um desvio e/ou de sistema de tratamento.

Lima *et al.* (2011) estudaram a PEAP em 40 cidades na Amazônia Ocidental e apresentou resultados entre 21 e 100% que dependiam essencialmente do consumo *per capita* e área total do telhado. Esses resultados indicaram um grande potencial de utilização da água de chuva como fonte hídrica na região amazônica. Contudo, vale salientar que a variabilidade do PEAD na Amazônia Ocidental é grande visto à existência das estações chuvosa e seca bem definidas. Há casos em que o potencial de aproveitamento na estação chuvosa é de 100% e no período seco próximos a zero.

Utilizando dados disponíveis, Santos & Farias (2017) analisaram com uma metodologia similar a Ghisi, Tavares & Rocha (2009) o PEAP no semiárido nordestino brasileiro. Devido às características climáticas da região, semiárido carece de água em grande parte do ano devido ao baixo índice de precipitação anual. Isso torna necessário buscar fontes alternativas para obtenção deste recurso e o estudo apontou uma economia de 25% de água. De acordo com os autores, embora este valor seja menor que o encontrado em outros lugares no país, é possível diminuir os dias de racionamento no ano na região.

Esses estudos realizados em diferentes lugares do Brasil, incluindo diferentes tipos de clima e tipos de chuva, indicam um grande potencial da aplicação da técnica no país. Contudo, necessita-se de incentivos para aplicação das técnicas, especialmente em regiões de situação crítica como o nordeste.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho revisou alguns tópicos relacionados ao armazenamento de água de chuva. Foi apontado que diversos fatores como clima, tipo de chuva, escoamento do telhado e frequência de manutenção do sistema, em especial do tanque de armazenamento, afetam a qualidade da água. Dentre as principais fontes de contaminação estão as substâncias lixiviadas da atmosfera, material depositado no telhado pela natureza, como folhas e material fecal de pássaros e o material de construção do telhado. Entre as aplicações bem-sucedidas ao redor do mundo destaca-se os prédios públicos, devido à sua maior área de captação e melhores condições de investimento para implementação do sistema.

voltar ao
SUMÁRIO

O Brasil, apesar da sua grande heterogeneidade de climas apresentou um grande potencial para aplicação do método, contudo ainda se faz necessário mudanças na legislação e incentivos financeiros para estimular e difundir a técnica em todo o país. A captação de água de chuva se mostra um meio complementar e efetivo para abastecimento de água, bem como mitigando problemas de drenagem urbana, reduzindo os efeitos de altos eventos de precipitação ainda na fonte.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FACEPE (processo nº APQ – 0888-3.07/15) pelo apoio financeiro na realização desta pesquisa e pela bolsa de mestrado (processo nº IBPG-0062-3.01/17), e à PROPESQ/UFPE pela bolsa de Iniciação Científica.

5. REFERÊNCIAS

AKOTO, O; APPIAH, F; BOADI, N. O.. Physicochemical Analysis of Roof Runoffs from the Obuasi Area. **Water Practice & Technology,** 6, 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

ANDRADE NETO, C. O.. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal - RN. **Anais..** Natal: ABES/APESB/ APRH, 2004.

CHANG, M.; MCBROOM, M. W.; BEASLEY, R. S.. Roofing as a source of nonpoint water pollution**. Journal of Environmental Management**, 73(4): 307-315, 2004.

CHRISTOFIDIS, D.. **Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental**. Bahia Análise & Dados, 13 (número especial): 371-382, 2003.

COHIM, E; GARCIA, A; KIPERSTOK, A.. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais..**, Salvador, 16, 2008.

DESPINS, C; FARAHBAKHSH, K; LEIDL, C.. Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting in Ontario, Canada. **Journal of Water Suply: Research and Technology**, 58: 117–133, 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

DOYLE, K; SHANAHAN, P.. The impact of first flush removal on rainwater quality and rainwater harvesting systems' reliability in rural Rwanda. World Environmental and Water Resources Congress: Challenges of Change, **Anais..**, Rhode Island, 465-474, 2010.

FARRENY, R; MORALES-PINZÓN, T; GUISASOLA, A; TAYÀ, C; RIERADEVALL, J; GABARRELL, X.. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality. **Water Research,** 45: 3245-3254, 2011.

GHISI, E; MONTIBELLER, A; SCHMIDT, R.W.. Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, 41: 204–10, 2006.

GHISI, E; BRESSAN, D. L; MARTINI, M.. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment,** 42: 1654-1666, 2007.

GHISI, E; TAVARES, D. F; ROCHA, V. L.. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: potential for potable water savings and investments feasibility analysis. **Resources, Conservation and Recycling** 54: 79-85, 2009.

GNADLINGER, J.. Rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas no semiárido brasileiro. VI Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC, 2007.

HANSEN, S.. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1996.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V.. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas** (Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos). Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2005.

LI, Z.; BOYLE F. J; REYNOLDS, A.. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. **Desalination**, 260: 1-8, 2010.

LIMA, J. A; DAMBROS, M. V. R; ANTONIO, M. A. P. M; JANZEN, J. G; MARCHETTO, M.. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental,** 16: 291-298, 2011.

LITICHEVSKAYA, J.. Reviving the world wonder: why rooftop gardens should cover urban landscapes. **Rutgers Computer & Technology Law Journal**, 37(1-2): 58-92, 2011.

McBEAN, E. A.; RAJIB, M. A.; RAHMAN, M. D. M.. Improved Sustainability of Water Supply Options in Areas with Arsenic-Impacted Groundwater. **Water**, 5: 1941-1951, 2013.

voltar ao
SUMÁRIO

MELIDIS, P; AKRATOS, C. S; TSIHRINTZIS, V. A; TRIKILIDOU, E.. Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece. **Environmental Monitoring and Assessment,** 127: 15-27, 2007.

MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water Research**, 45: 2049-2059, 2011.

MS - Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

RADAIDEH, J; AL-ZBOON, K; AL-HARAHSHEH, A; AL-ADAMAT, R.. Quality assessment of harvested rainwater for domestic uses. **Journal of Earth and Environmental Sciences,** 2: 26-31, 2009.

SANTOS S. M; FARIAS, M. M. M. W. E. C.. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production,** 164: 1007-1015, 2017.

SCHIMIDT, M.. Captação de água de chuva na Alemanha. 3º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva no Semi-árido, **Anais..**, Paraíba ABRH, 2001.

SILVA, S. T. B.; ARAÚJO, L. R.; ALMEIDA, A. J. G. A.; GAVAZZA, S.; SANTOS, S. M.. Comportamento de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias para proteção de cisternas. **Águas Subterrâneas**, 31(2):1-11, 2017.

SILVEIRA, F. A.. **Viabilidade Técnica Para o Aproveitamento da Água da Chuva em Rio Negrinho/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2008.

TOMAZ, P.. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

UN - United Nations. **Population distribution, urbanization, internal migration and development: an international perspective**. Department of Economic and Social Affairs, 378 p., 2011.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Rainwater harvesting and utilization: an environmentally sound approach for sustainable urban water management**. Sumida, 2013.

YUFEN, R; XIAOKE, W; ZHIYUN, O; HUA, Z; XIAONAN, D; HONG, M.. Stormwater runoff quality from different surfaces in an urban catchment in Beijing, China. **Water Environment Research,** 80: 719-724, 2008.

voltar ao
SUMÁRIO

ZOBRIST, J; MÜLLER, S. R; AMMANN, A; BUCHELI, T. D; MOTTIER, V; OCHS, M; SCHOENENBERGER, R; EUGSTER, J; BOLLER, M.. Quality of roof runoff for groundwater infiltration. **Water Research,** 34: 1455-1462, 2000.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 48
ATENUAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÁRMACOS ATRAVÉS DA FILTRAÇÃO EM MARGEM

ATTENUATION OF THE CONCENTRATION OF PHARMACEUTICS THROUGH BANK FILTRATION

Natália Batista do Nascimento Silva, Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque*, Suelen Nascimento dos Santos*, José Adson Andrade de Carvalho Filho*, Anderson Luiz Ribeiro de Paiva*.*

*Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **

RESUMO
No Brasil, grande parte dos mananciais apresenta algum tipo de poluição, afetando tanto qualitativamente como quantitativamente a disponibilidade de água para consumo humano. A expansão do mercado de produtos farmacêuticos e a difusão do seu uso pela sociedade corroboram com a intensificação desse problema ambiental, através do descarte inadequado de medicamentos que atingem as águas superficiais. Nesse contexto, a Filtração em Margem (FM) surge como uma tecnologia bastante promissora, pois se apresenta como um pré tratamento para reter e eliminar estes compostos, facilitando e diminuindo o custo do tratamento das águas de abastecimento público. O presente artigo descreve os fundamentos do processo de Filtração em Margem e apresenta um estudo de caso realizado às margens do rio Beberibe no estado de Pernambuco, abrangendo a investigação de resíduos farmacêuticos e analisando as potencialidades do processo de FM na redução destes.

Palavras-Chaves: Filtração em Margem, fármacos, diclofenaco, qualidade de água.

ABSTRACT
In Brazil, most of the water sources show a kind of pollution, affecting both quantitate and quality of water resources for human consumption. The expansion of the pharmaceutical products and the dissemination its use for society intensify this environmental problem, by discarding inappropriate drugs that are reached the surface water. In this context, the bank filtration (BF) appears as a very promising technology, as it is presented as a pre treatment to retain and eliminate these compounds, facilitating and reducing the cost of public water supply. The present paper describes the fundamental softhe bank filtration process and presents a case study conducted on the banks of the Beberibe river, in the Pernambuco State, Brazil, covering a research of pharmaceutical residues and analysing the potentialities of he BF process in its reduction.

Keywords: Bankfiltration, pharmaceuticals, diclofenac, water quality.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas. Fator este, desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004). Grande parte dos recursos hídricos superficiais do Brasil encontra-se poluído, principalmente os cursos d'água que atravessam áreas urbanas devido às altas taxas de ocupação às margens dos rios, o que agrava os problemas da gestão das águas nas cidades, principalmente no que diz respeito à degradação, esgotamento e abastecimento. A problemática no abastecimento público não advém apenas da quantidade, mas, principalmente, da qualidade da água disponível.

Além dos parâmetros já utilizados na avaliação da contaminação da água, nos últimos anos, novos poluentes vêm causando preocupação, exigindo acompanhamento de qualidade e técnicas de tratamento mais elaboradas. Dentre eles estão os fármacos, compostos químicos que dão origem aos medicamentos. Após a sua administração, os fármacos podem ser lançados no meio ambiente por várias vias, sendo que a principal fonte é por meio de águas residuais provenientes de efluentes industriais, domésticos e hospitalares. Estas substâncias uma vez ingeridas são parcialmente absorvidas pelo organismo, sendo a outra parte excretada de forma inalterada através da urina e das fezes, o que resulta na liberação contínua para os sistemas de saneamento. Assim, os fármacos chegam ao meio ambiente não só pelo uso indevido, mas também através do uso cotidiano e descarte inapropriado.

Vários métodos de tratamento de água recentemente estão sendo desenvolvidos para obter água de melhor qualidade. No entanto, o uso de um método simples, antigo e natural conhecido por Filtração em Margem (FM) pode ser facilmente aplicado, com baixo custo e meios sustentáveis para melhorar a qualidade das águas (THAKUR et al., 2012). Na FM, são instalados poços de bombeamento próximo às margens do rio. Ao bombear a água, cria-se uma diferença de carga hidráulica e a água do rio é induzida através do meio poroso até o poço. Esse fluxo colabora para melhoria na qualidade da água do rio, uma vez que contaminantes presentes na água são filtrados e atenuados, devido aos processos físicos, químicos e biológicos envolvidos. Vários fatores interferem nesse processo, podendo destacar

voltar ao
SUMÁRIO

a qualidade da água superficial, a condutividade hidráulica e as propriedades dos sedimentos do leito do rio como, por exemplo, distribuição do tamanho dos grãos e permeabilidade. O método de FM pode remover eficientemente turbidez, microorganismos, matéria orgânica natural, pesticidas, herbicidas, compostos químicos inorgânicos dissolvidos, fármacos, compostos que causam sabor e odor, pelos processos físicos, químicos e biológicos na passagem através do meio poroso (SAHOO et al., 2005). Esta técnica vem sendo utilizado por diversos países, principalmente na Europa, em zonas de clima temperado, há mais de um século (GUNKEL, 2010).

O objetivo deste estudo é expor o desempenho da Filtração em Margem na remoção de fármacos no Rio Beberibe. Adicionalmente, também foram realizados ensaios granulométricos no intuito de identificar o material que compõe a zona hiporreica do trecho analisado. Esse procedimento interfere diretamente na efetividade da FM uma vez que o processo físico de remoção tende a ser mais eficiente quando a velocidade do fluxo subterrâneo é menor e o aquífero é formado por material granular bem distribuído.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o trecho médio da bacia hidrográfica do rio Beberibe situada na divisa entre as cidades de Recife e Olinda no estado de Pernambuco. Nessa região foram selecionados três pontos para desenvolver as atividades da presente pesquisa.

O Ponto 1 situa-se em um local preservado e não urbanizado a montante da BR-101; o Ponto 2 está localizado a jusante da BR-101 em uma área bastante urbanizada; o Ponto 3 situa-se próximo ao terreno da Estação Elevatória de Caixa d'Água pertencente à Companhia Pernambucana de Abastecimento - COMPESA, no bairro de Caixa d'água, na cidade de Olinda – PE, onde também estão os poços de bombeamento do projeto piloto de Filtração em Margem. O Ponto 3 também está em uma área urbanizada sofrendo com as atividades antrópicas.

voltar ao
SUMÁRIO

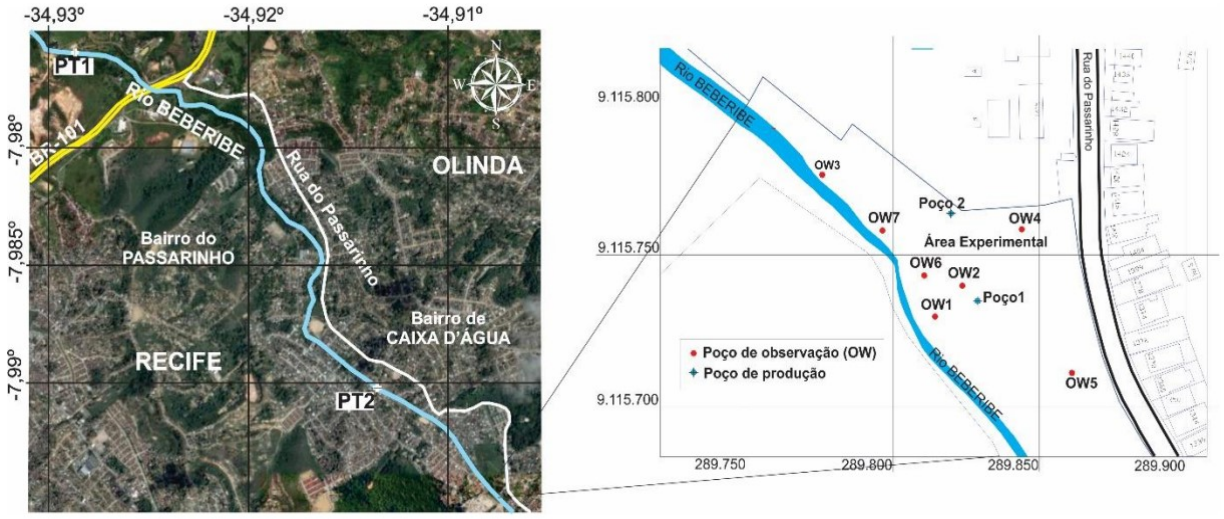


Figura 1 - Localização da área de estudo (pontos de amostragem)no rio Beberibe na divisa entre Olinda e Recife e do projeto piloto de FM. **Fonte**: Veras (2017).

2.2 Metodologia

2.2.1 Fármacos

Foram coletadas amostras de água superficial, durante três campanhas mensais realizadas entre agosto e outubro de 2016, nos pontos selecionados do rio Beberibe. As amostras foram armazenadas e refrigeradas em um vidro âmbar de 1L e, posteriormente, encaminhadas para o Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) no Departamento de Engenharia Química da UFPE onde foi realizada a extração do contaminante por fase sólida utilizando cartuchos poliméricos strata-X. Para tal procedimento foi utilizada bomba peristáltica operando a uma vazão igual a 10 $mL \cdot min^{-1}$; a fase estacionária foi condicionada com duas alíquotas de 3 mL de acetonitrila (Merck), sendo em seguida adicionadas duas alíquotas de 3 mL de água ultra-pura. Uma vez condicionados os cartuchos foram filtrando os efluentes em estudo. A fase móvel empregada foi composta por uma solução de água acidificada com ácido acético a 10% e acetonitrila numa razão volumétrica de 65:35. A temperatura do forno do equipamento foi mantida a 40 ± 1 ºC com o fluxo de 0,700 $mL \cdot min^{-1}$ e a uma pressão de 53 $kgf \cdot cm^{-2}$. A partir disto, foi possível obter as concentrações de diclofenaco através do equipamento de CLAE da Shimadzu, as detecções

voltar ao
SUMÁRIO

foram feitas com base nos tempos de retenção. A importância da quantificação do diclofenaco se deve por este ser um dos compostos farmacologicamente ativos mais abundantes em mananciais superficiais (HEBERER, 2002).

2.2.2 Ensaios de granulometria

As amostras foram coletadas na margem do rio Beberibe com profundidade de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm, através de um amostrador do tipo corer, cilíndrico de acrílico liso com área total de 271,31 cm². Após a coleta as amostras foram refrigeradas para melhor preservação e levadas ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO) onde foram efetuadas as análises granulométricas por meio das técnicas de peneiramento e pipetagem descritas em Suguio (1973) e ABNT (1984). A partir dos resultados obtidos, os dados das frações granulométricas foram plotados no software SYSGRAN 3.0 que retornou a classificação do solo, bem como parâmetros estatísticos do diâmetro médio e grau de seleção segundo as equações de Folk & Ward (1957).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um grande número de variáveis está envolvido para se alcançar com eficiência melhorias na qualidade da água produzida, neste artigo foram enfatizadas as características dos sedimentos da interface aquífero e água superficial. Há algumas razões consideráveis para a realização de análises granulométricas, entre as quais, estão as bases para uma descrição mais precisa dos sedimentos, as informações sobre processos físicos atuantes durante a sua deposição, a relação de propriedades como porosidade e condutividade hidráulica, e o uso de parâmetros granulométricos em diferentes combinações (SUGUIO, 2003). Na Tabela 1 estão descritos os dados obtidos na análise granulométrica. Observa-se que o Ponto 1 é predominantemente arenoso. Percebe-se que há uma heterogeneidade entre seus diâmetros, caracterizando no mesmo ponto areias com granulometria bem distribuída, se tratando de uma areia grossa nos cinco centímetros e uma areia média de cinco a dez centímetros. Os valores granulométricos referentes aos Pontos 2 e 3 apresentam predominância de silte grosso em sua composição. Com relação ao grau de seleção das amostras do material analisado,

voltar ao
SUMÁRIO

apresentaram-se agrupados em dois tipos: pobremente selecionados e muito pobremente selecionados, houve maior ocorrência de amostras classificadas em pobremente selecionadas, o que indica um sedimento com grande dispersão dos seus valores granulométricos

Tabela 1 - Análise granulométrica.

Ponto	Diâmetro médio	Classificação	Grau de seleção	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
0-5 P1	0,5653	Areia grossa	Pobremente selecionado	20,88	74,21	3,924	0,9811
5-10 P1	1,253	Areia média	Pobremente selecionado	4,601	92,26	2,51	0,6274
0-5 P2	4,551	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	1,236	56,29	11,58	30,89
5-10 P2	4,369	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	2,271	55,68	25,23	16,82
0-5 P3	4,392	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	1,869	62,78	10,1	25,25
5-10 P3	4,885	Silte grosso	Muito pobremente selecionado	1,385	49,14	13,19	36,28

As propriedades dos sedimentos analisadas nos ensaios granulométricos interferem nos processos de filtração em margem, uma vez que controlam a velocidade de infiltração. O processo de remoção é tanto mais eficiente quanto mais lenta for a percolação e quando o aquífero for formado por material granular bem distribuído. Dessa forma, pode-se afirmar que os sedimentos presentes no leito do rio ajudam a FM ser mais eficiente. A grande dispersão das partículas mais finas verificada nos Pontos 2 e 3, podem influenciar na obstrução das margens do corpo d'água, aumentando a eficiência da filtração natural, porém podem diminuir a condutividade hidráulica e reduzir a produtividade da zona de captação do poço.

Em relação ao monitoramento qualitativo da água, um estudo sobre a presença de fármacos tem sido desenvolvido em um trecho do rio Beberibe. Veras (2017) analisou dois pontos do rio e dos poços de produção, onde verificou-se que o diclofenaco está presente constantemente no trecho estudado. Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 2, percebe-se que o Ponto 2 apresentou maior concentração quando comparado ao Ponto 1, esse fato pode estar associado a sua localização, uma vez que esse ponto está situado em uma área mais urbanizada, recebendo maior contribuição de esgoto. No geral, as concentrações do composto variaram entre 0,029 e 0,055 $mg \cdot L^{-1}$.

Tabela 2- Identificação e quantificação ($mg \cdot L^{-1}$) do diclofenaco no Rio Beberibe e nos poços. **Fonte**: Veras

voltar ao
SUMÁRIO

(2017).

Mês	Ponto 1	Ponto 2	Poço 1	Poço 2
Agosto	0,029	0,045	0,001	0,002
Setembro	0,034	0,055	0,009	0,004
Outubro	0,037	0,055	0,000	0,007

Levando em consideração as três campanhas realizadas, as concentrações do diclofenaco nos poços de produção de Filtração em Margem foram atenuadas, confirmando o potencial da tecnologia FM como um minimizador desses contaminantes. Observa-se que as concentrações do diclofenaco encontradas nos pontos de estudo são superiores as concentrações encontradas nos poços de produção, comprovando a eficiência da tecnologia de Filtração em Margem na atenuação. Regneryet al. (2015) também tiveram resultados positivos sobre a atenuação do diclofenaco na aplicação da FM em rios no Colorado.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente artigo possibilitou uma análise de como o processo de filtração em margem pode ser eficiente na remoção de fármacos em águas superficiais. A área em estudo compreende pontos do Rio Beberibe com grande densidade populacional e onde se observa notável contribuição de esgotos e resíduos sólidos. No Ponto 2, a poluição está fortemente atrelada a deposição inadequada do lixo e a contribuição de esgotos vindos das comunidades instaladas nas margens dos rios, justamente nele, foram encontradas maiores concentrações de compostos farmacêuticos. Além da análise da presença de fármacos, também se verificou as características dos sedimentos presentes no leito do rio como forma de expor a influência dessas propriedades na eficácia da FM. Dessa forma, comprovou-se a boa distribuição do material investigado, os pontos apresentaram grande dispersão das partículas, mostrando assim, sua influência positiva no processo.

Outros autores também analisaram concentrações do diclofenaco em amostras de águas superficiais encontrando variações nos resultados em relação aos que foram detectados neste estudo. Nos trabalhos de monitoramento de efluentes e águas superficiais de Berlim na Alemanha, o diclofenaco foi identificado como sendo o composto farmacologicamente ativo

voltar ao
SUMÁRIO

mais abundante presente na água (HEBERER, 2002). Matamoros & Salvadó (2012) verificaram a ocorrência de 17 contaminantes emergentes em 2 rios no nordeste da Dinamarca, sendo o diclofenaco um dos compostos que apresentaram maior concentração (0,044 a 0,581mg·L^{-1}). Apesar de ainda não ser possível afirmar que o diclofenaco é o composto mais abundante nas águas do Beberibe, pode-se observar que no ponto com maior poluição foram encontradas concentrações do composto equivalentes aos estudos feitos por Matamoros & Salvadó (2012).

A presença do diclofenaco no Rio Beberibe é algo preocupante em razão dos riscos associados à saúde humana e ambiental. Devido à carência de tratamento de esgotos e a falta de acesso ao saneamento básico, os esgotos domésticos da área em estudo são lançados diretamente nos cursos d'agua, dessa forma, é possível encontrar resíduos dos fármacos nas matrizes aquáticas durante todo o ano, uma vez que seu lançamento é contínuo. Verificou-se que a concentração do diclofenaco aumentou ao longo dos meses estudados, podendo esse fato ser explicado pela época do ano em que foram realizadas as análises. O mês de agosto caracteriza-se como um período chuvoso, deste modo, pode-se considerar que houve uma diluição do composto, enquanto outubro, que é um período seco, recebeu menos contribuição da água da chuva, apresentando maiores concentrações. Percebe-se ainda que as amostradas coletadas nos poços acompanham esse comportamento.

Estudos realizados, em quinze estações de tratamento de águas residuais em Portugal, avaliaram onze produtos farmacêuticos e também verificaram maiores cargas em massa durante verão (Pereira et al., 2015). O tratamento de esgotos é essencial para a manutenção da saúde e conservação do ambiente, entretanto nem todas as substâncias submetidas aos processos convencionais de tratamento são totalmente removidas, sendo lançadas nos corpos receptores. À vista disso, a Filtração em Margem pode ser usada no mínimo como pré-tratamento da água, garantindo eficiência na remoção desses compostos e podendo ser incorporado aos processos das estações de tratamento, fornecendo um abastecimento de melhor qualidade e baixo custo.

É importante que sejam intensificadas pesquisas sobre o processo de FM nas diversas regiões do Brasil para adequação do método às condições hidrogeológicas de cada região, bem como para conhecer as características das águas utilizadas para abastecimento público. De acordo com os dados obtidos, as concentrações do diclofenaco encontradas nos poços de

produção foram menores que as encontradas nos pontos de estudo, comprovando a eficiência da tecnologia de Filtração em Margem na atenuação do mesmo. Entretanto, se torna necessário a continuação dos estudos relacionados a fármacos, pois os resultados referem-se a períodos curtos, sendo insuficiente para ser considerado um comportamento padrão.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LABOGEO) pela parceria nos ensaios granulométricos; ao Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) pela parceria nos ensaios de fármacos; ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro nas pesquisas atreladas a este trabalho.

6. REFERÊNCIAS

COLAÇO, R.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; GOMES, E. C.; Poluição por resíduos contendo compostos farmaceuticamente ativos: aspectos ambientais, geração a partir dos esgotos domésticos e a situação do Brasil. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, nº 4, 539-548, 2014.

GUNKEL, G. Bank filtration - an eco-technology for drinking water treatment and the application to the semi-arid zone. **Anais…** In: Second International Conference: Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions, Fortaleza, 2010.

HEBERER, T. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. **Journal of Hydrology**, v.266, p. 175-189, 2002.

HOPPE, T.R.G.; ARAÚJO, L.E.B. Contaminação do meio ambiente pelo descarte inadequado de medicamentos vencidos ou não utilizados. **Monografias ambientais**, v. 6, nº 6, 2012.

MATAMOROS, V.; SALVADÓ, V. Evaluation of the seasonal performance of a water reclamation pond-constructed wetland system for removing emerging contaminants. **Chemosphere**, v. 86, p. 111, 2012.

PAIVA, A.L.R. **O processo de Filtração em Margem e um estudo de caso no Rio Beberibe**. Tese (Doutorado), Engenharia Civil, 2009. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 151, 2011.

PEREIRA, R.S. Identificação das fonts de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos.**IPH-UFRGS, v.1, n.1. p 20-36. 2004.

voltar ao
SUMÁRIO

PEREIRA, ANDRÉ M.P.T.; SILVA, LILIANA J.G. ; MEISEL, LEONOR M.; LINO, CELESTE M.; PENA, ANGELINA. Environmental impact of pharmaceuticals from Portuguese wastewaters: geographical and seasonal occurrence, removal and risk assessment. **Environmental Research.** v. 136, p. 108–119. 2015.

REGNERY, J.; BARRINGER, J.; ALEXANDRE D. WING, A. D.; HOPPE-JONES, C.; TEERLINK, J.; DREWES, J. E. Start-up performance of a full-scale riverbank filtration site regarding removal of DOC, nutrients, and trace organic chemicals. **Chemosphere**, v.127, p.136-142, 2015.

SAHOO, G.B.; RAY, C.; WANG, J.Z.; HUBBS, S.A.; SONG, R.; JASPERSE, J.; SEYMOUR, D. (2005). Use of artificial neural networks to evaluate the effectiveness of riverbank filtration. **WaterResearch**, v.39, p.2505-2516. 2005.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 2003.

VERAS, T.B.;CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R.;SALES, R.V.L. Investigação da presença de paracetamol em águas superficiais: estudo de caso do Rio Beberibe-PE. **Anais...** In:XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, p.1-8, 2017.

VERAS, T.B.;CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R.; DUARTE, M.M.B.; ZAIDAN, L.E.M.C. A filtração em margem na remoção de fármacos: estudo de caso Rio Beberibe - PE, Brasil. **Anais...** In:Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, Porto, 1-10, 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 49
CARACTERIZAÇÃO DE UM RESIDUO LÍQUIDO LABORATORIAL PRÉ E PÓS TRATAMENTO PARA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM OS PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL

CHARACTERIZATION OF A LABORATORIAL LIQUID WASTE BEFORE AND AFTER TREATMENT FOR COMPARISON OF RESULTS WITH EFFLUENT RELEASE PATTERNS IN ACCORDANCE WITH NATIONAL LEGISLATION

Pâmela Barcelar Ferreira Gomes da Silva[*], Alisson Castro do Nascimento[**], Jadson Freire da Silva[***], Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[***], Josimar Vieira dos Reis[****].

**Departamento de Engenharia Química, Mestranda em Engenharia Química, UFPE, Brasil.*
***Departamento de Engenharia Química, Doutorando em Engenharia Química, UFPE, Brasil.*
**** Departamento de Ciências Geográficas, Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPE, Brasil.*
***** Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Doutorando em Desenvolvimento Urbano, UFPE, Brasil.*

RESUMO
As emissões de efluentes tóxicos no meio ambiente proveniente de indústrias, laboratórios de universidade e institutos de pesquisas, poluem e prejudicam seriamente os ecossistemas aquáticos. A Demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro que diz respeito à quantidade de oxigênio consumido por materiais e por substâncias orgânicas que se oxidam sob condições definidas e que torna-se muito importante por estimar o potencial poluidor de efluentes domésticos, por essa razão, este trabalho teve como objetivo caracterizar o resíduo líquido laboratorial produzido no Laboratório de Química da Universidade do Estado do Amazonas quanto à cor, DQO, fenóis totais e absortividade no ultravioleta e visível antes e após tratamento com Foto Fenton e comparou os resultados com as legislações nacionais de padrões de lançamento de efluentes líquido. Os resultados demonstraram que a concentração de fenóis totais observada no resíduo líquido em estudo é 30 vezes acima do permitido. Após tratamento com Foto fenton, obteve um efluente com menor impacto ambiental.

Palavras chave: Demanda Química de Oxigênio, Descarte de efluentes, Foto fenton.

ABSTRACT
Emissions of toxic effluents from the environment from industries, university laboratories and research institutes seriously pollute and harm aquatic ecosystems. The chemical oxygen demand (COD) is a parameter that refers to the amount of oxygen consumed by materials and organic substances that oxidize under defined conditions and which becomes very important for estimating the pollutant potential of domestic effluents, for this reason , this work aimed to characterize the laboratory liquid residue produced in the Chemistry Laboratory of the State University of Amazonas regarding color, COD, total phenols and ultraviolet and visible absorptivity before and after treatment with Photo Fenton and to compared the results with the legislations standards for the discharge of liquid effluents. The results showed that the concentration of total phenols observed in the liquid residue under study is 30 times higher than allowed. After treatment with Photo fenton, it obtained an effluent with less environmental impact.

Key words: Chemical Oxygen Demand, Effluent disposal, Photo fenton.

voltar ao
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

As emissões de resíduos químicos no meio ambiente causam sérios danos à natureza, como é o caso de alguns processos industriais que utilizam grandes volumes de água nos quais são ausentes sistemas de tratamentos de resíduo líquidos. A contaminação por compostos fenólicos, presentes em diversos efluentes de processos industriais tais como petroquímica, papel e celulose, farmacêutica, indústria têxtil, plástico, resinas e de fabricação de pesticidas, apresenta uma toxicidade bastante elevada (SKORONSKI et al., 2015), causa graves problemas de saúde pública e são também tóxicos ao meio ambiente aquático, podendo provocar a morte de peixes, mesmo em concentrações na faixa de 1 $mg.L^{-1}$.

De acordo com a Resolução Conama nº 358, de 29 de abril de 2005, resíduo químico é todo material ou substância com característica de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização ou reciclagem, que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

Sabe-se que a geração de resíduos não é exclusividade das indústrias, uma vez que em laboratórios de universidades, escolas e institutos de pesquisa também são geradores de resíduos de elevada diversidade e volume reduzido, mas que podem representar, por exemplo, 1% do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido (TAVARES e BENDASSOLLI, 2005).

Segundo Kaufman (1990), nenhum descarte de resíduos químicos deve ser feito, sem que seja considerada a necessidade de tratamento prévio a fim de eliminar ou reduzir acidentes ou dano ao meio ambiente. Os sistemas de tratamentos de resíduo líquidos têm por objetivo principal atender a legislação ambiental e em alguns casos o reuso. A Resolução nº 357 de março de 2005 do CONAMA, dispõe sobre as condições e padrões pré-estabelecidos, proibindo o descarte em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

Vários trabalhos relatam sobre o tratamento de resíduo líquido de laboratório de ensino. Toleto et al. (2010) propuseram o tratamento do dinitrobenzeno, que é um dos resíduos gerados de maior problema no laboratório da Universidade de Mogi das Cruzes, devido ao seu forte odor que fica presente no ar. Leo e Toledo (2008) relatam sobre o

voltar ao
SUMÁRIO

tratamento de soluções sulfocrômicas, utilizadas em laboratórios para lavagem de vidrarias. Silva *et al.* (2009) utilizaram a técnica Foto Fenton para tratamento de resíduos líquidos orgânicos do gerados nos laboratórios do Centro de Laboratórios da Universidade de Medellín através da reação de Foto Fenton artificial. Neste estudo, as concentrações de ferro utilizadas variaram entre 5 e 50 mg/L e as de peróxido de hidrogênio entre 200 e 500 mg/L, e se encontrou um valor ótimo para a remoção de Carbono Orgânico Total (COT) de 27.5 mg/L de Fe e 300 mg/L de H_2O_2, que correspondeu a uma 80% de mineralização, alcançado em 150 minutos de irradiação.

Pereira e Hoehne (2006) trataram um resíduo laboratorial contendo fenol. Este resíduo foi tratado com Foto Fenton e otimizado utilizando-se um planejamento fatorial 2^3 para verificar as melhores condições de pH, concentração de H_2O_2 e concentração de $FeSO_4.7H_2O$. Após a realização dos experimentos do planejamento fatorial a melhor condição encontrada foi pH 3,0, 3,6 mmol L^{-1} de $FeSO_4.7H_2O$ e 21,2 mmol L^{-1} de H_2O_2, promovendo uma degradação sustentavel (atendendo à legislação) após 5 minutos.

O processo selecionado para estudo é o processo Foto Fenton e este trabalho sugere a viabilidade deste processo para a degradação de contaminantes orgânicos que pode ser encontrada em resíduo líquidos de várias indústrias como, por exemplo, indústria papeleira, de tinta, de fermento, de processamento de carne e abatedouros frigoríficos, ainda aquelas responsáveis em processar o chorume, resíduo líquidos domésticos, como também resíduo líquidos de laboratórios de pesquisa de universidade, que é o objeto de pesquisa deste trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O resíduo líquido utilizado foi originado de microbiologia e foi composto de solventes orgânicos (éter etílico, éter de petróleo, clorofórmio, acetona, naftaleno) e do corante fucsina. Este foi coletado (2 L) é diluído na proporção de 2:300, acrescido de 100 mg/L de um corante, a fucsina básica, e acondicionado em galão de 10L de polietileno, a temperatura ambiente. Foi caracterizado físico-quimicamente quanto a sua DQO, Cor, Fenóis Totais e Absortividades no UV/Vis.

Na análise da DQO as determinações foram feitas de acordo com o procedimento

voltar ao
SUMÁRIO

descrito na NBR 10357/1988. Na determinação de DQO, o procedimento consistiu em adicionar em tubos de ensaios 2,5 mL de amostra, 1,5 mL de solução digestora (preparada com 10,12 g de dicromato de potássio; 33,3 g de sulfato de mercúrio II; 167 mL de H_2SO_4, completados para 1000 mL com água destilada) e 3,5 mL de solução catalítica (preparada na proporção de 5,5 g de $AgSO_4$/kg de H_2SO_4 concentrado). A concentração da demanda de O_2 da amostra, em $mg.L^{-1}$, foi obtida pela interpolação dos dados obtidos de uma curva de calibração que utilizou biftalato de potássio com padrão.

A cor foi medida de acordo com metodologia padrão CPPA (1975) (ALMEIDA, 2013, QUEISSADA; SILVA; PAIVA, 2011). Em todas as determinações, os resíduos líquidos foram previamente centrifugados por 15 min a 3.500 rpm e o pH ajustado para 7,6 com tampão fosfato 0,1 $mol.L^{-1}$. A absorbância da solução no espectro visível foi determinada em 465 nm contra água destilada em um equipamento UV/visível U2000 HITACHI.

A concentração de fenóis totais foi determinada colorimetricamente. O resíduo líquido foi previamente centrifugado por 15 min a 3.500 rpm e o pH foi ajustado para 7,6 com tampão fosfato 0,1 $mol.L^{-1}$. A concentração de fenóis da amostra, em $mg.L^{-1}$, foi obtida pela interpolação dos dados obtidos de uma curva de calibração que utilizou fenol como padrão.

O resíduo líquido bruto foi diluído com tampão fosfato (0,1 M, pH 7,6) de forma que as absorções máximas fossem menores que 1. Em seguida, foi calculada sua absortividade real em comprimentos de onda (230, 260, 280, 320, 595, 600 nm) em um equipamento UV/visível Gene Quant-Eppendorf.

As concentrações ótimas das soluções de peróxido de hidrogênio (30% v/v) e sulfato ferroso hepta-hidratado (10 g L^{-1}) foram determinadas por planejamento fatorial 2^2 com arranjo estrela. Foi investigada a influência das concentrações de Fe^{2+} e H_2O_2 por este planejamento, adicionado de pontos axiais (1,41) e triplicata em ponto central, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Níveis das variáveis do H_2O_2 e Fe^{2+} do processo Foto-Fenton utilizado no planejamento experimental 2^2.

Variáveis	**Níveis**				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
$[Fe^{2+}]$ (g/L)	0	0,11	0,375	0,64	0,75

voltar ao
SUMÁRIO

$[H_2O_2]$ (g/L)	0	5	16	27	32

Fonte: Autores (2018)

No procedimento experimental, o resíduo líquido (10 mL) foi transferido para placas de petri de 9 cm de diâmetro. Em seguida, foi adicionado o Fe^{2+} e H_2O_2 previsto no planejamento fatorial e as placas foram expostas a 30 min de irradiação solar (IUV 11, e cada unidade de IUV corresponde a 25 mW/m^2 de energia, que resulta em 275 mW/m^2). A reação de Foto-Fenton foi parada acrescentando-se 1:1000 de NaOH (6M).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resíduo líquido laboratorial é constituído essencialmente por solventes orgânicos, tais como éter etílico, clorofórmio, éter de petróleo, acetona e acrescido de um corante. As características físico-químicas do resíduo líquido estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do resíduo líquido bruto

Cor (UC)	+/-2462,1
Fenóis totais (mg/L)	+/-90,96
DQO (mgO_2/L)	+/-977,7
pH	2

O descarte de efluentes com elevada carga orgânica (DQO), como este efluente, oferecem sérios riscos de impacto ambiental, principalmente em função da interferência nos processos fotossintéticos naturais, além de contribuírem com a toxicidade no meio aquático, diminuem o oxigênio dissolvido e modificam todas as propriedades e características dos corpos d'água. Como no Brasil, não há um padrão de DQO estabelecida pela Resolução n. 357 do CONAMA, vários Estados têm estabelecido, através de legislação estadual, o limite máximo da DQO para um resíduo líquido a ser lançado num corpo d'água, como mostra a Quadro 1:

voltar ao
SUMÁRIO

Quadro 1: Legislações nacionais de padrões de lançamento de efluentes

ESTADO	LEI	Concentrações exigidas nos efluentes						Eficiência de remoção (%)	
		DQO mg/l	DBO mg/l	SST mg/l	N mg/l	P mg/l	CF NMP/100ml	DBO	SST
RJ	Norma Técnica FEEMA NT 202.R10 e Diretriz FEEMA DZ 215.R3	-	180 (C ≤ 5)(1) 100 (5 < C ≤ 25) 60 (25 < C ≤ 80) 40 (C > 80)	180 (C ≤ 5)(1) 100 (5 < C ≤ 25) 60 (25 < C ≤ 80) 40 (C > 80)	5(2) 10(3)	1(3)	-	30 (C ≤ 5)(1) 60 (5 < C ≤ 25) 80 (25 < C ≤ 80) 85 (C > 80)	-
MG	Deliberação Normativa COPAM 010 de 16/12/1986	90	60	60 (4) 100 (5)	5(2)	-	-	60	-
SP	Decreto Estadual 8.468 de 08/09/1976	-	60	-	-	-	-	80	-
ES	COMDEMA 02/1991 (Legislação do município de Vitória)	200	-	100	-	-	-	90	-
RS	Portaria 05/89 SSMA de 16/03/1989	360 (Q<200)(6) 240 (200 ≤ Q < 1000) 200 (1000 ≤ Q < 2000) 160 (2000 ≤ Q < 10000) 100 (10000 ≤ Q)	120 (Q<200)(6) 80 (200 ≤ Q < 1000) 60 (1000 ≤ Q < 2000) 40 (2000 ≤ Q < 10000) 20 (10000 ≤ Q)	120 (Q<200)(6) 80 (200 ≤ Q < 1000) 70 (1000 ≤ Q < 2000) 50 (2000 ≤ Q < 10000) 40 (10000 ≤ Q)	10	1	300	-	-
SC	Decreto Estadual 14.250 de 05/06/1981	-	60	-	10(3)	1(3)	-	80	-
PR	Resolução 001/07 SEMA de 23/01/2007	225	90	-	20(2)	-	-	-	-
CE	Portaria nº 154 de 22/07/2002	200	-	50	5(2)	-	5000	-	-
PB	NT 301 de 24/02/1988	-	60	-	10(3)	1(3)	-	80	-
AL	Decreto Estadual 6.200 de 01/03/1985	150	60	-	0,5(2)	-	-	-	-
BA	Resolução CEPRAM 2.288 de 28/04/2000	-	-	-	-	-	10^6	80 – 95(7)	70 – 90(7)
PE	Normas Técnicas CPRH 2002 e CPRH 2007	360 (C ≤ 2)(1) 160 (2< C ≤ 6) 120 (6< C ≤ 50) 60 (C > 50)	180 (C ≤ 2)(1) 80 (2< C ≤ 6) 60 (6< C ≤ 50) 30 (C > 50)	-	-	-	(8) De 10^6 a 10^4	40 (C ≤ 2)(1) 70 (2< C ≤ 6) 80 (6< C ≤ 50) 90 (C > 50)	-
MS	Deliberação CECA/MS 003 de 20/06/1997	-	60(9)	-	5(2)	-	-	-	-
GO	Decreto Estadual 1.745 de 06/12/1979	-	60	-	-	-	-	80	-
RO	Decreto Estadual 7.903 de 01/07/1997	-	-	-	5(2)	-	-	-	-
BRASIL	CONAMA 357/2005	-	-	-	20(2)	-	-	-	-

Observação: O efluente não deverá causar prejuízos ao corpo receptor
(1) Variável de acordo com a carga orgânica diária bruta (kgDBO/dia)
(2) Nitrogênio Amoniacal
(3) Lançamentos em corpos hídricos contribuintes de lagoas ou lagunas ou estuários
(4) Valor máximo diário
(5) Média aritmética mensal
(6) Variável de acordo com a vazão diária de lançamento (m³/dia)
(7) Variável de acordo com o padrão sócio-econômico do empreendimento imobiliário
(8) Variável de acordo com classes de enquadramento do corpo d'água receptor
(9) Valores superiores poderão ser tolerados desde que o padrão de qualidade da classe do corpo d'água receptor seja respeitado

Fonte: Volschan Jr. e Veról (2007)

Observa-se, através da Tabela 2, que a DQO do resíduo líquido em estudo é cerca de 2,7 vezes maior, considerando o limite máximo estabelecido pela legislação estadual Pernambuco e Rio Grande do Sul. Apesar de sua alta carga orgânica, o resíduo líquido ainda é passível de tratamento com Foto-Fenton, pois somente valores superiores a 2000 mgO_2/L de DQO inviabilizando o processo, devido a um maior consumo de reagentes.

voltar ao
SUMÁRIO

Quanto ao parâmetro, fenóis totais, a Resolução n. 357 do CONAMA, define que o limite admissível de fenóis totais para o lançamento em águas doces para consumo humano é de 3 $mg.L^{-1}$. A concentração de fenóis totais observada no resíduo líquido em estudo é 30 vezes acima do permitido. A absortividade do resíduo líquido no comprimento do UV/VIS foi analisada e revelou-se significativa a 280nm, indicando a presença de substâncias aromáticas e fenólicas, que são tóxicas ao meio ambiente.

O resíduo líquido, após tratamento com valores otimizados de peróxido e ferro, apresentou as seguintes características mostrada na Tabela 3:

Tabela 3 - Características físico-químicas do resíduo líquido tratado

	Pré Tratamento	Pós Tratamento
Cor (UC)	2462,1	75,80
Fenóis totais (mg/L)	90,96	20,84
DQO (mgO_2/L)	977,7	287,9

Analisando os dados pré e pós-tratamento nos revelam que através da técnica Foto-Fenton, as melhores condições de reduções foram: 97% a cor e 76% as substâncias que absorvem a 280nm.

4. CONCLUSÃO

Considerando os objetivos e os resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que, o processo Foto-Fenton com irradiação solar é eficaz no tratamento de um efluente laboratorial, considerando a cor, compostos que absorvem a 280nm e DQO.Foi caraterizado o efluente pré-tratamento revelando os seguintes dados: cor (2462,1 UC), matéria orgânica (DQO = 977,7 mgO_2L^{-1}), acidez (pH 2) e concentração de fenóis (90,92 $mg.L^{-1}$).

O resíduo líquido obtido após o tratamento possui menor impacto ambiental que é possível verificar a partir dos seguintes dados: cor (75,80 UC), matéria orgânica (DQO= 287,9 mgO_2L^{-1}) e concentração de fenóis (20,84 $mg.L^{-1}$). O resíduo ainda não está adequado para ser disposto no meio ambiente, mas o tratamento propiciou boa redução em todos parâmentros analisados.

5. AGRADECIMENTOS

voltar ao
SUMÁRIO

Ao laboratório de Micologia do INPA e ao laboratório de Quimica da EST – UEA.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.,C. **Análise ecotoxicológica da fração inorgânica do efluente da deslignificação do línter na produção de nitrocelulose**. 2013. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Bioquímica, Universidade de São Paulo. Lorena, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10357**: Água - Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) - Métodos de refluxo aberto, refluxo fechado - titulométrico e refluxo fechado colorimétrico - Método de ensaio. Rio de Janeiro: 1988.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, publicada no **D.O.U**. em 18/03/2005, Seção 1, pag. 58-63.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 358 de de 29 de abril de 2005 Publicada no **D.O.U** no 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, páginas 63-65

CPPA- **Technical Section Standard Method H5P**, 1975.

KAUFMAN, J.A. **Waste disposal in academic institutions.**3rd.ed. Toronto: James A. Kaufman, 1990. 208 p.

PEREIRA, J.S.F., HOEHNE, L. **Degradação de resíduo de fenol por diferentes Processos Avançados de Oxidação (POAs**). In: 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia. 2006.

QUEISSADA, D.D.; SILVA, F.T., PAIVA, T.C.B. Tratamentos integrados em efluente metal-mecânico: precipitação química e biotratamento em reator do tipo air-lift. **Eng Sanit Ambient**., v. 16, n. 2, Rio de Janeiro, Apr/ June 2011.

SILVA, T.L., TAVARES, C.R.G., ABREU, E.T. **Tratamento de efluente hospitalar por métodos oxidativos avançados**. In: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em iniciação científica, Uberlândia. Anais. Uberlândia, UFU, 2009.

SKORONSKI, E., FERRARI, A., FERNANDES, M., ELY, C., JOÃO, J.J. Desempenho de um reator Fenton em escala industrial aplicado à remoção de fenóis em uma planta de recuperação de resíduos da indústria de papel e celulose. **Rev. Ambient. Água** v. 10 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2015

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. "A Implantação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos e Águas Servidas nos Laboratórios de Ensino e Pesquisa no Cena/Usp", **Quim. Nova**, v. 28, p. 732-738.2005

voltar ao
SUMÁRIO

TOLEDO, A.C.T.; LEO, V. M.M. **Gerenciamento de Resíduos Químicos: Uma experiência de aprendizado em aulas de laboratório em Ensino Superior**. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Anais, Curitiba: UFPR, 2008.

TOLEDO, F.C.M.; LIMA, F. R.; ALECRIM, S.; SILVA, T.M.; SOUZA, W. S. **Tratamento de resíduos de laboratório de ensino**. 2010. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Química. Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2010.

VOLSCHAN JR., I. ; VEROL, A. P. . **Inventário e Análise de Padrões de Lançamento de Esgotos Sanitários: Visão Nacional e Internacional**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 50
CORTINA TÉRMICA SUSTENTÁVEL

SUSTAINABLE THERMAL CURTAIN

Elienay Nascimento Gadelha da Silva*, Izabely Bento de Lima*, Marcelo Cairrão Araujo Rodrigues*, Giselly de Andrade Alencar *, Valéria Sandra de Oliveira Costa**, Patrícia Smith Cavalcante ***.

**Mestranda (o) do Mestrado Profissional em Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco - PROFCIAMB/UFPE - Brasil.*
***Professora do PROFCIAMB-UFPE, CAPES/PNPD-PRODEMA, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.*
****Professora do Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino e do PROFCIAMB-UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.*

RESUMO
Um dos temas ambientais mais pertinentes nas escolas do Brasil é a temperatura. Esta possui implicações diretas na dinâmica escolar, proporcionando além do desconforto térmico na sala de aula, alterações funcionais nos organismos. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi construir uma cortina de caixa de leite para refletir os raios solares e proporcionar um melhor conforto térmico na sala de aula. Foram realizadas pesquisas de abordagem qualitativa e quantitativa. As coletas de dados foram as observações, bibliografia e experimento, realizados durante o horário escolar. Todo corte, colagem e montagem foram feitos na escola. Portanto, os resultados foram a diminuição da temperatura de 30°C para 28,5°C e a redução da umidade 85% para 66 %, dentro da sala de aula, a umidade apresentou diferença estatisticamente significante. A melhora do conforto térmico foi atribuída a redução da umidade relativa, facilitando o processo de evaporação e perda de energia interna dos corpos. Concluí-se, o projeto proporcionou uma sustentabilidade ambiental com o reaproveitamento da caixa de leite da merenda escolar e resolveu um problema do coletivo. A replicação poderá ser feita em qualquer ambiente, por se tratar de um projeto economicamente viável e de baixo custo. Foi uma ação pedagógica inovadora e ambientalmente sustentável.

Palavras chaves: Caixa de leite, Sala de aula, Umidade relativa, Temperatura.

ABSTRACT
One of the most important environmental subjects in Brazil´s schools is temperature. This has direct implications on school dynamics, providing thermal discomfort in the classroom, functional changes in organisms. In this way, the overall objective of this work was to construct a milk box curtain to reflect the solar rays and provide a better thermal comfort in the classroom. Qualitative and quantitative research was carried out. Data collection was the observations, the bibliography and the experiment, carried out in the classroom during the school hours. All cutting, gluing and assembly were done at school. Therefore, the results were the decrease in temperature from 30°C to 28,5°C and the reduction of humidity from 85% to 66%, within the classroom, the humidity presented a statistically significant difference. The improvement of thermal comfort was attributed the reduction of relative humidity, facilitating the process of evaporation and loss of internal energy of the bodies. In conclusion, the project provided environmental sustainability with the reuse of the milk carton of school meals and solved a collective problem. Replication can be done in any environment, because it is an economically viable and low cost project. It was an innovative and environmentally sustainable pedagogical action.

Keywords: Milk box, Classroom, relative humidity, Temperature.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O conforto ambiental está predominantemente ligado a 9 variáveis que representam uma parte importante do bem-estar dos indivíduos e da satisfação de alunos que necessitam de ambientes escolares saudáveis. Essas variáveis são: ruído, iluminação, temperatura, umidade, pureza e velocidade do ar, radiação, atividade física e tipo de vestimenta (LULA et al, 2002). Quando há desequilíbrios de uma dessas variáveis, as perturbações podem acarretar grandes problemas na aprendizagem escolar.

É preciso um olhar atento para o ambiente escolar e as suas edificações, pois deles resultam uma boa ou má qualidade de vida escolar. Este projeto não visa relatar a infraestrutura dos prédios escolares, mais reforçar a ideia de que a construção das edificações, o ambiente da sala de aula, podem interferir diretamente no ensino-aprendizagem.

A qualidade da aprendizagem é alcançada por meio de elementos físicos e não físicos do ambiente. Sendo assim, torna-se relevante associar os aspectos físicos do ambiente ao processo de aprendizagem. O espaço de sala de aula deve ser parte integrante do currículo escolar, já que sua finalidade é responder às necessidades dos professores e dos alunos (SANOFF, 2001). O ambiente construído de uma escola influencia o comportamento de seus usuários por desenvolver formas distintas de organização social. Segundo Piaget (1970), os espaços de vivência de uma pessoa, incluindo a escola, representam uma experiência decisiva na aprendizagem e na formação das primeiras estruturas cognitivas. Aprender está relacionado à capacidade de relacionar o que se aprende com o que já se sabe. Nesse processo, é vital a motivação favorável do aluno que está vinculada, entre outros fatores, à organização espacial da escola.

No espaço construído de sala de aula estão configurados os espaços físicos (espaço material, construído), cultural (espaço imaterial composto pelo conjunto de conhecimentos, costumes, crenças e valores de uma comunidade) e simbólico (espaço imaterial constituído de símbolos, signos, ideias, tradições, culturas) (RAPUANO,2012). Portanto, a sala de aula passa a ter um papel significativo no desenvolvimento social, cognitivo e afetivo dos indivíduos que frequentam o ambiente, proporcionando uma interação agradável e promovendo o bem-estar das pessoas. Porém, quando o ambiente apresenta algum desconforto ambiental, passa a ser o motivo das alterações comportamentais e a diminuição do rendimento escolar.

voltar ao
SUMÁRIO

Como afirmar Schiff e Somjen (1985), o aumento da temperatura afeta o funcionamento dos neurônios, consequentemente o desempenho fisiológico e comportamental. Segundo Frota e Schiffer (2001), o aumento da temperatura de 20ºC para a 30ºC de temperatura ambiente, com umidade de 80%, causa redução de 28% no rendimento escolar.

Um dos principais problemas escolares é o desconforto térmico. As construções das edificações irregulares, mal planejadas, o clima tropical com elevadas temperaturas, as "ilhas de calor" geradas em ambientes urbanos e populosos, as ventilações inadequadas, etc. Toda essa somatória de fatores interfere na dinâmica escolar. As aulas são dadas com a sala lotada de alunos, sem distanciamento correto para circulação, com a incidência solar direta na sala, ventiladores quebrados ou mal funcionando, calor gerado pela energia interna dos corpos e consequentemente, aumento da temperatura da sala. Abusa por uma melhor qualidade de aprendizagem perpassa por um melhor conforto térmico, pois juntos representam um papel significativo no desenvolvimento social, cognitivo e afetivo dos indivíduos que frequentam o ambiente

Portanto, este trabalho abordou as variáveis do conforto ambiental em relação a temperatura e a umidade relativa do espaço interno de uma sala de aula. E teve como objetivo geral a construção de uma cortina, de caixas de leite, no lado externo da sala para melhorar o conforto térmico interno. E os objetivos específicos foram verificar a temperatura e a umidade relativa em quatro pontos diferentes da sala de aula, bem como o relato do conforto térmico com os alunos e o comportamento deles, antes e depois da instalação da cortina e por fim, relacionar a atividade com a consciência ambiental, o Ensino da Educação Ambiental no espaço escolar formal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A implementação deste trabalho ocorreu na Escola Municipal Hugo Gerdau, localizada no bairro de San Martin, 5ª Região Político-Administrativa (RPA-5) do Recife e situada na Zona Oeste da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. Constituída por alunos do fundamental I e II e a Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Este estudo foi desenvolvido em uma abordagem qualitativa e quantitativa de pesquisa. Para Gil (1999), a pesquisa qualitativa propicia o aprofundamento da investigação

voltar ao
SUMÁRIO

das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos. Segundo Melhora (2001, p.155), "a pesquisa qualitativa proporciona uma melhor visão e compreensão do contexto do problema, enquanto a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplica alguma forma da análise estatística". A pesquisa qualitativa pode ser usada, também, para explicar os resultados obtidos pela pesquisa quantitativa. O intuito de utilizar as duas abordagens neste projeto foi usar como complemento e não como concorrentes (Oliveira, p.27, 2011), com a finalidade de cruzar o máximo de informações e oferecer um resultado robusto para a pesquisa.

A coleta de dados foi obtida pela observação, bibliografia e experimento. A pesquisa foi dividida em 2 etapas. A primeira foi a qualitativa para observação da situação da sala, dos comportamentos dos alunos e conceitos sobre calor e temperatura. A segunda etapa foi realização da análise quantitativa, que compreendeu na verificação da temperatura e umidade da sala e a construção da cortina térmica sustentável.

Para verificação da temperatura e umidade utilizou-se o termo higrômetro digital (Incitem), que fornece o valor da temperatura em graus Celsius e a umidade relativa em porcentagem. O equipamento foi cedido pelo programa de mestrado do Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco -PROFCIAMB/UFPE para realização das coletas. Este trabalho é parte integrante da dissertação de mestrado, correspondente a etapa 2, da pesquisa de Giselly Alencar, que tem como orientadora no mestrado a professora Dra. Valéria Sandra de Oliveira Costa e orientadora a professora Dra. Patrícia Smith Cavalcante.

Realizou-se inicialmente um teste piloto para comprovar a eficácia da cortina térmica sustentável. Foi utilizado uma folha de papelão pintada de preto e com formato arredondado que ficou exposta ao sol por 5 minutos, depois mediu-se a temperatura. Em seguida, colocou-se uma fileira de caixa de leite, a 10 cm de distância da manda-la, contendo 6 caixas, como anteparo entre o papelão e o sol. Após 5 minutos mediu-se novamente a temperatura e umidade.

Dentro da sala de aula, mediu-se a temperatura e umidade em 4 pontos de coleta, antes e após a instalação da cortina térmica. Foram escolhidos dois locais anteriores (próximo aos

tobogãs e lousa na frente, e birô do professor) e dois posteriores (próximo aos tobogãs do fundo e no fundo da sala). Havia um relato empírico dos alunos de que o fundo da sala seria mais quente do que a parte frontal.

Para a construção da cortina de caixa de leite foram usadas 24 fileiras de caixa de leite, cada fileira contendo 9 caixas abertas. Algumas caixas precisaram ser retiradas no ato da instalação para que a cortina se adaptasse ao formato irregular da parte externa da sala. Foram utilizadas ao total 198 caixas. Utilizou-se cola contato sem tolueno, (marca Amazonas), aplicada no espaço aberto, pátio da escola, unindo as caixas limpas e abertas umas às outras. A colagem foi reforçada com grampos. Ao final, aplicou-se selante na parte não laminada, para impermeabilização da cortina. A coleta, corte, lavagem, colagem e montagem foi realizada na própria escola.

A cortina foi instalada na parte externa da sala superior esquerda, com distância de 30 cm para circulação de vento e luminosidade. Ela é em formato retangular com altura 1,60 a 6,62 de comprimento, fixada por arrebites metálicos a uma estrutura metálica, tipo grade, chumbada na parede e no teto para maior resistência. A instalação da estrutura metálica foi realizada pela equipe da Engenharia da Prefeitura do Recife

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise qualitativa proporcionou a relação conceitual de temperatura e calor com a situação-problema do próprio âmbito escolar, foi a vivência do processo térmico. Essa reconstrução dos prévios conceitos, posturas e falas de cada indivíduo contribui para potencializar o processo de aprendizagem. A situação-problema, problema da sala de aula foi contextualizada com outros assuntos curriculares de ciências, como: o aquecimento global, o efeito estufa, a camada de ozônio, etc., ou seja, outros processos térmicos que influenciam as condições ambientais e de sobrevivência na terra.

A percepção do comportamento foi dada através da observação do grau de agitação dos alunos diante das condições de conforto da sala. Antes da instalação da cortina ficavam muito agitados e de difícil concentração e após a instalação houve melhora no grau de agitação dos alunos, ficaram mais calmos e com maior atenção nas aulas. Perceberam,

voltar ao
SUMÁRIO

também, a importância de reaproveitar materiais que iriam ser descartados no lixo, como a caixa de leite, e deram uma nova (ré) significância para eles, com construção da cortina.

As análises quantitativas se referiram aos dados estatísticos envolvidos com a medição da temperatura e umidade, antes e após instalação da cortina e os cálculos para projetar a cortina. O resultado do teste piloto para comprovação da eficácia da cortina foi realizado 14/06/2017, 14:30 h, no pátio da escola (Figura 01 e 02). Ficou constatado a redução de 1,3° C da temperatura, ou seja, antes estava 30,2°C e com o teste piloto da cortina passou a ser 28,9°C.

A área lateral da sala, onde apresenta os tobogãs, possui 2,60 m de altura e 6,62m de largura. Porém, não era possível nem necessário confeccionar a cortina com o valor total da altura porque atrás da parede externa da sala, há um telhado limítrofe, referente ao telhado da biblioteca. Por este motivo, optou-se pelo tamanho de 1,60 m de altura que, com a largura mencionada, totaliza 10,59 m² de área. Cada caixa de leite apresenta 24 cm de altura e 31 cm de comprimento, com área de 0,074 m². Ao total foram utilizadas 198 caixas. A instalação da cortina ocorreu dia 30/08/2017, 11:30h.

Figura 01: Teste piloto sem cortina

Fonte: Giselly Alencar

figura 02: Teste Piloto com cortina

Fonte: Giselly Alencar

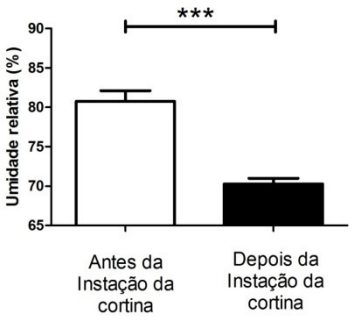
A colocação da cortina de caixas de leite causou redução na umidade relativa, sem alteração significativa da temperatura (Gráfico 1 e 2). Tal resultado foi acompanhado por uma descrição subjetiva dos alunos de que a sala estava agora "mais fria". Embora não se possa descartar o efeito psicológico, a redução da umidade dentro da sala aumenta o gradiente de fugacidade da umidade da pele. A umidade evapora de forma mais eficaz, reduzindo assim a energia interna, permitindo resfriamento corpóreo e evitando a sensação de “estar molhado”

voltar ao
SUMÁRIO

de suor, que significa maior conforto térmico.

Obs. Os dados utilizados nessa comparação referem-se à media e erro padrão da média das 4 medidas internas da sala (duas frontais e duas no fundo da sala). Estes dados não apresentaram distribuição normal no teste de Kolmogorov-Smirnof, e por essa razão utilizou-se o teste de Mann Whitney. Houve redução estatisticamente significante apenas na umidade, mas não na temperatura.

Gráfico 1 - Efeito da Cortina Térmica Sustentável sobre a umidade da sala



***: p<0,0001 (significante), teste Mann-Whitney

Gráfico 2 - Efeito da Cortina Térmica Sustentável sobre a temperatura da sala

p>0,05 (não significante), teste Mann-Whitney

Fonte: Giselly Alencar e Marcelo Cairrão
Fonte: Giselly Alencar e Marcelo Cairrão

Sobre a não alteração da temperatura dentro da sala de aula como um todo, tal resultado foi diferente do que seria esperado com base em projetos semelhantes baseados na colocação de caixas de leite no forro do teto (SCHMUTZLER, 2000). Porém, este projeto apresenta uma singularidade, pois as caixas de leite foram colocadas como anteparo externo à sala (figura 03 e 04), e não no forro.

Figura 3- Área lateral externa da sala sem a cortina

Figura 4- Área lateral externa da sala com a cortina

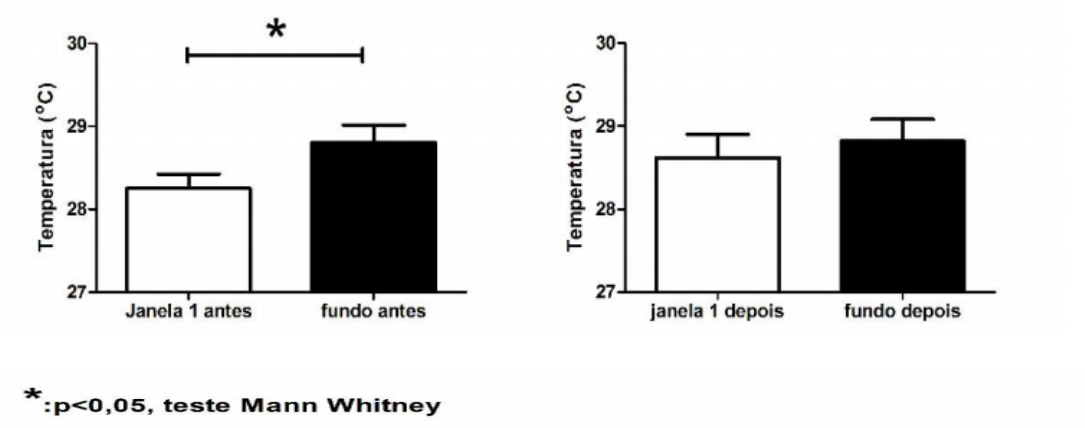
voltar ao
SUMÁRIO

Fonte: Giselly Alencar

Fonte: Giselly Alencar

Entretanto, as caixas de leite tiveram outro efeito relacionado à temperatura: causaram maior homogeneidade dentro da sala. Conforme Aguiar (1999, p.79) " a absorção de calor provoca aumento de temperatura e sua emissão provoca um abaixamento, as temperaturas tendem a se homogeneizar. Quando isso ocorre, cessam as trocas de calor entre os sistemas, e atinge-se o equilíbrio térmico". Tal efeito pode ser comprovado no Gráfico 3. Ao registrar a temperatura em dois locais da sala (janela versus fundo), percebe-se que havia uma diferença estatística (fundo mais quente) antes da colocação da cortina. Tal diferença desapareceu após a instalação, comprovando que a cortina teve sim efeito sobre a temperatura dentro da sala.

Gráfico 3 - Efeito da cortina de caixa de leite sobre a diferença de temperatura medida em 2 pontos diferente da parte interna da sala de aula.



Obs. Os dados utilizados nessa comparação referem-se à media e erro padrão da média de 2 medidas internas da sala (parte frontal x fundos). Estes dados não apresentaram distribuição normal no teste de Kolmogorov-Smirnof, e por essa razão utilizou-se o teste de Mann Whitney. Antes da colocação da cortina, havia diferença estatisticamente significante entre a temperatura da parte frontal da sala (janela de cobogós 1) em relação ao fundo da sala, sendo o fundo mais quente. Tal corroborou com a descrição empírica dos alunos. Após a instalação do anteparo externo esta diferença desapareceu, ficando a sala agora homogênia.

Fonte: Giselly Alencar e Marcelo Cairrão

Fonte: Giselly Alencar e Marcelo Cairrão

Os resultados do presente projeto confirmaram a hipótese inicial de que a instalação do anteparo externo feito com caixas de leite melhoraria o conforto térmico da sala, mesmo que a temperatura média do interior não tenha mudado significativamente (Gráfico 2). Atribuiu-se a este fato a redução da umidade relativa dentro da sala (Gráfico 1). E também, ao

voltar ao
SUMÁRIO

possível espaçamento entre a instalação da cortina e a parede (figura 05). Nesse caso, as correntes de vento atuam como as correntes de convecção, de forma que o ar quente fica menos denso e sobe e, o ar frio, desce, ou seja, proporcionou um fluxo contínuo de ar, que diminui a absorção do calor gerado pela irradiação solar dentro da sala de aula.

Figura 05: Espaçamento entre a cortina e parede lateral da sala Fonte: Giselly Alencar

A elevada temperatura da sala provocava alterações funcionais e comportamentais nos alunos. Eram constantes os relatos de desconforto térmico na sala, cujo conteúdo demonstravam falas descontextualizadas das teorias conceituais, como por exemplo: " aí que calor! ", " vou derreter" ou "estou morrendo de calor". Estes conceitos representam sensações de temperatura e não de calor. Como calor significa troca de energia interna com o meio, na verdade as temperaturas próximas à temperatura do organismo (36°C) representam ambiente com menos calor. Há maior calor (trocas) em ambientes com temperatura menor, exemplo 23°C. Para Silva et al. (2008, p.390) "calor é uma forma de transferir energia e não a energia. É errôneo mensurar que o corpo transfere calor. O corpo não possui calor, possui energia interna. Está pode ser em forma de energia cinética (térmica) ou energia potencial (química) ".

É comum associar o termo "quente" com "muito calor" e o "frio" a uma "ausência de calor", mas na verdade quente e frio são apenas sensações que dependem de uma comparação entre as temperaturas de dois sistemas. O calor não é o mesmo que temperatura, pois, para que

voltar ao
SUMÁRIO

calor tenha significado físico, é necessário que exista algum desnível de temperatura (EXT.; STEFAN; GUIMARÃES, 1987). Assim, "quente" e "frio" não se relacionam com calor e sim com temperatura.

Outro fator importante, foi a consciência ambiental que foi promovida com o reaproveitamento das caixas de leite. A maior parte da arrecadação das caixas foram da própria merenda escolar. Quando chegava leite no cardápio da merenda, a merendeira já separava e não jogava no lixo comum. Houve mudança até na rotina da merendeira. Materiais que iriam ser descartados no lixo, como a caixa de leite, foram transformados em novas utilizações, uma nova (re)significância de valores com a construção da cortina.

De acordo com Dias (2004) devem ser compreendidos primeiramente em seu contexto local, e em seguida ser entendido em seu contexto global. É importante que ocorra um processo participativo e permanente, de modo a desenvolver e incluir uma consciência crítica sobre a problemática ambiental.

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que houve a diminuição da temperatura de 30°C para 28,6°C e a redução da umidade 85% para 66 %, dentro da sala de aula, a umidade apresentou diferença estatisticamente significante. A melhora do conforto térmico foi atribuída a redução da umidade relativa, facilitando o processo de evaporação e perda de energia interna dos corpos. Percebeu-se que calor é transferência de energia e temperatura é a medição da energia interna.

A implantação da cortina, a parte laminada da caixa de leite, refletiu a irradiação solar para o lado externo da sala, impedindo o contato direto do sol com a parede da sala. A proposta investigativa desta pesquisa consistiu em trabalhar os conceitos de temperatura e calor por meio de atividades investigativas do conforto da sala, para levar os alunos a refletirem sobre o tema proposto e fundamentados nas discussões, exposições e leituras, cheguem a um conceito que tenha real significado, produzindo assim a chamada aprendizagem significativa.

O projeto proporcionou uma sustentabilidade ambiental com o reaproveitamento da caixa de leite e a resolução de um problema coletivo escolar. A replicação poderá ser feita em qualquer ambiente, principalmente, nos espaços mais desfavorecidos, por se tratar de um

projeto economicamente viável e de baixo custo. Com pretensões de expandir para as demais salas da escola e comunidade vizinha. Foi uma ação pedagógica inovadora e ambientalmente sustentável.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Mestrado do Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) por fazer parte deste curso e aprofundamento do assunto, as Profª Drª. Valéria Sandra de Oliveira Costa e a Profª. Drª Patrícia Smith Cavalcante pelo apoio e orientações no trabalho, ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pelo empréstimo do Termohigrômetro para as medições e a Prefeitura do Recife (PCR) pelo apoio e financiamento da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR JR., Orlando. Calor e temperatura no ensino fundamental: relações entre o Ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista. **Investigações em Ensino de Ciências** –V4(1), pp. 73 -90, mar.1999

AXT, R.; STEFFANI, M. H.; GUIMARÃES, V. H. **Um programa de atividades sobre tópicos de física para a 8ª série do 1º grau**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 1987.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental:** princípios e práticas. 9.ed. São Paulo: Gaia, 2004

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico:** arquitetura, urbanismo — 5. ed. - São Paulo : Studio Nobel, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. Ed. São Paulo: atlas, p.44, 2008.

LULA, C. C. M.; SILVA L. B. **O Conforto Ambiental e a Motivação:** Implicações no desempenho de alunos em ambientes climatizados. ABERGO 2002, Recife, ANAIS.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing:** uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, p.155, 2001.

PIAGET, J. **A epistemologia genética.** São Paulo: Wmf Martins Fontes, 2002. 122 p. Originalmente publicado em 1970

voltar ao
SUMÁRIO

OLIVEIRA NETO, N. **Comemorável de. Desconstrução / reconstrução dos conceitos de calor e temperatura:** um olhar sobre o ensino de física na educação de jovens e adultos. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.

RAPUANO G. C. R. Diretrizes para o projeto de salas de aula em universidades visando o bem-estar do usuário [dissertação]/ Mestrado. Florianópolis, SC, 2012. p.237.

SANOFF, Henry. School building assessment methods. 2001. Disponível em: <http://www.edfacilities.org/pubs/sanoffassess.pdf>.
Acesso em: 13 setembro 2017.

SILVA, O. H. M. ET AL. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, V. 25, N. 3, P.383-396, 2008.

SCHIFF, Steven J.; SOMJEN, George G. **The effects of temperature on Synaptic transmission in hippocampal tissue slices. Brain Research**, V. 345, N. 2, P. 279-284, 1985.

SCHMUTZLER, Luis Otto Faber. Projeto forro vida longa**. Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social**, 2000. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~vidalong/projleite.html>
Acesso em: 29 maio 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 51
DESCARTE INADEQUADO, CONSEQUÊNCIAS E TRATAMENTOS DE FÁRMACOS NAS MATRIZES AQUÁTICAS: UMA REVISÃO

INADEQUATE DISPOSAL, CONSEQUENCES AND DRUG TREATMENTS IN AQUATIC MATRIX: A REVIEW

José Adson Andrade de Carvalho Filho, Tatiane Barboza Veras de Albuquerque, Natália Batista do Nascimento Silva, Jonathas Barbosa de Araújo Freitas, Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

RESUMO

A indústria farmacêutica foi uma das que mais cresceu com a evolução dos processos industriais. Dentre as cadeias de consumo, a dos fármacos são umas das que mais vêm comprometendo os mananciais com uma crescente geração de resíduos e descartes indevidos. A presente pesquisa tem como objetivo principal apresentar o descarte inadequado de farmácos, suas consequencias nas matrizes aquáticas e técnicas de tratamento dos contaminantes nos recursos hídricos. A grande preocupação em relação à sua presença, na água, são os potenciais efeitos adversos para a saúde humana, animal e de organismos aquáticos. Estudos demonstram que vários fármacos são persistentes no meio ambiente e não são completamente removidas nas estações de tratamentos de águas residuais, resistindo aos diversos processos de tratamento convencional de água. Os antibióticos e os estrogênios são grupos de fármacos que merecem uma atenção especial. Os antibióticos, devido ao desenvolvimento de bactérias resistentes, e os estrogênios, por afetar adversamente o sistema reprodutivo de organismos aquáticos. É de suma importância uma orientação, através de medidas socioeducativa ambientais, a população sobre as consequências do descarte indevido de medicamentos. Além de uma criação de gerenciamento mais eficaz de resíduos de fármacos, contribuindo para uma atenuação dessa problemática.

Palavras-Chaves: Contaminantes emergentes, Qualidade de água, Recursos hídricos.

ABSTRACT

The pharmaceutical industry was one of the fastest growing with industrial evolution. Among the chains of consumption, drugs are among the ones that have been implicating the springs with an increasing generation of waste and undue discards. The present research has as main objective to present the inappropriate disposal of pharmacists, their consequences in the aquatic matrices and techniques of treatment of the contaminants in the water resources. The major concern with regard to their presence in water are the potential adverse effects on human, animal and aquatic organisms. Studies have shown that various drugs are persistent in the environment and are not completely removed at wastewater treatment plants, resisting the various processes of conventional water treatment. Antibiotics and estrogens are drug groups that deserve special attention. Antibiotics, due to the development of resistant bacteria, and estrogens, by adversely affecting the reproductive system of aquatic organisms. It is extremely important to provide guidance, through environmental socio-educational measures, to the population on the consequences of improper disposal of medicines. In addition to creating a more effective management of drug residues, contributing to a mitigation of this problem.

Keywords: Emerging pollutants, Water quality, Water resources

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento da sociedade atual ao longo de sua história, especialmente a partir da expansão industrial, tem sido impactante ao meio ambiente e vem provocando sérios danos, dentre eles quadrosestrog de contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos. A ocupação urbana, sobretudo no Brasil, ocorreu de forma totalmente desorganizada e sem um planejamento adequado, provocando um grande déficit no uso e ocupação do solo.

A questão do uso e ocupação do solo é um problema que pode estar relacionado não só com a quantidade, mas também com a qualidade de água, pois a falta de planejamento pode gerar alguns aspectos negativos na gestão dos recursos hídricos locais. A qualidade dos corpos d'água depende intensamente do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005).

Atividades humanas e industriais são as principais responsáveis pela contaminação dos recusrsos hídricos, pois grande parte do que é consumido tem como destino final as matrizes aquáticas, sejam elas superficiais ou subterrâneas. Uma das preocupações mais recentes da sociedade moderna tem sido a contaminação dos mananciais por medicamentos. Estes compostos farmacêuticos incluem antipiréticos, analgésicos, reguladores lipídicos, antibióticos, antidepressivos, agentes quimioterápicos, drogas contraceptivas e outros mais (GEBHARDT e SCHRODER, 2017; MELO et al., 2009; TERNES, 1998).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a definição de medicamento é "produto farmacêutico, tecnicamente obtido ou elaborado, com finalidade profilática, curativa, paliativa ou para fins de diagnóstico", portanto, trata-se de um produto sólido ou líquido composto por um princípio ativo, passível de descarte, tornando-se, assim, um resíduo (BALBINO e BALBINO, 2017).

A sociedade moderna vem se destacando pelo grande consumo de medicamentos, onde esse elevado consumismo tem refletido na ascensão do desperdício. O desperdício de medicamentos tem várias causas, dentre as quais se destacam: a dispensação de medicamentos além da quantidade exata para o tratamento do paciente, a interrupção ou mudança de tratamento, a distribuição aleatória de amostras grátis; e o gerenciamento inadequado de estoques de medicamentos por parte das empresas e dos estabelecimentos de saúde (ANVISA,

voltar ao
SUMÁRIO

2012).

Nesse contexto, discussões, pesquisas e convenções têm sido realizadas a nível nacional e internacional sobre a presença inadequeda de fármacos nas águas. Essa contaminação resulta do descarte indevido, da excreção de metabólitos, que não são eliminados no processo de tratamento de esgotos, e também do uso veterinário (ZUCCATO et al., 2005; ZUCCATO et al., 2006). E assim, estes compostos são excretados ou apenas ligeiramente transformados, sendo descarregados quase que inalterados pelas estações de tratamento de esgotos urbanos nas águas receptoras onde também não são biodegradados no ambiente (HEBERER, 2002).

A contaminação dos mananciais por fármacos tem ocorrido em muitos mananciais tornando-se um grande desafio para os sistemas produtores e distribuidores de água, assim como para a saúde pública. A partir disso, uma grande preocupação em relação ao descarte inadequado, as consequências e aos tratamentos adequados de resíduos de fármacos nos recursos hídricos tem despertado grande interesse da comunidade científica e da sociedade como um todo. Uma vez que vários desses compostos, além de serem persistentes no meio ambiente, não são completamente removidos nas estações de tratamentos de águas residuais apresentando certa resistência a remoção através de tratamentos convencionais. E sua presença na água pode vir acarretar impactos negativos tanto para saúde humana quanto apara organismos aquáticos. A presente pesquisa tem como objetivo demonstrar os descartes inadequados dos fármacos bem como as suas consequências nas matrizes aquáticas, além de apresentar técnicas de tratamento desse contaminante nos recursos hídricos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Gestão de resíduos farmacêuticos (descarte, responsabilidade, leis)

Desde 2004 o Brasil dispõe de Resoluções que regulamentam o destino dos resíduos sólidos, como a RDC 306/2004 e a 358/2005, respectivamente, da Agência Nacional de Vigilancia Sanitária - ANVISA e Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que classificam os resíduos de serviços da saúde por grupos. Salienta-se que os medicamentos são classificados como resíduos do grupo B, englobando as substâncias químicas que poderão

voltar ao
SUMÁRIO

apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade) conforme a NBR 10.004 (ALVARENGA; NICOLETTI, 2010). O objetivo dessa classificação é gerenciar os Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde dentro e fora das unidades geradoras, por ocasião do descarte e quando devem ser tratados e/ou destinados a aterros licenciados. Todavia, os processos de tratamento e de disposição final dos resíduos não são claramente definidos e verifica-se ainda uma ausência de orientação técnico-científica consolidada na legislação brasileira (FALQUETO; KLIGERMAN; ASSUMPÇÃO, 2006).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, através da Resolução CONAMA n.º 358, de 29 de abril de 2005 – que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde – em atendimento aos princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador, da correção na fonte e de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins do licenciamento e da fiscalização, impôs aos geradores de resíduos sólidos de saúde a responsabilidade pela segregação, acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final, ou seja, o gerenciamento desses resíduos.

Em dois de agosto de 2010, o Congresso Nacional promulgou a Lei n.º 12.305, instituindo, assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Nela, foram estabelecidas as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado desses resíduos (BALBINO; BALBINO, 2017).

Para o estabelecimento desse gerenciamento de resíduos de saúde, fez-se necessária a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) que, conforme determina o inciso XI do artigo 2.º da Resolução CONAMA n.º 358, de 29 de abril de 2005, trata-se de um documento que descreve as ações a serem elaboradas no manejo.

Embora farmácias e distribuidores de medicamentos sejam obrigados a elaborar o PGRSS em seus estabelecimentos, estes não possuem obrigação legal de recolher os fármacos que sobram dos produtos que vendem, nascendo, portanto, um grande problema, o descarte incorreto de medicamentos pela população.

Em relação ao gerenciamento dos resíduos, três princípios devem ser considerados: reduzir, segregar e reciclar. A primeira providência para um melhor gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde é a redução no momento da geração. Evitar o desperdício é uma

voltar ao
SUMÁRIO

medida que tem um benefício duplo: economia de recursos não somente em relação ao uso de materiais, mas também em seu tratamento diferenciado. A segregação correta dos resíduos garante o encaminhamento para coleta, tratamento e disposição final especial dos resíduos que realmente necessitam desses procedimentos, reduzindo as despesas com o tratamento ao mínimo necessário (GARCIA; ZANETTI-RAMOS, 2009). De acordo com o artigo 21 da resolução CONAMA n.º 358/05 os fármacos quando não tratados, devem ter sua disposição final realizada em aterros de resíduos perigosos – Classe 1.

Embora a incineração e os demais processos de destruição térmica não sejam considerados ideais, eles constituem hoje um conjunto de processos que têm importância relevante em decorrência de suas características de redução de peso, volume e da periculosidade dos resíduos, e consequentemente a agressão ao meio ambiente, prevalecendo em diversos países por ser considerado um método viável em termos técnicos e econômicos para o tratamento de resíduos sólidos – inclusiveos farmacêuticos e hospitalares. Esta importância tende a crescer no Brasil, como vem ocorrendo nos países desenvolvidos, devido às dificuldades de construção de novos aterros e necessidade de monitoramento ambiental do local do aterro por longos períodos, inclusive após a desativação. É fundamental, entretanto, que a incineração esteja interconectada a um sistema avançado de depuração de gases e tratamento/recirculação de líquidos de processo, considerando que os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites das emissões legalmente permitidas e necessitam de tratamento físico-químico para a remoção e neutralização de poluentes decorrentes do processo térmico empregado (ALVARENGA; NICOLLETTI, 2011).

Desta forma, enquanto não for possível a criação de um gerenciamento eficaz de descarte de resíduos medicamentosos gerados, faz-se necessário orientar a população sobre as consequências do descarte indevido de medicamentos, através de programas socioeducativos ou campanhas de arrecadação de medicamentos em desuso, que poderiam ser reaproveitados dependendo das suas condições de apresentação ou encaminhados aos órgãos de saúde competentes (postos de saúde, hospitais, drogarias) para descarte adequado. E assim, contribuir para diminuição dos problemas socioambientais relacionados ao descarte inadequado de medicamentos (CHAVES, 2014).

voltar ao
SUMÁRIO

2.2 Descarte inadequado dos resíduos farmacêuticos e suas conseqüências nas Matrizes Aquáticas

Para que os medicamentos tenham sua plena ação, devem estar em condições adequadas de uso e dentro do prazo de validade. Estes aspectos são importantes para a eficácia do tratamento e segurança do usuário. Depois de ingerido, esses compostos são parcialmente metabolizados e excretados na urina e fezes, e subsequentemente entram nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), onde são tratados, juntamente com outros constituintes orgânicos e inorgânicos do efluente (GEBHARDT; SCHRÖDER, 2007; TERNES, 1998). Caso haja expiração do prazo de validade, os fármacos vencidos devem ser inutilizados e descartados para evitar problemas relacionados com medicamentos, como intoxicações, uso sem necessidade ou sem indicação, falta de efetividade, reações adversas, poluição do meio ambiente, entre outros (RODRIGUES, 2009).

De acordo com Kummerer et al. (2010), as principais vias de exposição ao ambiente para os diferentes tipos de fármacos podem ser mostradas na Figura 1.

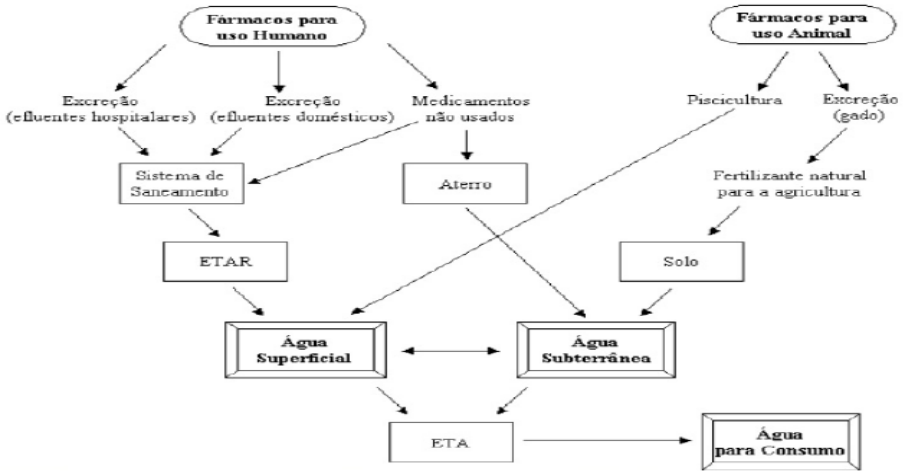


Figura 1 - Rotas de contaminação e exposição humana aos fármacos e desreguladores endócrinos.
Fonte: Kummerer et al. (2010).

É preciso ressaltar que, no Brasil, o descarte de medicamentos em desuso, vencidos ou sobras, é feito por grande parte da população em lixo comum ou em rede pública de esgoto. Atitudes essas que geram agressão ao meio ambiente, além do risco à saúde de pessoas que possam reutilizá-los por acidente ou mesmo, intencionalmente, devido a fatores sociais ou circunstanciais dievrsos (ANVISA, 2012).

voltar ao
SUMÁRIO

A grande preocupação em relação à sua presença na água, são os potenciais efeitos adversos para a saúde humana, animal e de organismos aquáticos. Alguns grupos de fármacos merecem uma atenção especial, entre eles, estão os antibióticos e os estrogênios.

Os antibióticos, pelo fato dos mesmos serem responsáveis pelo desenvolvimento de bactérias resistentes, e os estrogênios, pela sua potencialidade em afetar adversamente o sistema reprodutivo de organismos aquáticos, como por exemplo, a feminização de peixes machos presentes em rios contaminados com descarte de efluentes de estações de tratamento de esgoto, como é o caso do estudo feito por Rodgrer-Gray et al. (2001), que estudou peixes jovens da espécie *Rutilus rutilus* onde foram expostos a concentrações gradativas de efluente de ETE por 150 dias. Os resultados mostraram que a exposição induziu a feminização de peixes machos. Em seguida, foram gradativamente expostos a águas naturais por mais 150 dias, resultando na redução de (Vitogelenina) VTG no plasma, porém, não se observou alteração no sistema sexual feminizado dos peixes, indicando que o desenvolvimento da anomalia no sistema reprodutivo foi permanente.

Outros produtos que requerem atenção especial são os antineoplásicos e imunossupressores utilizados em quimioterapia, os quais são conhecidos como potentes agentes mutagênicos (JOÃO, 2011). Com isso, dependendo da dose e/ou tempo de exposição a essas substâncias químicas, é provável que as mesmas estejam relacionadas com doenças como câncer de mama, testicular e de próstata, ovários policísticos e redução da fertilidade masculina (FOLMAR et al. 2000; CASTRO, 2002)

Outro caso de mutação é o das tartarugas, que foi comprovado por Irwin et al. (2001), onde mostraram que as tartarugas fêmeas expostas a estrogênios são afetadas com altos níveis de VTG no plasma. Esses altos níveis de VTG podem alterar o sistema reprodutivo desses animais como, por exemplo, por alterações na produção de ovos.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) (2011), devido ao fato da concentração dos fármacos em água serem geralmente menores do que em doses terapêuticas, aponta que provavelmente indivíduos exposto a esta água contaminada não sofra de efeitos adversos e assim não trazem referências de valores formais para qualidade da água em relação a esses contaminantes. Custos elevados e uma disponibilidade limitada de tecnologia para a detecção da grande variedade de fármacos são umas das principais dificuldades na implantação de programas de monitoramento. Além do mais, a OMS também cita que tanto o monitoramento

voltar ao
SUMÁRIO

quanto um tratamento específico em águas contaminadas para os fármacos só devem ser realizados em áreas que ocorra uma contaminação potencial no local.

2.3 Técnicas de tratamento de fármacos nas Matrizes Aquáticas

Estudos demonstram que vários fármacos são persistentes no meio ambiente e não são completamente removidas nas estações de tratamentos de águas residuais. Queiroz et al (2012), Servos et al (2005), Spengler, Korner e Metzger (2001) estudaram a remoção dos compostos bisfenol A, nonifenol, diclofenaco, sulfanetoxazol, trimentropina e bezafibrato em diferentes técnicas, o primeiro em reatores UASB, o segundo em lagoas de estabilização aeróbias e o terceiro em filtros biológicos percolados. Vericchi et al (2010) estudaram a remoção de diclofenaco, sulfanetoxazol, trimentropina e bezafibrato em *Wetlands*. Ambos os estudos citados acima, obtiveram apenas remoção parcial dos compostos analisados. Ou seja, muitos fármacos resistem aos diversos processos de tratamento convencional de água.

2.3.1 Filtros Biológicos Percolados (FBP)

Os FBP, é um sistema que leva vantagens quando comparados com outros sistemas aeróbios. Assim como qualquer outro sistema que utiliza biofilme, no FBP os micro-organismos se desenvolvem em meio a uma matriz biológica aderida a uma superfície. Como produto é possível alcançar baixas concentrações de sólidos suspensos no efluente final, mesmo que o sistema não possua uma segunda unidade de decantação. (SILVA e GONÇALVES, 2004).

Kasprzyk-Hordern et al. (2009) realizaram um programa de monitoramento no sul do País de Gales, no Reino Unido, durante cinco meses onde analisou cerca de 55 tipos de produtos farmacêuticos, dentre eles produtos para cuidados pessoais, endócrinos e até drogas ilícitas. Os fármacos estudados estavam presentes em cargas elevadas no esgoto bruto, ainda assim as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que utilizavam o tratamento proporcionaram uma eficiência de 70% de remoção dos mesmos.

Jiang et al. (2005) demostraram que fármacos endócrinos, tanto os sintéticos quanto os naturais, foram encontrados em águas oriundas de estações de tratamentos de águas residuais. Tais processos biológicos diminuíram as concentrações dos endócrinos, porém, uma vez que

tais substâncias possuem um impacto adverso ao meio ambiente em concentrações baixas se faz necessário um tratamento posterior após processos biológicos convencionais.

2.3.2 Lagoas de Estabilização

Lagoa de estabilização é uma técnica utilizada para tratamentos de esgoto, é adequada principalmente para países em desenvolvimento, por se tratar de uma técnica que necessita de uma área considerável para ser implantada, praticamente não possuem necessidade de energia elétrica e não necessitam de equipamentos sofisticados e eletromecânicos (CHEHLING, 2017).

Froehner et al. (2011) investigaram a capacidade de tratamento de águas residuais (ETAR) na remoção de alguns fármacos. Foram utilizadas quatro lagoas de estabilização em série, uma anaeróbia, uma facultativa etrês polimento, onde foi tratado o esgoto doméstico da Cidade de Curitiba, Brasil. Com um equivalente populacional de 580.000 habitantes. Obteve-se resultados satisfatórios para o bisfonol-A e estrona com uma remoção de 100%, para o 17α-etinilestradiol obteve-se uma taxa de remoção de cerca de 99%, já para o 17β-estradiol obteve-se apenas 57% de remoção do fármaco.

Karthikeyan e Meyer (2006) estudaram a ocorrência de antibióticos em águas resíduas em Winscosin, USA. Onde utilizaram de lagoa aerada facultativa para tratamento de resíduos hospitalares. Para o sulfametoxazol foi obtido umaremoção de cerca de 28% e já para a trimetoprima obteve-se valores de 66%.

2.3.3 Wetlands

Wetlands construídos é uma tecnologia que utiliza métodos naturais envolvendo vegetação, material filtrante e micro-organismos em processos físicos, químicos e biológicos para promover a depuração de águas residuárias. (VYMAZAL; KROPFELOVÁ, 2008; TREIN et al.,2015).

Estudos realizados mostram uma baixa eficiênciana remoção do diclofenacopela técnicade *wetlands* sendo utilizadas como pós-tratamento de efluentes secundários, onde a taxa de remoção varia de 5% a 21% (MATAMOROS; BAYONA, 2006; MATAMOROS et al., 2009; GALLETTI et al., 2010). Entretanto, Matamoros et al. (2008) reportaram eficiências de remoção maiores em *wetland* construída plantada tratando efluente de lodos

voltar ao
SUMÁRIO

ativados apresentando uma eficiência de remoção de até 96%.

2.3.4 Reatores UASB (Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo)

Reator UASB atualmente é a tecnologia mais eficiente no processo de degradação biológica. A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, justificando a denominação de manta de lodo, por isso, o tempo de retenção hidráulica é pequeno, sendo o sistema mais adequado na degradação biológica de resíduos líquidos, como resíduos agroindustriais e tratamento de esgoto. Devido a esta elevada concentração, o volume requerido para reatores anaeróbios de manta de lodo é bastante reduzido em comparação com outros sistemas de tratamento. Nesse reator, o gás metano gerado é recolhido na parte superior, podendo ser utilizado no reaproveitamento energético com a sua queima (CHERNICHARO, 1997).

Guerra (2017) avaliou a influência do ferro e do sulfato na degradação de paracetamol em reatores biológicos anaeróbios. Foram montados reatores anaeróbios em batelada onde os mesmos possuiam diferentes concentrações de ferro e sulfato. Dos 5 reatores estudados, o reator que possuia concentrações máximas de fero e sulfato obteve o melhor resultado na remoção do paracetamol, chegando a 98% de degradação do fármaco.

Graaff et al. (2011) utilizaram um reator UASB em escala pioto (50 L) no tratamento de águas negras em uma comunidade em Friesland na Holanda, obtendo 22% de eficiência na remoção de diclofenaco e 100% na remoção de trimetoprima. Já Reyes et al. (2010) não obteve remoção significativa para o diclofenaco utilizando um reator UASB no tratamento de esgoto sanitário.

2.3.5 Filtração em Margem (FM)

A FM consiste na locação de poços de bombeamento junto a um manancial superficial, seja ele rio, lago ou reservatório, fazendo com que ocorra um diferencial de carga hidráulica entre o manancial e o lençol freático, ocorrendo uma indução da água, tanto do manancial superficial quanto do lençol freático, através do meio poroso até o poço de produção. Nessa passagem da água pelo meio poroso, ocorrem diversos processos, físico, químicos e biológico, responsáveis pela atenuação de contaminantes. Neste contexto, a água produzida pela FM é uma mistura da água infiltrada do manancial superficial e da água

subterrânea presente no aquífero. (TUFENKJI et al., 2002; GRISCHEK et al., 2010).

Veras et al. (2017) estudaram a remoção de diclofenaco através da técnica de FM no Rio Beberibe, localizado em Recife, Pernambuco. Foram examinadas amostras de dois poços de bombeamento mais dois pontos do manancial. Os resultados mostraram a presença de diclofenaco nas amostras dos dois poços, porém sua concentração foi significativamente menor do que a concentrações analisadas nos pontos do no manancial. As concentrações do diclofenaco analisado nos pontos do rio variaram entre 0.029 a 0.055 $mg \cdot L^{-1}$, já nas amostras dos poços variaram entre 0.001 e 0.009 $mg \cdot L^{-1}$.

D'Alessio et al. (2014) investigaram o efeito da temperatura, do oxigênio e da matéria orgânica na remoção de seis PhACs (cafeína, carbamazepina, 17- β estradiol [E2], estrona [E1], gemfibrozil, e fenazona) durante a filtração em margem. O resultado mostrou que a filtração em margem pode ser utilizada no tratamento de PhACs, mas todos mostram remoção mais lenta durante o período do inverno. A Fenazona foi atenuada pelo nível de oxigênio, a cafeína e E2 foram atenuados na presença de matérias orgânicas, Carbamazepina e o gemfibrozil mostraram uma remoção limitada, independentemente dos diferentes níveis dos parâmetros investigados, já o E1 foi atenuado pelas diferentes condições ambientais testadas.

Regnery et al. (2015) reportaram um estudo em um projeto piloto de FM instalado no rio South Platte perto de Brighton, no Colorado, observando diferenças significativas na remoção entre conjuntos de dados anuais para cafeína, trimetoprim, sulfametoxazol e carbamazepina.

3. CONCLUSÃO

Umas das cadeias de consumo que mais vem comprometendo os mananciais com uma crescente geração de resíduos e descartes indevidos são os fármacos. Gradativamente as matrizes aquáticas estão sofrendo uma contaminação hídrica, onde o consumo irresponsável e o descarte inadequado de compostos químicos nos mananciais torna-se cada vez mais um fator relevante na diminuição quantitativa e qualitativa da água.

A indústria farmacêutica foi uma das que mais cresceu com a evolução dos processos industriais, fazendo com que seus produtos se tornassem gêneros de primeira necessidade. Uma das principais preocupações em relação aos resíduos farmacêuticos se deve ao fato de que os mesmos podem ser persistentes no meio ambiente e não serem completamente

voltar ao
SUMÁRIO

removidos nas estações de tratamentos de águas residuais. Sendo sua presença nos mananciais um potencial gerador de impactos negativos, tanto para a saúde humana, quanto para os ecossistemas aquáticos. Somado a isso o descarte de medicamentos em desuso, vencidos ou sobras é realizado por grande parte da população, através do lixo doméstico ou em rede pública de esgoto.

A ocorrência de fármacos no ambiente aquático tem levantado a questão sobre o abastecimento de água, a saúde pública e os impactos no meio, tornando-se imprescindível encontrar formas de detectar a presença dessas substâncias nos mananciais e consequentemente associar essa problemática a um gerenciamento mais eficaz de resíduos de fármacos. Neste sentido, faz-se necessário uma orientação, através de medidas socioeducativas ambientais, a população, sobre as consequências do descarte indevido de medicamentos.

4. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. S. V.; NICOLETTI, M. A.. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. **Revista Saúde UNG**, v. 4, n. 3, 2010.

ALVARENGA, L. S. V.; NICOLETTI, M. A.. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. **Revista Saúde-UNG**, v. 4, n. 3, p. 34-39, 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Descarte de medicamentos: responsabilidade compartilhada.** Disponível em: < http://189.28.128.179:8080/descartemedicamentos/apresentacao-1> Acesso em: 25 de SETEMBRO 2017.

BALBINO, M. L. C.; BALBINO, E. C. O descarte de medicamentos no Brasil: Um olhar socioeconômico e ambiental do lixo farmacêutico. **Revista Brasileira de Estudos Jurídicos – Faculdades Santo Agostinho**, v. 7, n. 1, p. 87-100, 2017.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M.. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

BRANDT, E. M. F. **Avaliação da remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em sistemas simplificados de tratamento de esgoto (reatores UASB seguidos de pós-tratamento)**. Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG). [Links], 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

voltar ao
SUMÁRIO

Resolução n.º 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, DF, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 4 de maio 2005.

CASTRO, C. M. B. de. Perturbadores endócrinos ambientais: uma questão a ser discutida. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, v.7, n 1/2 (jan./jun), p. 4-5, 2002.

CHAVES, A. M. M. **Descarte de medicamentos e seus impactos socioambientais**. 2014. Monografia (Bacharel em Farmácia), 2011. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2014.

GEHLING, Gino. **Tratamentos de água e esgoto**. Rio Grande do Sul, 2017.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Reatores anaeróbios. Vol. 5. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

D'ALESSIO, M.; YONEYAMA, B.; RAY, C. Fate of selected pharmaceutically active compounds during simulate driver bankfiltration. Elsevier, [S.l.], 28 out. 2014. **Science ofthe Total Environment**, p. 615-622. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/scitotenv>. Acesso em: 22 Nov. 2017.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D. C.; ASSUMPÇÃO, R. F.. Como realizar o correto descarte de resíduos de medicamentos? **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p.3283-3293, 2006.

FOLMAR, L. C. et al. Comparative estrogenicity of estradiol, ethynyl estradiol and diethylstilbestrol in an in vivo, male sheep sheadmin now (Cyprinodonvariegatus), vitellogeninbioassay. **Aquatic Toxicology**, v. 49, n. 1, p. 77-88, 2000.

FROEHNER, S.; PICCIONI, W.; MACHADO, K. S.; AISSE, M. M. Removal Capacity of Caffeine, Hormones, and Bisphenol by Aerobic and Anaerobic Sewage Treatment. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 216, p. 463-471, 2011.

GALLETTI, A.; AL AUKIDI, M.; VERLICCHI, P.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Pharmaceuticals removal in a H-SSF treating a secondary domestic waste water – an experimental investigation. **Anais…** In: International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 12. Proceedings of the International Conference on wetland systems for water pollution control. Venice: IWA, 2010.

GARCIA L. P., ZANETTI-RAMOS B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cad Saúde Pública**, v.20, n.3, p.744-52, 2009.

GEBHARDT W.; SCHRÖDER H.Fr. Liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry for the follow-up of the elimination of persistent pharmaceuticals during wastewater treatment applying biological wastewater treatment and advanced oxidation. **J. Chromatogr. A**,

voltar ao
SUMÁRIO

v.1160, p.34-43, 2007.

GUERRA, E. D. **Avaliação da influência do ferro e do sulfato na degradação de paracetamol em reatores biológicos anaeróbios**. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental). Caruaru-PE, Centro Universitário Tabosa de Almeida ASCES/UNITA 2017.

GRAAFF, M. S.; VIENO, N. M.; KUJAWA-ROELEVELD, K.; ZEEMAN, G.; TEMMINK, H.; BUISMAN, C. J. N.; Fate of hormones and pharmaceuticals during combined anaerobic treatment and nitrogen removal by partial nitritation na ammox in vacum collected black water. **WaterResearch**, v. 45, p. 375-383, 2011.

HEBERER, T. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. **Journal of Hydrology**, v.266, p.175-189, 2002.

HIRATUKA, Célio et al. **Logística reversa para o setor de medicamentos**. Brasília: ABDI, 2013.

IRWIN, L. K.; GRAY, S.; OBERDÖRSTER, E.. Vitellogenininduction in paintedturtle, Chrysemyspicta, as a biomarker of exposure o envir on mental levels of estradiol. **AquaticToxicology**, v. 55, n. 1, p. 49-60, 2001.

JIANG, J. Q. et al. Occurrence and treat ment trial sof endocrined isrupting chemicals (EDCs) in wastewaters. **Chemosphere**, v. 61, n. 4, p. 544-550, 2005.

JOÃO, W. da S. J.. Descarte de medicamentos. **Pharmacia Brasileira**, v. 82, n. 82, p. 14-16, 2011.

KARTHIKEYAN, K. G.; MEYER, M. T. Occurrence of antibiotics in waste wáter treat ment facilities in Wisconsin, USA. **Science of the Total Environment**, v. 361, p. 196-207, 2006.

KASPRZYK-HORDERN, B.; DINSDALE, R. M.; GUWY, A. J. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during waste wáter treatment and its impact on the quality of receiving waters. **Water Research**, v. 43, n. 2, p. 363-380, 2009.

KÜMMERER, Klaus. Pharmaceuticals in the environment. **Annual review of environment and resources**, v. 35, p. 57-75, 2010.

Lei Nº 12305/2010 - **"Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências."** - Data da legislação: 02/08/2010 - Publicação DOU, de 03/08/2010 Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> Acesso: 30 de novembro de 2017.

MAENG, S. K., AMEDA, E., SHARMA, S. K., GRÜTZMACHER, G. & AMY, G. Organic micropollutant removal from waste water effluent-impacted drinking water sources during

voltar ao
SUMÁRIO

bankfiltration and artificial recharge. **WaterResearch**, v.44, n.14, p.4003-4014, 2010.

MATAMOROS, V.; ARIAS, C.; BRIX, H.; BAYONA, J. M. Preliminary screening of small-scale domestic waste water treatment systems for removal of pharmaceutical and personal care products. **Water Research**, v. 43, p. 55-62, 2009.

MATAMOROS, V.; BAYONA, J. M.; Elimination of pharmaceuticals and personal care products in subsurface flow constructed wetlands. **Environmental Science & Technology**, v. 40, p. 5811-5816, 2006.

MATAMOROS, V.; GARCÍA, J.; BAYONA, J. M. Organic micropollutant removal in a full scale Surface flow constructed wetland fed with secondary effluent. **Water Research**, v. 42, p. 653-660, 2008.

MELO S. A. S., TROVO A. G., BAUTITZ I. R., NOGUEIRA R. F. P. **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados**. Quím Nova, v.32, n.1, p.188-197, 2009

OMS ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4 WHO Word Health Organization, Geneva, 2011.

QUEIROZ, F.B.; BRANDT, E.M.F.; AQUINO, S.F.; CHERNICHARO, C.A.L.; AFONSO, R.J.C.F. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disruptors in raw sewage and their behavior in UASB reactors operated at different hydraulic retention times. **Water Science & Technology**, v. 6612, p. 2562-2569, 2012.

REGNERY, J.; BARRINGER, J.; ALEXANDRE D. WING, A. D.; HOPPE-JONES, C.; TEERLINK, J.; DREWES, J. E. Start-up performance of a full-scale river bank filtration sitere garding removal of DOC, nutrients, and trace organicchemicals. **Chemosphere**, v.127, p.136-142, 2015.

Resolução CONAMA Nº 358/2005 - **"Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências."** - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU nº 084, de 04/05/2005, págs. 63-65. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462> Acesso em: 30 de novembro de 2017.

REYES, C.; MATAMOROS, V.; CRUJEIRAS, B.; RUIZ, I.; SOTO, M.; BAYONA, J. M. Evaluation of an aerobic digester (UASB) followedby a hybrid constructed wetland for there moval of PPCPs in urban waste water: A pilotstudy. **Anais…** In: International Conference on Wetland Systems For Water Pollution Control, 12. Proceedings of the International Conference on wetland systems for water pollution control. Venice: IWA, 2010.

RODGERS-GRAY, T. P. et al. Exposure of juvenileroach (Rutilusrutilus) to treated sewage effluent induces dose-dependent and persistent disruption in gonadal duct development. **Environmental Science & Technology**, v. 35, n. 3, p. 462-470, 2001.

voltar ao
SUMÁRIO

RODRIGUES, C. R. B.. **Aspectos Legais e Ambientais do Descarte**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 112f. 2009. Disponível em: <http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/121/Dissertacao.pdf>. Acesso em: 29 de novembro 2017.

SERVOS, M.R.; BENNIE, D.T.; BURNISON, B.K.; JURKOVIC, A.; McINNIS, R.; NEHELI, T.; SCHNELL, A.; SETO, P.; SMYTH, S.A.; TERNES, T.A. Distribution of estrogens, 17b-estradiol and estrone, in Canadian municipal wastewater treatment plants. **Science of The Total Environment**, v. 336, n. 1-3, p. 155-170, 2005.

SILVA, G. M. D.; GONÇALVES, R. F.. Desempenho de um sistema UASB más filtro biológico percolador sem etapa de decantação tratando esgoto sanitário. **Anais...** In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23 (pp. 1-9). ABES. 2005.

SPENGLER, P.; KÖRNER, W.; METZGER, J. Substances with estrogenic activity in effluents of sewage treatment plants in southwestern Germany. **Chemical analysis. Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n. 10, p. 2133-2141, 2001.

TERNES T.A. Occurrence of drugs in german sewage treatment plants and rivers. **Water Res.**, v.32, n.11, p.3245-3260, 1998.

TREIN, C. N.; PELISSARI, C.; HOFFMANN, H.; PLATZER, C. J.; SEZERINO, P. H. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre,v. 15, n. 4, p. 351-367, out./dez. 2015.

VERLICCHI, P.; GALLETTI, A.; AL AUKIDI, M.; PASTI, L.; MARCHETTI, N. Evaluation of sulphametoxazole, ciprofloxacin and trimethoprim removal in a H-SSF system: An experimental investigation. In: **12th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Proceedings…**, Venice: IWA, 2010.

VERAS, T. B.; CABRAL, J. J. S. P.; RIBEIRO, A.L.; DUARTE, M. M. B.; ZAIDAN, E. M. C. A filtração em margem na remoção de fármacos: Estudo de caso rio Beberibe-PE, Brasil. **Anais...** In: Simpósio de Hridaúlica e Recursos Hídricos dos Países de Lígua Portuguesa. 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Volume 1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

VYMAZAL, J.; KROPFELOVÁ, L. **Wastewater Treatment in Constructed Wetlands With Horizontal Sub-Surface Flow**. Republica Tcheca: Springer, 2008.

ZUCCATO, E.; CASTIOGLIONI, S. & FANELLI, R. Identification of the pharmaceuticals for human use contaminating the Italian aquatic environment. **J. Hazard Mat.**, v.122, p.205-

voltar ao
SUMÁRIO

209, 2005.

ZUCCATO, E. & et al. Pharmaceuticals in the environment in Italy: causes, occurrence, effects and control. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int.**, v.13, n.1, p.15-21, 2006.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 52
DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES NO SOLO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL: REVISÃO DE LITERATURA

DISPOSAL OF EFFLUENTS IN SOIL AS A TREATMENT ALTERNATIVE AND FINAL DESTINATION: LITERATURE REVIEW

Adriana Aparecida Megumi Nishiwaki *, Vicente de Paulo Silva, Valquíria do Nascimento Tavares, Daise Oliveira Carneiro, André Felipe de Melo Sales Santos **.

*Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **
*Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. ***

RESUMO
Os corpos hídricos, além de fornecer água para abastecimento público para diversas atividades humanas, tem sido receptores de efluentes, comprometendo sua qualidade e destacando a necessidade de um tratamento adequado para os efluentes. A disposição de efluentes no solo é uma alternativa simples e eficiente de tratamento e de destinação final para diversos tipos de águas residuárias. Este método consiste em processos físico-químicos e biológicos que ocorrem por meio da estrutura do solo e pelos microrganismos presentes nesse compartimento ambiental. Neste contexto, o presente artigo descreve uma revisão de literatura acerca dos efluentes que já foram analisados os efeitos da sua disposição no solo, bem como os processos de biorremediação e biodegradação dos efluentes no solo. Foi elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica em artigos de periódicos, trabalhos acadêmicos (dissertações e teses), normas técnicas, anais de eventos científicos, e livros, cujo objetivo é descrever a eficiência da aplicação do método de disposição no solo como destinação final dos efluentes. O estudo conclui que a disposição no solo exige um monitoramento técnico para ser considerado um método economicamente viável e ambientalmente adequada, sendo avaliada caso a caso.

Palavras-Chaves: Água residuária, Biorremediação, Biodegradação, Matéria orgânica.

ABSTRACT
Water bodies, in addition to providing water for public supply to various human activities, have been effluents receptors, compromising their quality and stressing the need for an adequate treatment for effluents. The disposal of effluents in the soil is a simple and efficient alternative of treatment and final destination for several types of wastewater. This method consists of physico-chemical and biological processes that occur through the soil structure and the microorganisms present in this environmental compartment. In this context, the present article describes a literature review about the effluents that have already been analyzed the effects of their disposal in the soil, as well as the processes of bioremediation and biodegradation of effluents in the soil. It was elaborated from a bibliographical research in articles of periodicals, academic works (dissertations and theses), technical norms, annals of scientific events, and books, whose objective is to describe the efficiency of the application of the method of disposition in the soil as final destination of the effluents. The study concludes that soil disposal requires technical monitoring to be considered an economically viable and environmentally appropriate method, being evaluated on a case-by-case basis.

Keywords: Wastewater, Bioremediation, Biodegradation, Organic matter.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Os efluentes gerados pelas atividades humanas tem sido uma questão ambiental desafiadora para as autoridades, por serem altamente poluentes ao meio ambiente, necessitando de tratamento adequado para sua disposição final. Comumente, a disposição final das águas residuárias, com ou sem tratamento, tem sido em corpo hídrico, fonte de importante recurso natural, a água. Entretanto, o solo, que em épocas remotas era bastante utilizado como destinação final, tem sido, em dias atuais, objeto de estudo de muitos trabalhos relacionados a sua capacidade filtrante e de biorremediação (KLUSENER FILHO, 2001). A aplicação de efluentes no solo, que consiste em um processo de biorremediação (atuação dos microrganismos na conversão de resíduos complexos em produtos mais simples e menos agressivos ao meio ambiente), configura-se uma alternativa de tratamento e destinação final de efluentes de baixo custo e razoavelmente eficiente (CORAUCCI FILHO, 2006).

Dessa forma, o presente estudo buscou descrever os aspectos importantes relacionados à eficiência da aplicação do método de disposição no solo como destinação final dos efluentes, abordando as seguintes questões: principais efluentes que já foram analisados os efeitos da sua disposição no solo como destinação final; características gerais desse método; processos de biodegradação e de biorremediação de efluentes no solo.

A metodologia de elaboração deste artigo consiste em uma revisão de literatura clássica e mais recente com base em referências bibliográficas obtidas a partir de artigos publicados em periódicos, trabalhos acadêmicos (dissertações e teses), normas técnicas, anais de eventos científicos, e livros, através dos quais procurou-se sintetizar o estado da arte do método estudado.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Características dos principais efluentes que são tratados via solo

A água pode ter sua qualidade comprometida por diferentes atividades humanas, tais como doméstica, comercial, industrial ou de agropecuária. Cada atividade gera poluentes característicos, os quais possuem uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2004).

voltar ao
SUMÁRIO

Os poluentes mais comuns encontrados estão: matéria orgânica, representada pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pela demanda química de oxigênio (DQO) e pelos sólidos suspensos totais (SST); poluentes orgânicos, tais como agrotóxicos; poluentes inorgânicos, como metais pesados; excesso de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo; microrganismos patogênicos, tais como bactérias, vírus e parasitas; elementos que proporciona a salinidade da água (DUARTE et al., 2008).

Os efluentes adequados para o uso da técnica de disposição no solo devem ter em sua composição matéria orgânica e nutrientes importantes para o desenvolvimento da microbiota do solo, que é responsável pela biodegradação dos compostos orgânicos. Efluentes que contém compostos tóxicos aos microrganismos do solo devem ser evitados para uso desta técnica de tratamento e destinação.

Os efluentes domésticos são originários de águas usadas em vasos sanitários, lavagens de alimentos, de louças, e de roupas bem como de higiene pessoal, os quais estes três últimos constituem a denominada água cinza. A composição do esgoto doméstico consiste em matéria orgânica, microrganismos, nutrientes, óleos e graxas, detergentes e metais pesados (PEREIRA, 2004).

Geralmente, entre os nutrientes predominantes no efluente doméstico são nitrogênio e fósforo, fundamentais para o crescimento microbiano e de vegetais. No esgoto doméstico bruto, as formas prevalentes de nitrogênio são o nitrogênio orgânico, que corresponde a agrupamentos amina, e a amônia, a qual tem sua principal origem na ureia, que é logo hidrolisada e dificilmente identificada no esgoto bruto. A grande parte destas duas formas de nitrogênio tem origem fisiológica. Quanto ao fósforo, apresenta-se como fosfatos, nas formas inorgânica (polifosfatos e ortofosfatos), proveniente dos detergentes e de outros produtos químicos domésticos; e orgânica (associada a compostos orgânicos), de origem fisiológica. Tais nutrientes em grande concentração em corpo hídrico pode desencadear a eutrofização (MOTA e VON SPERLING, 2009).

O esgoto doméstico tratado, geralmente, é mais utilizado que o bruto na técnica de disposição no solo, por apresentar concentrações equilibradas de matéria orgânica e de nutrientes (DUARTE et al., 2008; SIMÕES et al., 2013;).

As águas residuárias de suinocultura (ARS) possuem características físico-químicas que diferenciam conforme o sistema de higienização das baias, fase de desenvolvimento dos

animais, alimentação, condições climáticas, genética do animal, entre outros fatores. Tal efluente é composto por uma mistura de água, partículas suspensas, substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas, abrangendo nutrientes e contaminantes. Em torno de 50% da matéria orgânica de dejeto suíno apresenta-se na fase líquida, dissolvida e coloidal (BOSCO et al., 2016).

De acordo com Gomes Filho et al. (2001), a ARS apresenta, aproximadamente, 67% do nitrogênio, 33% do fósforo e 100% do potássio em forma mineral, que são imediatamente assimiláveis pelas plantas. Os nutrientes que não se encontram nessa forma, são ofertados durante a decomposição da matéria orgânica (SMANHOTTO et al., 2010). Contudo, a ARS tem, ao mesmo tempo, diversos minerais em proporções desequilibradas em comparação à capacidade de absorção do solo e da planta, de modo diverso dos fertilizantes sintéticos que são desenvolvidos especificamente para cada tipo de solo e de cultura (PRIOR et al., 2015). Além da carga orgânica, os dejetos apresentam metais pesados em sua composição, tais como cobre e zinco, provenientes da alimentação dos suínos com finalidade de prevenção de doenças, melhora da digestão e do crescimento (BOSCO et al., 2008).

Outro efluente bastante aplicado no solo como forma de tratamento é a vinhaça, subproduto da produção de álcool, de odor forte, coloração marrom escuro, baixo pH, rica em potássio e com alta carga orgânica (SILVA; BONO; PEREIRA, 2014). Devido a isso, sobretudo a sua DBO elevada, que varia entre 20.000 e 35.000 $mg.L^{-1}$, apresenta alto poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico. O principal componente da vinhaça é certamente a matéria orgânica, principalmente sob forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade por cátions como potássio, cálcio e magnésio, cuja riqueza nutricional está relacionada à origem do mosto. Tratando-se de mosto de melaço, as concentrações dos nutrientes são maiores em relação ao mosto de caldo de cana (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). Em virtude de seu alto teor de potássio e matéria orgânica, a vinhaça é bastante utilizada para fertirrigação.

O lixiviado de resíduos sólidos urbano é um líquido de alta carga orgânica, de coloração escura e de forte odor originado pela decomposição química e biológica dos resíduos sólidos (ABNT, 1992; IM et al, 2001; KJELDESEN et al, 2002). É por meio da percolação da água, de chuva ou da umidade presente no meio, que os compostos orgânicos e inorgânicos dos resíduos de composição variável são arrastados, gerando essa matriz aquosa

de extrema complexidade (HAMADA, 1997; CHRISTENSEN et al., 2001). Segundo El Fadel e colaboradores (2002), a geração de lixiviado ocorre quando a taxa de umidade dos resíduos sólidos ultrapassa sua capacidade de campo.

De acordo com Christensen et al. (1994), os poluentes que compõem o lixiviado de aterro sanitário, podem ser, em geral, divididos em quatro grupos como mostrado na Quadro 1.

Quadro 1 - Grupos de poluentes que compõem o lixiviado de aterro sanitário e seus exemplos

Grupos de Poluentes	Exemplos
Matéria orgânica dissolvida (MOD)	Demonstrada pela DQO ou Carbono Orgânico Total (COT), abrangendo o metano, ácidos graxos voláteis (principalmente na fase ácida) e diversos compostos recalcitrantes, como compostos húmicos e fúlvicos.
Macrocomponentes inorgânicos	Cálcio, magnésio, sódio, potássio, amônio, ferro, manganês, cloro, sulfato e bicarbonato.
Metais pesados	Cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco.
Compostos orgânicos xenobióticos (COX)	Proveniente de produtos químicos industriais. Estes compostos abrangem, entre outros, uma variedade de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, e fenóis clorados.

Fonte: Adaptado de Christensen et al. 1994.

2.2 Características gerais do método de disposição de efluente no solo

A disposição de efluentes no solo trata-se de um sistema simples e eficiente, ocorrendo o tratamento de forma natural por meio dos processos físicos, químicos e biológicos, especificamente, por mecanismos de filtração, adsorção e biodegradação, respectivamente. Isso acarreta na redução de partículas em suspensão, de concentrações de compostos orgânicos e de microrganismos (FRANCO et al., 2014; SILVA et al., 2017).

O emprego de águas residuárias, ricas em material orgânico, no solo tem sido um método viável de disposição final apropriado para esses efluentes, e uma maneira de beneficiar a qualidade do solo (MATOS; CARVALHO, AZEVEDO, 2008). O solo atua como uma camada filtrante, permitindo as ações de adsorção e dos microrganismos, que convertem a matéria orgânica presente nos efluentes em matéria mineralizada (CORAUCCI FILHO et al,

voltar ao
SUMÁRIO

1999).

Tal prática tem sido também adotada para a destinação final de efluentes tratados. Para Silva et al. (2017), as características ideais da área onde será disposto as águas residuárias tratadas são as seguintes: declividade inferior a 12%, visto que declives maiores aumentam o escoamento e a erosão do solo; o solo deve ter um teor de argila menor que 10%, para evitar colmatação; e profundidade de aquífero suficientemente profundo para prevenção de contaminação e aumentos excessivos da água subterrânea. Além disso, indica que o solo mais adequado é o arenoso e fino, que permite uma velocidade de infiltração apropriada, bem como uma porosidade média, propriedade fundamental na análise do transporte e remoção de poluentes, visto que o volume útil para reação envolve o volume de lacunas e uma fração que representa o biofilme desenvolvido na superfície dos grãos (SILVA et al., 2017).

A disposição controlada de efluentes no solo, como pós-tratamento, tem se revelado um método eficaz e adequado, dado que acarreta diversas vantagens tais como benefício agrícola, baixo investimento, baixo custo operacional, baixo consumo de energia, e sobretudo o impedimento de descargas de compostos nocivos em corpos hídricos (SAMPAIO, 2009).

Entretanto, alguns riscos estão associados a aplicação inadequada do efluente como: contaminação microbiológica do lençol freático e dos produtos agrícolas, acúmulo de elementos tóxicos, desequilíbrio de nutrientes, salinização e impermeabilização do solo (SOUZA et al., 2005). Águas residuárias de alta carga orgânica e rica em nutrientes tem o desempenho no tratamento afetado em curto prazo de tempo, sendo necessário uma suspensão no procedimento. Desse modo, é relevante considerar a aplicação de taxas hidráulicas em turnos de regas conforme o tipo de solo (CORAUCCI FILHO et al., 1999).

2.3 Biodegradação de efluentes no solo

Primeiramente, para se compreender a biodegradação de efluentes no solo é fundamental conhecer este compartimento natural de grande importância para a vida na Terra. Segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995), o solo é produto da decomposição das rochas causadas pelos agentes físicos ou químicos, contendo ou não matéria orgânica.

A matéria orgânica é composta por substâncias lábeis, ou seja, biologicamente assimiláveis, e por compostos inertes, quimicamente refratários. A degradação de matéria

orgânica é um processo que reduz os compostos de alto peso molecular a compostos de baixo peso molecular, até a conversão de substratos orgânicos em compostos inorgânicos, por meio da atuação enzimática (MUNIZ, 1998).

As enzimas produzidas pelos microrganismos quebram as ligações químicas dos tecidos vegetais presentes na serapilheira, que é o principal responsável pela geração da matéria orgânica do solo nos ecossistemas naturais. Os compostos orgânicos liberados da decomposição serão incorporados ao húmus, o qual, por sua vez, é decomposto gradualmente até a mineralização final, resultando em constituintes minerais, CO_2 e água (PREVIATI et al., 2012).

O solo é um habitat diversificado constituído por comunidades biológicas complexas (PREVIATI et al., 2012). Os aspectos físicos e químicos do solo são influenciados pelos processos bióticos, ressaltando a significância dos microrganismos e seus processos no funcionamento e equilíbrio de ecossistemas. Entre os atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores de qualidade do solo podem-se destacar a densidade total de bactérias, fungos, solubilizadores de fosfato, biomassa microbiana e a atividade de microrganismos heterotróficos. Os microrganismos participam diretamente dos ciclos dos nutrientes no solo e, associada à quantificação de bactérias e fungos totais, a análise de certos grupos microbianos refletem o modo de ocorrência dos processos bioquímicos (SILVEIRA; MELLONI; PEREIRA, 2004).

A microbiota do solo é caracterizada pela abundância e diversidade, sendo em maior intensidade nos primeiros centímetros da superfície do solo, e reduz com a profundidade (PREVIATI et al., 2012). Uma vez que grande parte da microbiota do solo é aeróbia, isto é, tem como receptor final de elétrons o oxigênio, a aeração é um fator crítico para a densidade de microrganismos e seus processos metabólicos. O oxigênio é o mais poderoso oxidante usado pelos sistemas biológicos, visto que age fortemente no potencial de oxi-redução bem como nos processos bioquímicos associados (SIQUEIRA et al., 1994). De acordo com Tiedje et al. (1984), potenciais de oxi-redução entre +600 e +300 mV, comum em condições aeróbias, beneficiam os microrganismos heterotróficos e a mineralização.

Na superfície do solo, o O_2 deve ser suficiente para manter essa condição, no qual o carbono orgânico se transformará em CO_2, o nitrogênio orgânico em NO_3, o hidrogênio a H_2O, o fósforo em PO_4^{-2} e o enxofre a SO_4^{-2}. Além desses subprodutos, ocorre elevação de

temperatura do meio (ARAÚJO et al., 2010).

Além da microbiota decompositora, a degradação no solo é influenciada pelo clima, tipo de solo e vegetação. Neste compartimento ambiental, a decomposição inicial de material lábil ocorre rapidamente, entretanto materiais refratários levam mais tempo para serem degradados. Essa "lentidão" pode ser atribuída à adsorção, à estabilização de metabólitos e à redução da taxa de biomassa no solo (TAUK, 1990).

Os solos tropicais, como do Brasil, diferem por apresentarem propriedades peculiares como agregação de partículas finas, cimentação natural, e alta porosidade. Um estudo realizado no sudeste brasileiro avaliou as variações das características físicas e químicas do lixiviado após a percolação em dois solos dessa região, e obteve a concentração de DQO elevada, solo laterítico (com capacidade maior de adsorção de metais pesados tais como chumbo, zinco, níquel e cobalto em relação ao outro solo tropical não laterítico), e ambos os solos adsorveram cromo e ferro, e dessorveram manganês e cobre (MIGUEL et al., 2012).

As propriedades do solo, como teor argila, pH, matéria orgânica agem como fatores ambientais na decomposição (TAUK, 1990). As propriedades mais relevantes do solo para sua utilização e disposição, segundo Iwai (2005), são: capacidade de troca iônica, capacidade tampão e filtrabilidade do solo.

A capacidade de troca iônica, que corresponde a capacidade dos grupos funcionais de superfícies dos componentes do solo de se ligarem aos íons e moléculas polarizadas de modo reversível, desempenha uma importante função em liberar gradualmente diversos nutrientes, beneficiando a manutenção da fertilidade por um período prolongado. Argilas minerais, substâncias húmicas e óxidos de ferro e alumínio são os principais componentes da fração mineral dos solos sob condições tropicais (BORTOLUZZI et al., 2009; RONQUIM, 2010).

De acordo com Iwai (2005), o solo retém os íons metálicos, muitas vezes derivados de resíduos orgânicos industriais ou urbanos além de efluentes, em função da sua capacidade de troca iônica. Sabe-se que os metais pesados, em elevadas concentrações, podem causar efeitos deletérios em diversas formas de vida (LEYVAL; TURNAU; HASELWANDTER, 1997; SIQUEIRA; POUYÚ; MOREIRA, 1999). Alguns estudos apontam efeitos tóxicos significativos sobre a população microbiana do solo (BROOKES, 1995; DIAS-JÚNIOR et al., 1998).

O desenvolvimento da microbiota do solo pode agir na sua remediação, em casos de

contaminação por metais pesados, através de processos de imobilização, mobilização e transformação de metais por reações de precipitação extracelular, acumulação intracelular, reações de oxidação e redução, metilação e demetilação, ligação extracelular e complexação (DIAS-JÚNIOR et al., 1998). Por serem sensíveis aos metais pesados e aos outros interferentes ao sistema, podem desempenhar como indicador de mudanças no solo (SILVEIRA; MELLONI; PEREIRA, 2004), sendo relevante no monitoramento da poluição (BROOKES, 1995). Muitos fungos e bactérias produzem diversos compostos ligantes de metais, como por exemplo ácidos orgânicos simples, álcoois e macromoléculas, polissacarídeos, ácidos húmicos e fúlvico (SAYER; GADD, 2001).

Solos que apresentam maior capacidade de troca catiônica (CTC) e/ou mais ricos em matéria orgânica possuem maior poder de tamponamento do solo, o qual representa capacidade de manter o pH do solo constante (RONQUIM, 2010). Diversos estudos revelam a atuação dessa capacidade tampão na alteração dos níveis críticos de nutrientes na planta e no solo (ALVAREZ et al., 2000).

A umidade do solo é um fator crucial no processo biodegradativo, uma vez que a atividade microbiana depende da disponibilidade de água no solo (JACQUES et al., 2007), podendo restringir o movimento das bactérias para novos locais de nutrientes ou limitar o metabolismo de colônias por meio da deficiência de nutrientes. Inúmeros processos biológicos são potencializados na faixa de umidade entre 50 e 70% da capacidade de campo (SIQUEIRA et al., 1994).

Alterações de temperatura podem influenciar no transporte dos contaminantes, acarretando mudanças na permeabilidade, na velocidade dos processos de transferência e na solubilidade de substâncias, bem como promover a ocorrência de reações que não se realiza a temperatura ambiente (FERREIRA, 2006). A solubilidade de muitos sais, como $Ca_3(PO_4)_2$ e NaCl, aumentam com a temperatura disponível, entretanto quando a temperatura eleva outros componentes do lixiviado como $CaCO_3$ e $CaSO_4$ diminuem a sua solubilidade no meio (CHRISTENSEN; JENSEN; CHRISTENSEN, 1996). Temperaturas elevadas reduzem a concentração de oxigênio dissolvido, consequentemente, afetam a velocidade do processo de degradação. Próximo da camada de cobertura final de aterros sanitários, a temperatura dos resíduos sólidos varia de acordo com as mudanças sazonais (FERREIRA, 2006).

Ajwa e Tabatabai (1994) ratificaram que a degradação de resíduos orgânicos no solo

voltar ao
SUMÁRIO

não depende apenas dos aspectos do solo e do clima, como também fatores relativos aos resíduos. Foi observado, em biossólidos, que as propriedades do resíduo e outros fatores como temperatura e umidade, em relação ao tipo do solo, são determinantes para a taxa de degradação (SOMMERS; NELSON; SILVIERA, 1979).

2.4 Biorremediação e principais métodos de aplicação de águas residuárias no solo

A biorremediação é uma tecnologia baseada na ação dos microrganismos que consomem os poluentes de natureza orgânica para obtenção de energia, transformando-os em metabólitos de menor complexidade e/ou de menor massa. Geralmente, os microrganismos mais empregados são as bactérias e os fungos, que possuem capacidade metabólica para decompor diferentes contaminantes (COSTA, 2009).

Além dos microrganismos, a biorremediação depende da composição dos contaminantes e das características do meio. A técnica pode ser usada em meio edáfico e hídrico (COSTA, 2009). Ocorrendo no local contaminado, não havendo a necessidade de remoção de substrato, a biorremediação se denomina *in situ*, como são feitas nas técnicas de atenuação natural, bioaumentação, bioestimulação e *landfarming*. Na biorremediação *ex situ*, o tratamento do substrato contaminado é realizado em outro local, como acontece na compostagem e em biorreatores (JACQUES et al., 2007) (Quadro 2).

Quadro 2 - Técnicas de biorremediação aplicadas na descontaminação ambiental

Técnica	Descrição
Atenuação natural	Uso de processos naturais para degradação dos poluentes como biodegradação, volatilização, diluição e adsorção.
Bioaumentação	Introdução de microrganismos alóctones no meio contaminado com intuito de aumentar a microbiota natural do meio.
Bioestimulação	Adição de nutrientes orgânicos e inorgânicos promovendo o crescimento de microrganismos degradadores.
Landfarming	A degradação do resíduo sólido ocorre na camada superior do solo.
Compostagem	Tratamento aeróbio e termofílico, dispondo o material contaminado em leiras.
Biorreatores	Uso de tanques que tratam líquidos e misturas aerados mecanicamente.

Fonte: Adaptado de Jacques et al., 2007; ABNT, 1997b; Costa, 2009.

voltar ao
SUMÁRIO

O tratamento que consiste na disposição de efluentes no solo tem como principais métodos de aplicação a infiltração-percolação, a irrigação e o escoamento superficial (CORAUCCI FILHO et al., 1999).

O método de infiltração-percolação, também conhecida como infiltração rápida, baseia-se na função filtrante do solo, onde a água residuária percola entre o meio poroso purificando-se e fazendo a recarga do lençol freático. Para esta técnica, o efluente é disposto em canais ou tabuleiros de infiltração (MATOS; LO MONACO, 2003). Caracteriza-se pela alta taxa de aplicação, independente do clima, dependente do tipo e da geologia do solo, e o local de tratamento deve ser em topografia apropriada, disponibilidade de área e capacidade de tratabilidade do solo (textura, estrutura e espessura da camada não saturada do solo) (CORAUCCI FILHO et al, 1999).

O reuso de águas para irrigação é uma técnica considerada como uma alternativa viável para atender as necessidades hídricas e nutricionais das plantas (CAPRA; SCICOLONE, 2007; HERPIN et al, 2007). Pode-se empregar a irrigação em baixa taxa por meio de sulcos e aspersores ou em alta taxa através da técnica da inundação. Dependendo da técnica de irrigação utilizada, a porção líquida do efluente é dissipado para a atmosfera pela evapotranspiração e/ou para o solo pela percolação (CORAUCCI FILHO et al, 1999).

O principal risco relacionado à irrigação com águas servidas é a contaminação por organismos patogênicos, uma vez que é usado para fins agrícolas (CAPRA; SCICOLONE, 2007). Apesar disso, tem-se obtido êxito em diversos estudos e culturas como cafeeiro (MEDEIROS et al, 2008), de pimentão (DUARTE, 2006), de rabanetes (DANTAS et al, 2014), de melancia (REGO et al., 2005), e de copaíba (AUGUSTO et al, 2003).

O método de escoamento superficial fundamenta-se na depuração da matéria orgânica da água residuária em uma rampa constituída por solo argiloso e por vegetação com declividade de 1 a 4% e comprimento de 30 a 45 metros (BERTONCINI, 2008). Para aplicação do efluente no solo é realizado o método superficial com lançamento do topo da rampa por meio de tubulações perfuradas (BERTONCINI, 2008) ou aspersores (CORAUCCI FILHO et al, 1999). Enquanto a água residuária desloca-se na rampa, é presumido que 25% do efluente evapotranspira, 10% evapora, 10% infiltra no solo e o excedente (55%) é coletado em canaletas, localizados no inferior da rampa (BERTONCINI, 2008).

voltar ao
SUMÁRIO

Para Smith e Schroeder (1985), a remoção de matéria orgânica do efluente primário, efluente bruto depois da decantação, pode ser realizada em duas etapas, por efeito do comprimento da rampa e da taxa de aplicação. A primeira etapa consiste na maior retirada da matéria orgânica sedimentável ocorrido nos primeiros metros da rampa, e a última etapa, o material orgânico coloidal e solúvel é degradado pela ação bacteriana, adsorvido na matriz do solo e absorvido pela biomassa.

Água residuária doméstica (DANTAS et al, 2014), água residuária de suinocultura (SMANHOTTO et al, 2010), vinhaça (BARROS et al, 2010; LYRA, 2008) e lixiviado de aterro sanitário (ALARIBE; AGAMUTHU, 2016) são efluentes que podem ser tratados por meio desta técnica via solo

3. CONCLUSÃO

A disposição de efluentes brutos no solo como alternativa economicamente viável e ambientalmente apropriada, deve ser avaliada com bastante olhar crítico, sobretudo do ponto de vista técnico e ambiental. O solo pode ser uma alternativa promissora para dispor uma série de efluentes, entretanto, devem ser avaliados aspectos da própria natureza do efluente, das características do local onde será disposto, da sua escala de aplicação e tempo de aplicação. A técnica não é aplicável para determinados tipos de efluentes, sobretudo os que possuam compostos nocivos à microbiota do solo, podendo comprometer no processo de tratamento. Outra questão é que a técnica exige um acompanhamento técnico periódico, manejo e monitoramento *in loco*, pois a poluição poderá ser transferida para outros compartimentos, sobretudo a água subterrânea, podendo contaminar aquíferos, por exemplo se não forem observados os critérios técnicos relativos a alternativa escolhida. Atendidos, entretanto, estes requisitos a técnica se mostra barata, prática e eficaz, sendo uma alternativa a ser avaliada caso a caso.

4. REFERÊNCIAS

ABNT. **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. ABNT NBR 8.419. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992.

_____. **Rochas e solos**. ABNT NBR 6502. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995.

voltar ao
SUMÁRIO

AJWA, H. A.; TABATABAI, M. A. Decomposition of diferente organic materials in soils. **Biol. Fert. Soil.,** v. 18, n. 3, p. 175-182, set. 1994.

ALARIBE, F. O.; AGAMUTHU, P. Fertigation of Brassica rapa L. using treated landfill leachate as a nutrient recycling option. **S. Afr. J. Sci,** v. 112, n. 3/4, March/April, 2016.

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **B. Inf. SBCS**, v. 25, p. 27-32, 2000.

ARAUJO, E. P.; ALVES, F. S.; FRANÇA, L. R. C.; COSTA, S. S. S.; PEREIRA, F. T. G.; MONTEIRO, V. E. D. Influência da temperatura no desenvolvimento de bactérias aeróbias em um biorreator de resíduos sólidos urbanos localizado na Universidade Federal de Campina Grande - PB. In: 3° SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS. 2° SEMINÁRIO DA REGIÃO NORDESTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2010, João Pessoa. **Anais**...João Pessoa: UFPB, 2010.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAUG. X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **R. Árv**, v. 27, n. 3, p.335-342, 2003.

BARROS, R. P.; VIEGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIEGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, jul./set. 2010.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Rev. Tecnológ. Inovaç. Agropec.**, v. 1, n. 1, p. 152 – 169, 2008.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J. Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33, p. 507-515, 2009.

BOSCO, T. C. D.; SAMPAIO, S. C.; OPAZO, M. A. U.; GOMES, S. D.; NÓBREGA, L. H. P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Eng. Agríc**, v. 28, n. 4, p.699-709, 2008.

BOSCO, T. C. D.; COSMANN, N. J.; SBIZZARO, M.; TAIATELE JUNIOR, I.; SILVA, J. dos S. Caracterização de águas residuárias de suinocultura provenientes de dois sistemas de tratamento. **Rev. Agrogeoamb**., v. 8, n. 3, p. 111-120, Set. 2016.

BROOKES, P. C. The use of microbial parameters in soil pollution by heavy metals. **Biol. Fertil. Soils**, v. 19, p. 269-279, 1995.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation

voltar ao
SUMÁRIO

system. **J. Clean. Prod.**, v. 15, p. 1529-1534, 2007.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSEN, P.; ALBRECHTSEN, H.; HERON, G.; NIELSEN, P. H.; BJERG, P. L.; HOLM, P. E. Attenuation of landfill leachate pollutants in aquifers. **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.**, v. 24, p. 119-202, 1994.

CHRISTENSEN, J. B.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, T. H. Effect of dissolved organic carbon on the mobility of cadmium, nickel and zinc in leachate polluted groundwater. **Water Res.**, v. 30, n.12, p.3037–3049, 1996.

COSTA, M. R. **Uso da respirometria para avaliação da biodegradação aeróbia de lixiviado de resíduos sólidos urbanos em latossolo vermelho-escuro**. 2009, 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CORAUCCI FILHO, CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; NOUR, E. A. Bases conceituais da disposição controlada de águas residuárias no solo. In: CAMPOS, J. R. (coord.). **Tratamentos de esgotos sanitários por processos anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 464 p.

DANTAS, I. L. A.et al. Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Rev. Ambient. Água,** v. 9, n. 1, Taubaté, Jan./ Mar. 2014.

DIAS-JÚNIOR, H. E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 631-640, 1998.

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun* L.)**. 2006. 188f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 12, n. 3, p. 302–310, 2008.

EL FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. **Waste Manage.**, v. 22, p. 269 - 282, 2002.

FERREIRA, M. A. S. **Aplicação de modelos de avaliação qualitativa e quantitativa dos percolados gerados em um aterro sanitário**. 2006. 227f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

FRANCO, A. C. R.; GOBBO, C. G. R.; MELO, G. L.; SILVA, V. A. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo pelo método de escoamento superficial. **Rev. Agroneg. Meio Ambient**., v. 7, n. 2, p. 391-411, 2014.

voltar ao
SUMÁRIO

GOMES FILHO, R. R.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. MARTINEZ, H E.P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Rev. Bras. Eng. Agrí. Ambien.**, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

HAMADA, J. Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz de Iguaçu. **Anais eletrônico...** Foz do Iguaçu: ABES, p. 793-802. 1997. Disponível em: < http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/chorume.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T. V.; FONSECA, A. F.; MONTES, C. R.; MENDONÇA, F. C.; PIVELI, R. P.; BREULMANN, G.; FORTI, M. C.; MELFI, A. J. Chemical effects on the soil–plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation - A pilot field study in Brazil. **Agricul. Wat. Manag**, v. 89, p. 105-115, 2007.

IM, J. H. et al. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobic-aerobic system. **Water Res.**. v. 35, p. 2403-2410, 2001.

IWAI, C. K. **Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos**. 2005, 202f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Faculdade de Engenharia da UNESP, Bauru, 2005.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ci. Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, jul-ago, 2007.

KJELDSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A. CHRISTENSEN, T. H. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. **Crit. Rev. Env. Sci. Tec.**, v. 32, n.4, p.297-336, 2002.

KLUSENER FILHO, L. C. **Pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbico utilizando o método de escoamento superficial no solo**: avaliação de taxas de aplicação. Dissertação (Mestrado), 2001. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

LEYVAL, C.; TURNAU, K.; HASELWANDTER, K. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. **Mycorrhiza**, v. 7, p. 139-153, 1997.

LYRA, M. R. C. C. **Estudo comparativo da aplicação de vinhaça tratada e in natura em solos sob cultivo de cana-de-açúcar**. 2008, 140f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

MATOS, A. T.; CARVALHO, A. L.; AZEVEDO, I. C. D. Viabilidade do aproveitamento agrícola de percolados de resíduos sólidos urbanos. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb**., v. 12, n. 4, p. 435-440, 2008.

voltar ao
SUMÁRIO

MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais. 2003. 68 p.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb**., v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.

MIGUEL, M. G.; BELINASSI, L.; DOMINGUES, L. M.; NOUR, E. A. A.; PEREIRA, S. Y. Variations of the Physical and Chemical Characteristics of Sanitary Landfill Leachate after Percolation into Tropical Soils. **Chem. Eng. Trans.**, v. 28, 2012.

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

MUNIZ, K. **Estudo da degradação da matéria orgânica nitrogenada reciclada**. Elaboração de um modelo matemático para o mediterrâneo ocidental. Trab. Oceanogr. Univ. Fed. P. Recife, v. 26, n. 1, p. 1-12, 1998.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Rev. Elet. Rec. Hídr**. IPH-UFRGS, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004.

PREVIATI, R.; SILVA, J. R. R.; SOUZA, C. R.; JANKE, L. Isolamento e quantificação das populações de bactérias em geral e de actinomicetos presentes no solo. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama, v. 15, n. 2, p. 155-160, jul./dez. 2012.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; DIETER, J.; COSTA, M. S. S. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. Eng. Agríc., v. 35, n. 4, p. 744-755. 2015

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. L.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, Campina Grande, suplemento, p. 155-159, 2005.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SAMPAIO, A. T. Tratamento unifamiliar de esgotos domésticos pelo sistema de fossa séptica – valas de infiltração: Estudo de caso da pousada Verde Folhas. Monografia (Pós-graduação em Saneamento), 2009. Belo Horizonte, UFMG, 2009.

SAYER, J. A.; GADD, G. M. Binding of cobalt and zinc by organic acids and culture filtrates of Aspergillus niger grown in the absence or presence pf insoluble cobalto and zinc phosphate. **Mycol. Res.,** v. 105, n. 10, p. 1261–1267, Out 2001.

voltar ao
SUMÁRIO

SILVA, A. P. M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: efeito no solo e na produtividade de colmos. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 1, p.38-43, 2014.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

SILVA, F.; SCALIZE, P. S.; CRUVINEL, K. A. S.; ALBUQUERQUE, A. Caracterização de solos residuais para infiltração de efluente de estação de tratamento de esgoto. **Eng. Sanit. Ambient**., v. 22, n. 1, p. 95-102, 2017.

SILVEIRA, R. B.; MELLONI, R.; PEREIRA, E. G. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, no sul de Minas Gerais. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár Ambient.,** v. 2, n. 2, p. 21-29, abr./jun. 2004.

SIMÕES, K. S.; PEIXOTO, M. F. S. P.; ALMEIDA, A. T.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO, C. P.; PEREIRA, F. A. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 17, n. 5, p. 518-523, 2013.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão; Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 142 p.

SIQUEIRA, J. O.; POUYÚ, E.; MOREIRA, F. M. S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplantio de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 569-580, 1999.

SMANHOTTO, A. et al. Cobre e zinco no material percolado e no solo com aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Eng. Agríc.**, v. 30, n. 2, p.346-357, mar./abr. 2010.

SMITH, R. G.; SCHROEDER, E. D. Field studies of the overland flow process for the treatment of raw and primary treated municipal wastewater. **J. Water Pollut. Con. F.**, v. 57, n. 7, p.785-794, 1985.

SOMMERS, L. E.; NELSON, D. W.; SILVIERA, D. J. Transformations of carbon, nitrogen, and metals in soils treated with waste materials. **J. Environ. Qual.**, Madison, v. 8, p. 287-294, 1979.

SOUZA, J. A. A. de. et al. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro. **Rev. Bras. Eng. Agri. Amb.**, Campina Grande, v. 9, p. 128-132, 2005.

voltar ao
SUMÁRIO

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Rev. Bras. Geoci.**, v. 20, p. 299-301, mar/dez 1990.

TIEDJE, J. M.; SEXSTONE, A. J.; PARKIN, T. B.; REVSBECH, N. P. Anaerobic processes in soil. **Plant and soil**. v. 76, p. 197-212, 1984.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 53
EFEITOS DO ÓLEO ESSENCIAL DE TOMILHO NAS PROPRIEDADES DO POLI (BUTILENO ADIPATO CO-TEREFTALATO) (PBAT) COM FINALIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS CONVENCIONAIS NA INDUSTRIA ALIMENTÍCIA

EFFECTS OF ESSENTIAL THYME OIL ON THE PROPERTIES OF POLY (BUTILENO ADIPATO CO-TEREFTALATO) FOR THE PURPOSE OF REPLACING CONVENTIONAL PLASTIC PACKAGING IN THE FOOD INDUSTRY

Pâmela Barcelar Ferreira Gomes da Silva[*], Jadson Freire da Silva**, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva[**], Josimar Vieira dos Reis[***], Glória Maria Vinhas[5****]

**Departamento de Engenharia Química, Mestranda em Engenharia Química, UFPE, Brasil.*
***Departamento de Ciências Geográficas, Doutorando em Desenvolvimento em Meio Ambiente, UFPE, Brasil.*
****Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Doutorando em Desenvolvimento Urbano, UFPE, Brasil.*
***** Departamento de Engenharia Química, Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFPE, Brasil.*

RESUMO
A poluição do meio ambiente de diversas formas é um assunto muito debatido na comunidade acadêmica junto ao governo para que se possa minimizar o máximo possível e também encontrar soluções viáveis, principalmente daqueles materiais que demoram muito tempo para se degradarem, como é o caso do plástico convencional. Este trabalho tem por objetivo principal produzir uma embalagem plástica alternativa, que se degrade em menos tempo, aditivada de óleos essencial de tomilho, em substituição aos aditivos químicos para conservação de alimentos. Inicialmente o óleo de tomilho será analisado pela espectroscopia no infravermelho (FTIR) para determinação de componentes majoritários e também será realizada atividade antimicrobiana do óleo. Posteriomente, serão feitos filmes poliméricos de Poli (butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) puro e também aditivados em diversas proporções e levados para análises de FTIR, Termogravimetria (TGA), Ensaio mecânico, Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Calorimetria exploratória diferencial (DSC). Espera –se obter um filme polimérico biodegradável inovador para produção de embalagens ativas.

Palavras-Chaves: PBAT, Óleo essencial de tomilho, Conservação de alimentos.

ABSTRACT
Pollution of the environment in a variety of ways is a much debated subject in the academic community with the government so that it can be minimized as much as possible and also find viable solutions, especially those materials that take a long time to degrade, such as plastic conventional. This work has as main objective to produce an alternative plastic packaging, that degrade in less time, added of essential oils of thyme, instead of the chemical additives for food preservation. Initially the thyme oil will be analyzed by infrared spectroscopy (FTIR) for determination of major components and also will be performed antimicrobial activity of the oil. Afterwards, pure PBAT polymer films will also be made and added in various proportions and taken to FTIR, Thermogravimetry (TGA), Mechanical Assay, Scanning Electron Microscopy (SEM) and Differential Scanning Calorimetry (DSC). An innovative biodegradable polymer film is expected to be produced for the production of active packaging.

Keywords: PBAT, Thyme oil essential, Food conservation.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem-se debatido muito a respeito do acúmulo de resíduos no meio ambiente com a finalidade de minimizar ou reduzir a poluição proveniente do lançamento de gases prejudiciais na atmosfera, resíduos tóxicos nas águas e também materiais não biodegradáveis no solo. Dentro desses materiais não biodegradáveis estão os plásticos, que vem sido largamente utilizado na indústria em geral como, por exemplo, na automobilística para substituir materiais mais pesados nos veículos e também na alimentícia para acondicionamento de alimentos. O problema desses plásticos, quando descartados no meio ambiente, demoram cerca de 400 anos para se decomporem, segundo o Ministério do Meio Ambiente, causando problemas ambientais (BRASIL, 2005).

A diversidade das resinas empregadas na produção dos plásticos implica na dificuldade da reciclagem dos mesmos e uma das alternativas para a substituição desses plásticos são embalagens produzidas com polímeros biodegradáveis, que tem sido pesquisado muito nos últimos anos, que são desintegrados quando atacados por enzimas que são produzidas naturalmente em micro-organismos encontrados no solo (REIS, 2011).

Um desses polímeros de fácil degradação bastante utilizado e pesquisado é o PBAT, poli (butileno adipato co-tereftalato), é um copoliéster aromático alifático que apresenta propriedades mecânicas similares ao filme de polietileno, tendo maior permeabilidade ao vapor de água e sintetizado a partir de petróleo (BRANDELERO; GROSSMANN; YAMASHITA, 2013). Assim como outros polímeros, o PBAT pode ser incorporado com óleos essenciais para a produção de embalagens ativas que proporcionam propriedades desejadas, como prolongar o tempo de prateleira dos alimentos, assegurar sua qualidade ao consumidor, entre outras qualidades quando comparadas com as embalagens convencionais, que apenas proporcionam o acondicionamento e possui a mínima interação entre produto e alimento.

A combinação de um polímero biodegradável com óleos essenciais é de extremo interesse, visto que esses óleos representam a busca por alternativas naturais para agregar características como o combate aos micro-organismos deterioradores e patogênicos e podem contribuir com propriedades antimicrobianas, antioxidante e antisséptica. O óleo essencial de tomilho possui atividade antimicrobiana, carminativa e expectorante que são atribuídas ao

voltar ao
SUMÁRIO

timol e ao carvacrol, que são componentes fenólicos majoritários encontrados no óleo essencial, sendo o timol mais eficiente (ALVES, 2010).

Desta forma, a produção de embalagens com filmes biodegradáveis e aditivos naturais, como os óleos essenciais, promove a redução da poluição e o acúmulo de resíduos no meio ambiente. Somando a isso, essa proposta é bastante vantajosa em termos econômicos, pois devido a ação do óleo, as embalagens podem ter potencial para prolongarem o tempo de vida dos alimentos embalados e diminuir a adição de aditivos químicos nos alimentos.

Portanto, este trabalho tem como objetivo geral desenvolver e caracterizar filmes ativos biodegradáveis de PBAT, pela incorporação de óleo essencial de tomilho com função de desenvolver uma embalagem ativa promissora para aplicação em embalagens de alimentos perecíveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para preparo do filme de PBAT, pesou-se 1,4g de PBAT no formato de pellets, a esta quantidade foi adicionado 50 ml de clorofórmio, onde foi mantida agitação constante durante 30 minutos à temperatura ambiente, para completa dissolução do polímero. Após verificação que o polímero havia sido completamente dissolvido, a solução foi vertida em uma placa de petri e deixada em ambiente adequado à temperatura ambiente até completa evaporação do solvente.

Em seguida foi a iniciado o preparo do Filme de PBAT com óleo essencial de tomilho, para preparação do filme de PBAT incorporado com o óleo essencial de tomilho, pesou-se uma quantidade de 1,26g de PBAT, esta quantidade será dissolvida em 50 ml de clorofórmio com auxílio de agitação constante durante 30 minutos. Após este tempo 0,26 gramas do óleo essencial de tomilho foi pesado e adicionado à solução de PBAT que estava sendo agitada. Deixou-se agitar por mais 15 minutos e a solução será transferida para uma placa de petri e guardada em ambiente adequado para evaporação do solvente. Após completa secagem dos filmes circulares, os mesmos foram recortados dando origem a três novos corpos de prova retangulares de mesmas dimensões (7,5 cm de comprimento e 2,5 cm de largura). Logo em seguida, aconteceu a identificação dos componentes do óleo essencial de tomilho, através da caracterização por cromatografia gasosa de massas – GS (MS).

Uma alíquota do óleo essencial de tomilho foi retirada para análise de seus

voltar ao
SUMÁRIO

constituintes químicos, em um cromatógrafo a gás modelo ThermoScientific – TRACE 1330 acoplado a um detector de massas ISQ Single Quadrupole.

Uma alíquota do óleo de tomilho será retirada para análise de espectroscopia de infravermelho na central analítica. Os espectros da amostra foram obtidos utilizando o Espectrômetro Spectrum 400 FT-IR/ FT-NIR – Perkin Elmer, com acessório HATR. Os espectros serão obtidos com resolução de 4 cm^{-1}, na faixa de 4000 a 650 cm^{-1} empregando-se o total de 16 scans. As análises de espectroscopia no infravermelho (FTIR) dos filmes de PBAT puro e ativados com óleo de tomilho foi feito através do Espectrômetro Spectrum 400 FT-IR/ FT-NIR – Perkin Elmer com acessório HATR. Os espectros serão obtidos com resolução de 4 cm^{-1}, empregando-se o total de 16 scans e faixa de 4000 a 400 cm^{-1}.

Os compostos voláteis foram separados em uma coluna de sílica (30m x 250 µm) tendo por fase móvel o gás hélio, com uma vazão constante de 1mL/min^{-1}. A amostra diluída em clorofórmio (1mg/mL^{-1}) e o volume de injeção manual fora de 1 µl do óleo. A programação das condições de temperatura iniciou-se a 40ºC aumentando até 250ºC, permanecendo por 55 min quando estabilizada na temperatura de 250°C; enquanto, as temperaturas do injetor e do detector serão mantidas em 230 e 250ºC, respectivamente.

Uma alíquota do óleo de tomilho foi retirada para análise de espectroscopia de infravermelho na central analítica. Os espectros da amostra foram obtidos utilizando o Espectrômetro Spectrum 400 FT-IR/ FT-NIR – Perkin Elmer, com acessório HATR. Os espectros serão obtidos com resolução de 4 cm^{-1}, na faixa de 4000 a 650 cm^{-1} empregando-se o total de 16 scans. A avaliação da atividade antimicrobiana, foi preparado o meio de cultura Ágar Nutriente (AN) de acordo com BAUER *et al*. (1966) para o crescimento de microrganismos; o cultivo das cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Enterobacter aerogenes* e os discos de papel absorvente que seguiu a técnica descrita na Farmacopeia Brasileira.

Para a realização dos ensaios antimicrobianos serão preparadas suspensões das cepas testes em solução salina (NaCl a 0,85% p/v) estéril, as quais serão padronizadas de acordo com a turbidez do tubo 0,5 da escala McFarland correspondendo a aproximadamente 108 Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC.mL^{-1}). Em seguida as “cepas diluídas” foram inoculadas em placas de petri contendo meio de cultura, com auxílio de uma alça de drigalski. Após 5 minutos, em um vial contendo óleo essencial de tomilho serão imersos os

discos de papel previamente preparados, e em seguida, retirados e inoculados juntamente aos microrganismos. Ao término as placas foram incubadas a uma temperatura a 37 °C por 24 h. Após crescimento microbiano seria feito a medida do halo de inibição dos filmes.

Os ensaios de tração dos filmes de PBAT puro e ativados com óleo de tomilho, conduzidos em máquina universal, seguindo a norma ASTM D-882, a temperatura ambiente nas seguintes condições:

- Velocidade da garra: 5 mm/min;
- Distância inicial entre as garras: 40 mm;
- Dimensão do corpo de prova: 2,5 x 7,5 cm.

As amostras dos filmes de PBAT puro e ativados com óleo de tomilho foi executado através do calorimetria exploratória diferencial (DSC), em equipamento da marca Mettler Toledo, modelo DSC 1 STAR^{e} SYSTEM, utilizando cadinho de alumínio sob atmosfera de nitrogênio (fluxo: 50 mL/min) com massa entre 4 e 10 mg.

As condições de aquecimento da amostra foram realizadas em 3 etapas: No primeiro aquecimento de execução, a amostra foi aquecida desde a temperatura ambiente até 190°C a 10°C/min e mantida no estado de fusão durante 2 min para apagar a história térmica. Em seguida, um arrefecimento subsequente será realizado a partir de 190°C a 0°C a 10°C/min. No segundo aquecimento de execução, a amostra será novamente aquecida de 0°C a 190°C a 10°C/min. para investigar o comportamento de fusão e para medir a cristalinidade dos filmes de PBAT. As temperaturas de fusão, cristalização, a entalpia de fusão e o grau de cristalização foi calculado utilizando o software INTEGRAL.

A análise termogravimétrica para obtenção das faixas de perda de massa dos filmes de PBAT puro e ativados com óleo de tomilho serão obtidos utilizando uma termobalança Perkin Elmer, modelo STA 6000 pertencente à central analítica - DQF - UFPE. Os testes serão realizados com taxa de 10 °C/min, sob atmosfera de nitrogênio, em uma faixa de temperatura de 50-600 °C. Esta análise será realizada no aparelho com as seguintes características: JSM 5600, formato Jeol/EO, versão 1.0, Accel volt 15, MG 4000, MAG 4000, sinal sei, sm, micro marker 5 um, spot size 33, film número 0000, wd 10, vacum, operator general, modelo Quanta 200 FEG.

voltar ao
SUMÁRIO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vários estudos fotoquímicos investigaram a composição do óleo essencial do Thymus vulgaris L. (Figura 01), de fontes e de genótipos diferentes, bem como a sua variação em estações diferentes e durante o ciclo vegetativo da planta (ECHEVERRIGARAY et al., 2001 e HUDAIB et al., 2002), e o óleo essencial de tomilho usado nessa pesquisa apresenta composição compatível com a prevista na literatura verificada através da Espectroscopia no infravermelho

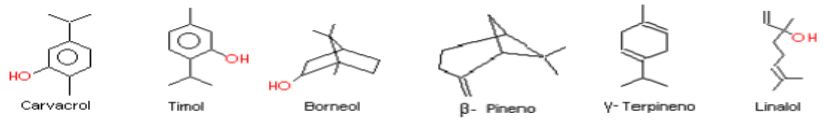


Figura 01 – Fórmula estrutural de algumas substancias presentes no óleo essencial do tomilho. Fonte: ECHEVERRIGARAY et al., 2001 e HUDAIB et al., 2002)

Para verificação das propriedades térmicas através da calorimetria Exploratória Diferencial do filme puro, encontrou –se os seguintes parâmetros para o filme de PBAT puro (os filmes aditivados ainda estão em análise)

Amostras	Tc (°C)	Tm (°C)	ΔHc (J/g)	Xc (%)
PBAT puro	72,91	121,74	15,76	13,83

Tc – Temperatura de cristalização
Tm – Temperatura de fusão
ΔHc - entalpia de fusão
Xc - grau de cristalinidade

Tabela 01. Parâmetros do DSC dos filmes de PBAT puro. Fonte: Autores (2018)

4. CONCLUSÃO

De uma forma mais geral, a pesquisa proposta busca inovação na área de polímeros, despertando, além do interesse acadêmico-científico interesse das indústrias produtoras e

voltar ao
SUMÁRIO

transformadoras desses materiais.

O principal resultado obtido nessa pesquisa será obtenção de um filme polimérico biodegradável inovador para produção de embalagens ativas para indústria alimentícia. Dentre as principais vantagens dessas nova embalagem destaca-se: 1) produto inovador com características adequadas para embalagens seguras para alimentos, podendo até ser destinada para área médico-hospitalar; 2) propriedade similares as das embalagens tradicionais; 3) minimizar a adição de aditivos de substâncias químicas que são diretamente adicionados aos alimentos, gerando para uma parte da população intolerância ao alimento; 4) conservação do ambiente, tanto terrestre como aquático, locais que os plásticos pós – consumo vêm contaminando nas últimas décadas.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, R.S. Avaliação da atividade antimicrobiana entre óleos essenciais obtidos de folhas de manjericão, pimenta de macaco e tomilho patógenos veiculados por alimentos. **Dissertação**, Mestrado em Ciências dos Alimentos 2010. Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras, **71p**, 2010.

BAUER, A. W.; KIRBY, W. M.; SHERRIS, J. C.; TURCK, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 45, n. 4, p. 493 - 496, 1996.

BRASIL, MMA/ MEC/ IDEC. **Consumo Sustentável:** manual de educação. Brasília: Consumers International, 2005. 160 p.

BRANDELERO, R.P.H; GROSSMANN, M.V.; YAMASHITA, F. Hidrofilicidade de Filmes de Amido/Poli (Butileno Adipato Co-Tereftalato) (PBAT) adicionados de Tween 80 e óleo de soja. **Polímeros**,v.23, n. 2, p. 270-275, 2013.

ECHEGOYEN,Y. & NERÍN, C. Performance of an active paper based on cinnamon essential oil in mushrooms quality**. Food Chemistry,** n.170, p. 30 – 36, 2015.

REIS, L.C.B. Formulação e caracterização de filmes biodegradáveis de fécula de mandioca incorporados com polpa de manga e extrato de erva-mate e seu efeito na preservação de alimentos. **Dissertação**, Mestrado em Farmácia, 2011. Salvador – BA. Universidade Federal da Bahia, .151p, 2011.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 54
FILTRAÇÃO EM MARGEM COMO ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA: REVISÃO DA LITERATURA

RIVERBANK FILTRATION AS AN ALTERNATIVE FOR THE WATER TREATMENT: LITERATURE REVIEW

Jonathas Barbosa de Araújo Freitas*, Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral**, Anderson Luiz Ribeiro de Paiva*, Suelen Nascimento dos Santos*, Natalia Batista do Nascimento Silva*.

**Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Grupo de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil **
***Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Grupo de Recursos Hídricos, Professor Orientador, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil ***

RESUMO
A técnica de Filtragem em Margem (FM) consiste na instalação de poços próximos a um manancial superficial e a indução da passagem da água do rio até o poço de produção por meio da diferença de carga hidráulica entre o rio e o lençol freático através da ação de bombeamento. Durante a passagem da água pelo meio poroso, ocorrem processos físicos, químicos e biológicos que melhoram bastante a qualidade da água. Uso e experimentos de FM são cada vez maiores, pois essa técnica é utilizada em muitos países para a melhoria da qualidade de água, por ser eficiente e de custo reduzido. Essa revisão de literatura tem o enfoque de salientar a importância da Filtração em Margem em diversos países ao redor do mundo, no Brasil e em Pernambuco e, consequentemente, mostrar como a FM tem tido respostas positivas mundialmente para o tratamento de água para abastecimento público.

Palavras-Chaves: Filtração em Margem, Tratamento alternativo, Qualidade de água, Abastecimento público.

ABSTRACT
Bank Filtration (BF) consists of installing wells near a river and its water from the river to the production well induced by the hydraulic head difference between the river and the water table caused by the pumping action. During the water flowpath through the porous medium, physical, chemical and biological processes occur that greatly improve water quality. Use and experiments in BF are increasing, because this technique is used in many countries to improve water quality because it is efficient and low cost. This literature review focuses on emphasize the importance of the BF in many countries around the world, in Brazil and in Pernambuco State and, consequently, show how BF has been efficient worldwide for the treatment of water for public supply.

Keywords: Bank filtration, Alternative treatment, Water quality, Public supply.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A Filtração em Margem (FM) é um método alternativo de tratamento d'água que é bastante eficiente e de custo reduzido. Esta técnica se baseia na indução da água superficial de um rio ou lago através da ação de uma bomba instalada em um poço próximo às margens do manancial superficial. A água, ao passar pelos finos do solo, sofre processos que melhoram bastante a sua qualidade. O bombeamento causa um cone de depressão no poço coletor, gerando uma carga hidráulica inferior ao do manancial superficial, induzindo assim a água do manancial até o poço através do meio poroso (RAY, 2002).

Entre os processos em que a água é submetida no sistema de FM, estão os processos físicos, químicos e biológicos que são eficientes na melhoria da qualidade da água em termos de turbidez, micro-organismos, matéria orgânica natural, pesticidas, herbicidas, fármacos e compostos que causam sabor e odor (SAHOO et al., 2005).

A Figura 1 mostra como acontece este fenômeno. A água captada pela bomba é, na verdade, a mistura da água superficial induzida e da água subterrânea (SENS et al., 2006).

Figura 1 – Esquema simplificado da técnica de FM. Fonte: Freitas (2014).

Uma das grandes vantagens da Filtração em Margem é o fato de que o aquífero aluvial é recarregado naturalmente pelo manancial. Por isso, uma das medidas para instalação de um poço coletor de FM é que ele não retire água de um aquífero confinado. As condições ideais para a implantação de sum sistema de FM são os aquíferos permeáveis, de material graúdo, que estejam conectados hidraulicamente com os materiais do leito do rio. (PAIVA, 2009).

voltar ao
SUMÁRIO

Outros pontos importantes a serem considerados são a distância entre o rio e o poço, e a distribuição granulométrica do solo. Ambos influenciam no tempo de viagem das partículas de água. Assim, se o tempo de viagem for muito pequeno, o tratamento não será muito eficiente, pois muitos contaminantes podem não ser removidos. Por outro lado, se o poço for muito distante e/ou o solo for muito fino, a maior parte da água a ser coletada será a própria água subterrânea (SENS et al., 2006).

2. HISTÓRICO DA FILTRAÇÃO EM MARGEM E SUA UTILIZAÇÃO NO MUNDO

Sistemas de FM têm sido operados na Europa desde a década de 1870 (RAY et al., 2002). Na Alemanha, como consequência de grandes epidemias bacterianas causadas por águas retiradas diretamente de rios no fim do séc'ulo XIX, a extração direta de águas superficiais para abastecimento público caiu em descrédito e foi substituída ou suplementada por processos naturais ou artificiais de passagem de água em subsolo por sua eficiência na remoção de micro-organismos.

Atualmente, aproximadamente 16% da água potável na Alemanha é produzida a partir de filtração em margem ou infiltração. Em Berlim, aproximadamente 70% de seu abastecimento de água é produzido a partir da filtração em margem e recarga artificial de águas subterrâneas, o que corresponde a um consumo total de 620.000 m³/dia. (SCHMIDT et al., 2003; PAIVA, 2009). Na Figura 2, é mostrada uma bateria de poços coletores de Filtração em Margem no Lago Tegel, em Berlim.

Segundo Tufenkji, Ryan, e Elimelech (2002), a Filtração em Margem é utilizada como forma de tratamento de até 80% de água para abastecimento na Suíça. Nos Países Baixos são 7%; na Alemanha, 16%; na Hungria, 40%; na Finlândia, 48% e na França, 50%. No resto do mundo, não é tão comum pela melhor disponibilidade de água superficial e subterrânea com boa qualidade.

No entanto, nos últimos anos o uso da Filtração em Margem tem crescido bastante em vários países do mundo. Nos Estados Unidos, esta técnica tem sido usada em estados como Nebraska, Kentucky, Texas e Califórnia; e várias instituições de ensino têm investido em pesquisas relacionadas. De acordo com Hunt (2003), a experiência americana com a filtração

voltar ao
SUMÁRIO

em margem começou em meados da década de 1930. Assim, os Estados Unidos acumulam mais de 80 anos de utilização desta tecnologia.

Figura 2 – Poços de Filtração em Margem no Lago Tegel, em Berlim. Fonte: Freitas (2014).

Enquanto a Europa e Estados Unidos têm usado a FM no processo de abastecimento d'água por várias décadas. Outros países têm iniciado os investimentos nesta técnica muito mais recentemente (HU et al., 2016).

Os países emergentes têm grande potencial para utilização da tecnologia de FM (BOVING et al., 2014). Shamrukh e Abdel-Wahab (2011) afirmam que o principal problema nos países em desenvolvimento não é a falta de disponibilidade de tecnologias, mas sim, ao fato das partes interessadas desconhecerem alternativas disponíveis e sua adequabilidade de uma tecnologia sobre outras em cada situação. O maior desafio é selecionar uma tecnologia apropriada considerando problemas multifacetados incluindo viabilidade técnica e financeira, costumes e práticas, preferências e suporte institucional disponível.

A maioria dos países em desenvolvimento, embora tenham abastecimento de água suficiente, não possuem técnicas nem recursos econômicos para garantir acesso à água potável. Para estes países, existe uma necessidade urgente de desenvolver alternativas às técnicas clássicas de produção de água potável, adaptadas às suas condições econômicas e

voltar ao
SUMÁRIO

sociais (UNESCO, 2009). Assim, a Filtração em Margem se encaixa em sua realidade, por se tratar de uma técnica que depende de um fenômeno natural para produzir água de qualidade (BLAVIER et al., 2014).

Assim, vários países ao redor do mundo – sobretudo países emergentes - têm iniciado pesquisas e operações de Filtração em Margem como alternativa ao tratamento de água convencional nas últimas décadas. A Coréia do Sul iniciou a operação de um sistema de FM em 2001, na cidade de Changwon (LEE; LEE, 2010). No Egito, um sistema de filtração às margens do Rio Nilo foi introduzido para o abastecimento de mais de 30 mil pessoas em 2004 (SHAMRUKH; ABDEL-WAHAB, 2008).

Na Tailândia, foi construído um sistema que simula a colmatação do leito do Rio Ping, na província de Chiang Mai, onde há déficit no abastecimento urbano e grande potencial de implantação do sistema de FM (PHOLKERN et al., 2015). A Malásia também tem iniciado suas contribuições em pesquisas de FM através de modelagens numéricas usando MODFLOW. Estas pesquisas têm sido fruto de sua primeira estação de FM no país, localizada no estado de Selangor (MUSTAFA et al., 2016; SHAMSUDDIN et al., 2015).

Várias pesquisas também foram conduzidas na Índia, onde esta técnica tem mostrado resultados positivos, mesmo em locais onde as águas superficiais apresentam péssima qualidade (BOVING et al., 2014). Muitas cidades deste país já estão usando a técnica de FM. Em várias dessas cidades, nenhum tratamento adicional significante é fornecido para o abastecimento urbano (SANDHU et al, 2011). A FM foi bem-sucedida em rios indianos com alta concentração microbiológica, como o rio Arani. *Escherichia spp*., *Salmonella spp*., *Shigella spp.* e *Clostridium spp*. estavam presentes no rio e foram drasticamente reduzidos com a indução de um poço de produção à 400 metros da margem (PARIMALARENGANAYAKI et al., 2015).

A FM já é bastante utilizada na China. Existem mais de 300 estações de FM, que se concentram, sobretudo, no norte do país. Mais de 50 estações estão localizadas ao longo do Rio Amarelo (HU et al., 2016). Neste país, tem-se conduzido estudos sobre a variabilidade espacial da condutividade hidráulica em rios intermitentes com clima bastante árido (Rio Donghe), e em rios cuja bacia possui clima semi-úmido continental (Rio Weihe) (MIN et al, 2013; WANG et al, 2016). Na China, a FM tem se mostrado uma tecnologia eficiente para aliviar a carência de água, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (HU et al., 2016).

voltar ao
SUMÁRIO

3. FILTRAÇÃO EM MARGEM NO BRASIL

No Brasil, apesar de não haver a utilização da Filtração em Margem no abastecimento público, muitas pesquisas têm sido feitas ao longo dos últimos dez anos. A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) é pioneira em pesquisas sobre esta técnica no país através de seu projeto piloto na Lagoa do Peri, em Florianópolis. Paralelamente, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) através de seu projeto piloto no Rio Beberibe, em Olinda, também tem contribuído significantemente com pesquisas científicas sobre a Filtração em Margem.

Em estudo realizado na Lagoa do Peri, em Santa Catarina, Esquivel, Pizzolatti e Sens (2012) investigaram a qualidade da água obtida por FM com a água bruta da lagoa e a água obtida por tratamento convencional usando filtração direta em uma estação de tratamento local. Os resultados mostraram que a água da lagoa possuía valores elevados de turbidez e cor aparente, parâmetros pelos quais o processo de FM reduziu seus valores na ordem de 90%. Este valor foi superior aos 57% e 60% de remoção de cor aparente e turbidez, respectivamente, pelo processo de filtração direta na ETA.

Como única desvantagem caracterizada no estudo, observou-se condições anóxicas na água obtida no processo de FM. Isto se deve pelo grande processo de biodegradação da matéria orgânica. Mesmo assim, a FM garantiu um bom pré-tratamento na área de estudo, onde necessitous-se da realização de aeração e filtração em areia para complementação do tratamento, processos em que se pôde aproveitar a estrutura da ETA existente no local (ESQUIVEL; PIZZOLATTI; SENS, 2012).

Sens et al. (2006) avaliaram e concluíram que a FM é uma ótima técnica para a remoção de cianobactéricas em pesquisa realizada na Lagoa do Peri. Ainda em Santa Catarina, Romero et al. (2010) provaram a eficácia da técnica de FM em estudo realizado em um lago de aquicultura e no Rio Itajaí do Sul, ambos no município de Ituporanga, onde observou-se um bom resultado na remoção de coliforme totais, *E. Coli* e pesticidas.

Em Pernambuco, vários estudos foram feitos em relação à tecnologia de FM, incluindo dissertações e teses. O projeto piloto existente, onde foram feitas as pesquisas, localiza-se na Estação Elevatória de Caixa D'água às margens do rio Beberibe. Outras informações

voltar ao
SUMÁRIO

importantes serão apresentadas mais adiante neste trabalho.

Além de Pernambuco e Santa Catarina, outras pesquisas têm sido feitas nos últimos anos em projetos pilotos iniciados em outros estados do Brasil. No município de Rio Grande, no Rio Grande do Sul, fez-se um estudo de viabilidade de aplicação da técnica de FM. Constatou-se a necessidade de maior riqueza de dados e informações a respeito das formações hidrológicas e hidrogeológicas do local, com o propósito de escolha do melhor ponto de aplicação (CAMPOS, 2012).

Em Minas Gerais, Rocha e Marques (2016) realizaram uma investigação criteriosa para se conhecer a hidrogeologia local às margens de uma barragem no campus da Universidade Federal de Viçosa, a fim de caracterizar o aquífero e analisar a interação água subterrânea-superficial no sistema de Filtração em Margem. Sendo, então, foi constatada a viabilidade de utilização deste sistema no local.

4. FILTRAÇÃO EM MARGEM EM PERNAMBUCO

Diante da importância da técnica e da necessidade de obtenção de conhecimento sobre novas alternativas para o tratamento de água, em 2007, a UFPE iniciou seus trabalhos sobre Filtração em Margem, em parceria com a COMPESA, como um potencial método de tratamento de água em Pernambuco. Assim, foi implantada a primeira estação experimental de FM no estado, na Estação Elevatória de Caixa d'Água, em Olinda, às margens do Rio Beberibe. Várias pesquisas foram realizadas ao longo dos anos até então (DEMÉTRIO et al., 2013; FREITAS et al., 2015; FREITAS et al., 2017; FREITAS, 2018; PAIVA et al., 2010; VERAS et al., 2014; VERAS et al., 2016; VERAS et al., 2017;).

Desde a sua implantação, foram construídos poços de observação, que são utilizados para o monitoramento piezométricos em diversos pontos da Estação Elevatória de Caixa d'Água, e poços de produção, que são os poços onde são instaladas as bombas. A Figura 3 apresenta a configuração completa dos poços de observação e de produção na estação experimental às margens do rio Beberibe-PE.

Os poços de observação (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP6, SP7 e SP8) foram implantados a partir do aproveitamento dos furos de sondagens feitos para a investigação do subsolo no local com 20 metros de profundidade. Os poços de produção foram construídos

com diâmetro de 150mm, profundidade de 15 metros e filtro entre 6 e 12 metros (PAIVA, 2009).

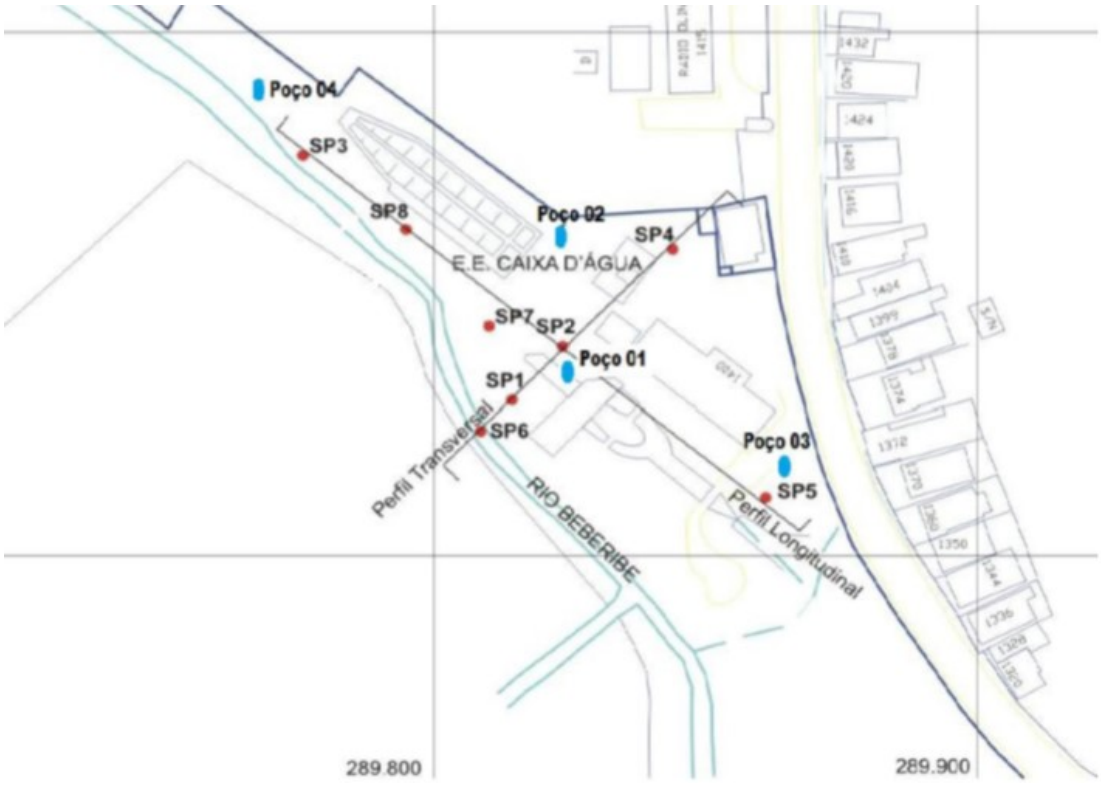


Figura 3. Localização dos poços de observação e de produção na área experimental de Filtração em Margem no rio Beberibe – PE. Fonte: Albuquerque (2015).

Paiva (2009) fez análises hidrogeológicas para a escolha do local de implantação da técnica em Pernambuco. Foi avaliado o desempenho da técnica nas condições locais e constatou o seu bom funcionamento, afirmando a sua capacidade de utilização como forma de tratamento de água para abastecimento urbano (PAIVA, 2009; PAIVA et al., 2010).

Demétrio et al. (2013) estudaram as características hidrogeológicas das aluviões do rio Beberibe, onde constataram que o rio tem comportamento efluente quando as bombas não estão funcionando. Além disso, foi visto que apesar das aluviões às margens do rio serem aquíferos rasos, estes são confinados com recarga linear ao longo rio durante o bombeamento (DEMÉTRIO et al., 2013).

A zona hiporreica do rio Beberibe também foi estudada em seus aspectos físicos e biológicos, utilizando ensaios de infiltração e granulométricos e a caracterização biológica

voltar ao
SUMÁRIO

através de investigação da meiofauna hiporreica. Foram feitas análises qualitativas que reforçaram os resultados satisfatórios da técnica. (ALBUQUERQUE et al., 2014; FREITAS, 2018; VERAS et al., 2014; VERAS et al., 2016 ; VERAS et al., 2017).

No rio Beberibe, constatou-se a presença de micro-organismos patogênicos como *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. A FM foi eficiente na remoção destes protozoários. Assim, não foi identificada nenhuma forma de parasita patogênico de veiculação hídrica nos poços de produção (FREITAS et al., 2015; FREITAS et al., 2017).

Santos et al. (2014) pioneiramente fizeram estudos sobre a FM fora do projeto-piloto do rio Beberibe em Pernambuco. O objeto de seu estudo foi a implantação de um sistema de FM no agreste pernambucano, no reservatório de Mundaú, localizado no município de Garanhuns-PE. Este reservatório se encontrava bastante poluído e eutrofizado e a técnica de filtração em margem apresentou resultados bastante positivos, eliminando as cianobactérias presentes no reservatório e melhorando a qualidade físico-química da água. Mas, houveram problemas com a concentração de ferro, devido a teores já presentes no solo.

Guedes et al. (2018) compararam os dados de concentração de ferro na água produzida pelo sistema de FM em Garanhuns-PE com o de Ituporanga-SC. Em ambos os sistemas, a concentração de ferro na água de FM foi superior à da água do manancial superficial. Foi constatado que, apesar do solo da região do agreste pernambucano se caracterizar por possuir uma menor quantidade de ferro em relação à região onde se localiza a cidade catarinense, foi observado uma concentração maior de ferro na água obtida em Garanhuns-PE, indicando que neste sistema houve uma maior transferência de ferro do aquífero para água durante o processo de FM.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todos os resultados positivos em vários locais do mundo obtidos através da técnica de Filtração em Margem apresentados neste artigo, fica evidente a sua importância como um bom método alternativo para o tratamento de água para abastecimento, levando em consideração os seus aspectos econômicos e qualitativos.

Além destes dois aspectos, a utilização da FM tem apresentado forte influência positiva sobre aspectos sociais, sobretudo em países em desenvolvimento, que devido à

voltar ao
SUMÁRIO

facilidade de implantação e do menor custo envolvido nesta técnica, resulta em um maior acesso à água de boa qualidade em comunidades menos favorecidas.

As pesquisas a respeito da FM já realizadas no Brasil, e especialmente em Pernambuco, são muito importantes para a comprovação da eficácia desta técnica na remoção de contaminantes, assim como, para dar informações que aprofundem o conhecimento sobre a FM considerando as características locais.

Desta maneira, a FM mostra-se como uma alternativa mundialmente comprovada para o tratamento de água. É necessário, porém, a continuação das pesquisas sobre o tema tendo por objetivo contribuir para um melhor desenvolvimento desta técnica, buscando bons resultados a fim de oferecer à população do Brasil e do mundo um melhor acesso à água de boa qualidade.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro nas pesquisas sobre a Filtração em Margem realizadas em Pernambuco pelo Grupo de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco).

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T.B.V. **Caracterização física e biológica da Zona Hiporreica na interação rio-aquífero no Rio Beberibe – Pernambuco**. Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Tese de Doutorado. Recife – PE, 2015.

ALBUQUERQUE, T. B. V.; CABRAL, J.J.S.P. ; PAIVA, A.L.R. ; BARCELLOS, R. L. ; FREITAS, D.A. Uso do infiltrômetro de cilindro na investigação do fluxo vertical de água na zona hiporreica: estudo de caso no rio Beberibe- PE. **Anais do XII Simpósio de Recursos Hidrícos do Nordeste**. Porto Alegre, RS. In: XII Simpósio de Recursos Hidrícos do Nordeste, 2014, Natal - RN. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014. p. 1-10.

BLAVIER, J.; VERBANCK, M.A.; CRADDOCK, F.; LIÉGEOIS, S.; LATINIS, D.; GARGOURI, L.; RUA, G.F.; DEBASTE, F.; HAUT, B. Investigation of Riverbed Filtration Systems on the Parapeti River, Bolivia. **Journal of Water Process Engineering**, v.1, p27-36, 2014.

voltar ao
SUMÁRIO

BOVING, T.B. CHOUDRI, B.S. CADY, P. CORDING, A. PATIL,K. REDDY, V. Hydraulic and Hydrogeochemical Characteristics of a Riverbank Filtration Site in Rural India. **Water Environment Research**, v. 86, n. 7, p. 636-648, 2014.

CAMPOS, L.P.S. **Filtração em Margem no tratamento de água: avaliação da aplicação da técnica no manancial da lagoa do Peri, Santa Catarina, e análise prévia de viabilidade de aplicação em Rio Grande, Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Santa Catarina, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso, 2012.

DEMÉTRIO, J.G.A.; PAIVA, A.L.R.; FREITAS, D.A.; CABRAL, J.J.S.P. Características hidrogeológicas das aluviões do rio Beberibe na área da bateria de poços no bairro de Caixa D'água, Olinda-PE. **Águas Subterrâneas**, v.27, p.111-126, 2013.

ESQUIVEL, L.; PIZZOLATTI, B.; SENS, M. Tratamiento de agua potable por filtración inducida em uma laguna costera em el sur de Brasil. In: ROMERO, L; SEGALLA, B; LUIZ, M. **Tecnología en Marcha**. v. 25, n 4, p.23-32, 2012.

FREITAS, D. A. **Uso da técnica de filtração em margem para remoção de cryptosporidium spp. e giardia spp. e outros micro-organismos patogênicos no rio Beberibe – Pernambuco**. Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Tese de Doutorado, Recife – PE , 2014.

FREITAS, D.A.; PAIVA, A.L.R.; CARVALHO FILHO, J.A.A.; CABRAL, J.J.S.P.; ROCHA, F.J.S. Occurrence of Cryptosporidium spp., Giardia spp. And other pathogenic intestinal parasites in the Beberibe River in the State of Pernambuco, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 48, p. 220-223, 2015.

FREITAS, D.A.; CABRAL, J.J.S.P.; ROCHA, F.J.S.; PAIVA, A.L.R.; SENS, M.L.; VERAS, T.B.A. Cryptosporidium spp. and Giardia spp. Removal by bank filtration at Beberibe river, Brazil. **River Research and Applications**, v. 33, p. 1-9, 2017.

FREITAS, J.B.A. **Caracterização da zona hiporreica no trecho médio do rio Beberibe considerando aspectos biológicos e sedimentológicos**. Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Dissertação de Mestrado. Recife – PE, 2018.

GUEDES, T.L.; MICHELAN, D.C.; SANTOS, L.L.; PAIVA, A.L.R.; BURGARDT, T.; CABRAL, J.J.S.P.; DALSASSO, R.L.; SENS, M.L. Occurrence of iron in bank filtration wells: case studies in Ituporanga (SC) and Garanhuns (PE). **Desalination and Water Treatment**, v. 101, p. 170-177, 2018.

HU, B.; TENG,Y.; ZHAI, Y.; ZUO, R.; LI, J.; CHEN, H. Riverbank Filtration in China: A Review and Perspective. **Journal of Hydrology**, v. 541, Part B, p. 914-927, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

HUNT, H. American Experience in Installing Horizontal Collector Wells. In: RAY, C. MELIN, G. LINSKY, R. **Riverbank Filtration: Improving Source- Water Quality**. Water Science and Technology Library. 2003

LEE,S.I.; LEE, S.S. Development of site suitability analysis system for riverbank filtration. **Water Science and Engineering**, v. 3, n. 1, p.85-94, 2010.

MIN, L; JINJIE, Y; CHANGMING, L; ZHU, J; WANG, P. The Spatial variability of streambeds vertical conductivity in na intermitente river, northwestern China. **Environmental Earth Sciences**, v. 69, p. 873-883, 2013.

MUSTAFA, S.; BAHAR, A.; AZIZ, Z.A.; SURATMAN, S. Modelling contaminant transport for pumping wells in riverbank filtration systems. **Journal of Environmental Management,** v.165, p.159-166, 2016.

PAIVA, A. L. R.; CABRAL, J.J.S.P.; DEMÉTRIO, J.G.A.; SOBRAL, M.C.M. Filtração em Margem para indução de recarga e melhoria da qualidade de água – Estudo de caso: Rio Beberibe. Revista **Águas Subterrâneas**, v. 24, n.1, p. 103-114, 2010.

PAIVA, A. L. R. **O processo de Filtração em Margem e um Estudo de Caso no rio Beberibe**. Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Tese de Doutorado. Recife – PE, 2009.

PARIMALARENGANAYAKI, S.; BRINDHA, K.; SANKARAN, K.; ELANGO,L. Effect of recharge from a check dam and river bank filtration on geochemical and microbial composition of groundwater. **Saudi Society for Geosciences**, v. 8, n. 10, p. 8069-8076, 2015.

PHOLKERN, K; SRISUK, K; GRISCHEK, T; SOARES, M; SCHAFER, S.; ARCHWICHAI, L.; SARAPHIROM, P.; PAVELIC, P.; WIROJANAGUD, W. Riverbed clogging experiments at potential river bank filtration sites along the Ping River, Chiang Mai, Thailand. **Environmental Earth Sciences**, v.73, p7699-7709, 2015.

RAY, C. GRISCHEK, T. SCHUBERT, J. WANG, J. SPETH, T. A perspective of riverbank filtration. **American Water Works Association Journal**, v.94, n.4, Technology Collection, p. 149, 2002.

RAY, C. Riverbank filtration: Understanding contaminant biogeochemistry and pathogen removal. NATO Sciente Series. IV Earth and Environmental Sciences – v. 14, 2002.

ROCHA, S.; MARQUES, E. Caracterização Hidrogeológica de um Sistema de Filtração em Margem de Lago. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ. v.38, n.1, p.133-141, 2016.

ROMERO, L.; PIZZIOLATTI, B.; SOARES, M.; MICHELAN, D.; SENS, M. Bank filtration: Application in rural areas. Case studies in Santa Catarina, Brazil. **21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment 2010**; Guacimo;

voltar ao
SUMÁRIO

Costa Rica; 21 February, 2010.

SAHOO, G.B.; RAY, C; WANG, J.Z.; HUBBS, S.A.; SONG, R.; JASPERSE, J.; SEYMOUR, D. Use of artificial neural networks to evaluate the effectiveness of riverbank filtration. **Water Research**, v.39, p. 2505-2516, 2005.

SANDHU, C.; GRISCHEK, T.; KUMAR, P.; RAY, C. Potential for riverbank filtration in India. **Clean Technologies & Environmental Policy**, v. 13, n.2, p.295-316, 2011.

SANTOS, L.L.; CABRAL, J.S.P.; CIRILO, J.A.; FREITAS, D.A.; SENS, M.L.; ARAGÃO, R.; BARROS, T.H. Aplicação da tecnologia de filtração em margem para população difusa no Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 49-58, 2014.

SCHMIDT, C.K.; LANGE, F.T.; BRAUCH, H.; KÜHN, W. Experiences with riverbank filtration and infiltration in Germany. TWZ-Report. DVGW – Water Technology Center (TZW), Germany. 2003.

SENS,M. L.; DALSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; MELO FILHO, L. C. **Filtração em margem**. In: Pádua, V. L. (coord). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano. Rio de janeiro: ABES- Prosab 4, p.173-236, 2006.

SHAMRUKH, M.; ABDEL-WAHAB, A. Riverbank filtration for sustainable water supply: application to a large-scale facility on the Nile River. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.10, n. 4, p. 351–358, 2008.

SHAMRUKH, M.; ABDEL-WAHAB, A. Water Pollution and Riverbank Filtration for Water Supply Along River Nile, Egypt. In: RAY, C.; SHAMRUKH, M. **Riverbank Filtration for Water Security in Desert Countries**. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Cap. 2. 2011.

SHAMSUDDIN, M.K.N.; SURATMAN, S.; ZAKARIA, M.P.; ARIS, A.Z.; SULAIMAN, W.N. Using particle tracking as a tool sustainable bank infiltration techniques: a case study in an alluvial área. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 8, n. 3, p.1571-1590. 2015.

TUFENKJI, N.; RYAN, J. N.; E ELIMELECH, M. Bank filtration: a simple technology may inexpensively clean up poor-quality raw surface water. **Environmental Science & Technology**. Colorado, USA, v. 36, n. 21, p. 423-428, 2002.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **United Water in a Changing World, The United Nations World Water Development Report 3**, World Water Assessment Programme. Istanbul, Turkey. 2009.

VERAS, T. B.; CABRAL, J. J .S .P .;PAIVA, A.L R; BARRETO, A. F. S., Interação rio-aquífero e a meiofauna do ambiente hiporreico. **Águas Subterrâneas**, v.31, n. 1, p.20-35,

voltar ao
SUMÁRIO

2017.

VERAS, T.B. ; CABRAL, J. J. S. P. ; PAIVA, A. L. R.; BARCELLOS, R.L. Vertical hydraulic gradient research in hyporheic zone of Beberibe river in Pernambuco State (Brazil). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, p. 674-684, 2016.

WANG, L.; SONG, J.; ZHANG, B.; GUO, H. Spatial and temporal variations of streambed vertical hydraulic conductivity in the Weihe River, China. **Water**, v. 8, n. 70, p. 1-16, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 55
O USO DAS PLANTAS NA DEPURAÇÃO NATURAL DOS AMBIENTES HÍDRICOS

APPLICATION OF NATURAL FORMS IN THE TREATMENT OF EFFLUENTS: THE USE OF PLANTS IN THE PURIFICATION OF SMALL WATER ENVIRONMENTS

Rutt Keles Alexandre da Silva[*], Jadson Freire da Silva[**], Clécia Pereira da Silva[***], Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita[****], Josimar Vieira dos Reis[*****]

**Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
***Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
****Residente em Saúde Coletiva do Instituto Aggeu Magalhães (IAM), Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ-PE), Brasil.*
*****Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*
******Doutorando em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*

RESUMO

Na alimentação de animais e no cultivo de policulturas observa-se a necessidade dos agricultores, sobretudo os da agricultura familiar, de manter corpos hídricos próximos de suas lavouras ou residências; desta forma, a manutenção de pontos essenciais para a vida dos indivíduos é mantida. Em alguns casos, a distância impede que o Estado promova ações de tratamento de água, podendo assim, expor o cidadão a uma água fora das condições de consumo. A natureza consegue promover a limpeza de suas águas por conta própria, esse fenômeno é intitulado autodepuração; entretanto, plantas aquáticas também auxiliam esse processo e podem ser usadas como tecnologia para dar suporte na limpeza de pequenos corpos hídricos. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo levantar via revisão bibliográficas as plantas que mantém essa habilidade e suas contribuições na depuração de ambientes aquáticos. Observou-se que as macrófitas citadas no trabalho como o aguapé (Eichhornia crassipes), a Orelha-de-Onça (Salvinia auriculata), a Lemnáceas (Lemnaceae), a Azolas (da família Salviniaceae), o alface-d'água (Pistia stratiotes), a Typha (taboa) e o Eleocharis (cebolinha) possuem características comprovadas no tratamento de materiais em corpos hídricos, e desta forma estas podem contribuir no manejo sustentável e alternativo hídrico e suas relações com a sociedade, economia e bem-estar.

Palavras-Chaves: Tecnologias Sociais, Ambientes Aquáticos, Plantas aquáticas.

ABSTRACT

In the feeding of animals and in the cultivation of polycultures, it is observed the need of the farmers, especially those of the family agriculture, to maintain water bodies close to their crops or residences; in this way, the maintenance of essential points for the life of individuals is maintained. In some cases, distance prevents the State from promoting water treatment actions, thus exposing citizens to water that is out of consumption. Nature can promote the cleaning of its waters on its own, this phenomenon is called self-purification; however, aquatic plants also help this process and can be used as a technology to support the cleaning of small water bodies. In view of the above, this work aims to raise via bibliographic review the plants that maintain this ability and their contributions in the purification of aquatic environments. It was observed that the macrophytes mentioned in the work such as Eichhornia crassipes, Salmonia auriculata, Lemnáceas (Lemnaceae), Azolas (Salviniaceae family), water lettuce (Pistia stratiotes), Typha (taboa) and Eleocharis (chives) have proven characteristics in the treatment of materials in water bodies, and in this way they can contribute to sustainable and alternative water management and their relations with society, economy and well-being..

Keywords: Social Technologies, Aquatic Environments, Aquatic Plants.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

No ambiente campestre, para cultivar as roças ou alimentar os animais necessita-se de corpos hídricos próximos às residências, em especial nas áreas de agricultura de subsistência. É comum observar a presença de riachos, barreiros, pequenas barragens ou olhos d'agua represados, sairá destes lugares boa parte da água consumida pelas famílias e suas respectivas formas de sobrevivência. Nessa perspectiva, é de total importância manter as águas em melhor condição possível, através do tratamento, facilitando ao máximo sua conservação, mesmo que seja água para fins secundários, como a reutilização.

É nestes casos que formas alternativas e naturais de tratamento de água e efluentes são aplicados; uma vez que algumas plantas conseguem auxiliar na depuração das águas e, desta forma, reduzir os gastos das famílias campesinas com químicos. Além do mais, a relação sociedade-natureza fortalece-se com estes atos diretos, dando margem à uma série de reflexões. Dentre uma gama de plantas, a mais conhecida nesse processo é o aguapé (*Eichhornia crassipes)*, que além de cumprir a função paisagística, cumpre também a função ecológica de reter tóxicos da água.

Observando a importância das formas alternativas de tratamento de efluentes e a capacidade das plantas aquáticas em atuar nessa esfera, este trabalho tem como objetivo avaliar, por intermédio da revisão bibliográfica, as plantas que possuem as características de depuração hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa foi a revisão bibliográfica. De acordo com Souza, Kantorski e Luis (2011) os artigos científicos e outros documentos suplementares são datados escritos que proporcionam o suporte de informações referentes à compreensão de fatos ou relações físicas, humanas e naturais. Assim, possibilitam o conhecimento de períodos da história da humanidade, manifestações e/ou aspectos sociais de um determinado grupo. A revisão bibliográfica ou a análise documental se inclui no resgate desses momentos, trazendo para os dias atuais além destes fatos, novas visões reflexivas que ajudem a colaborar com melhorias do assunto a ser abordado ou com aspectos que dependem diretamente das informações resgatadas.

voltar ao
SUMÁRIO

Deste modo, o trabalho utilizou mecanismos de pesquisas de âmbito acadêmico, tal qual o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, *Scientific Electronic Library Online*, *SciVerse Scopus* e Google acadêmico para sondar artigos sobre o tema em questão. Estes sítios virtuais de pesquisas servem de suporte para *download* de textos locados em periódicos com alta credibilidade no meio acadêmico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Pott e Pott (2002) todas as plantas podem ser consideradas como despoluidoras, todavia, as aquáticas (Figura 1) além de despoluir, embelezam a região, controlam insetos e o mau odor. A Orelha-de-Onça (*Salvinia auriculata*) (Figura 1C) possui grande capacidade de remover ou acumular metais pesados, todavia, após acumulação destes metais, o vegetal deve ser destinado corretamente, não podendo ser usado como adubo (AMARAL; BITTRICH, 2002). As Lemnáceas (*Lemnaceae*), Azolas (da família *Salviniaceae*) e os alface-d'água (*Pistia stratiotes)* (Figura 1B) auxiliam no controle de patógenos, insetos e reduzem as algas. Por sua vez, a *Typha* (taboa) (Figura 1D) e *Eleocharis* (cebolinha) foram testadas em ambientes hídricos e resultaram em ótimas absorções de sólidos suspensos e coliformes fecais (NACKE et al., 2006; POTT; POTT 2002).

Figura 1. Plantas aquáticas despoluidoras. A- *Eichhornia crassipes;* B- *Pistia stratiotes*; C- *Salvinia auriculata;* D- *Typha.* **Fontes**: www.floresefolhagens.com.br/; www.plantasquecuram.com.br/.

Diante das diversas plantas com capacidade de depuração, o aguapé (*Eichhornia*

voltar ao
SUMÁRIO

crassipes) (Figura 1A) é a mais comum a ser utilizada. De origem sul-americana e beleza ímpar, esta foi rapidamente acolhida pelas residências em diversas regiões do mundo, sendo dessa forma, uma planta exótica (de caráter invasor) em alguns países (MARTINS; PITELLI, 2005). Variando na sua altura de alguns centímetros até um metro, sendo suspensas livremente na água ou fixas em ambientes hídricos rasos, o aguapé tem um processo reprodutivo violento. Isto é, sua capacidade de reprodução fulminante faz com que grandes extensões aquáticas sejam ocupadas em curto período temporal, favorecendo a criação de uma biota constituída de insetos, larvas e moluscos (dando suporte a alimentação dos peixes); a dificuldade de navegação e pesca também pode ser comprometida quando há uma expressiva quantidade de aguapés (MARTINS, PITELLI, 2005; VELINI, 2000).

No clássico estudo de Perazza, Pereira e Martins (1981) os autores mostraram a polivalente aptidão da planta em purificar ambientes, de suprir proteínas e produzir gás combustível. Sobre a purificação de ambientes aquáticos, vários autores pontuaram a eficiência do aguapé em remoção de cádmio e níquel de águas poluídas (OLIVEIRA et al., 2001; RODRIGUES et al., 2016; WOLVERTON, 1975); remoção de fenóis de águas poluídas; remoção de chumbo e mercúrio (NACKE et al., 2006); remoção de poluentes de águas residuais (WOLVERTON; MCDONALD, 1976) e a remoção de águas e bactérias de águas residuais (MOSSE; CHAGAS; TERRA, 1979); constatando assim, a relevância da planta para atividades depuradoras.

Vale ressaltar que a criação de um plano integrado que abarque atividades de pós processamento das plantas utilizadas na depuração de poluentes é extremamente necessário para que haja além da rotatividade das plantas, o reuso da mesma em atividades secundárias que gerem resultados econômicos e sustentáveis satisfatórios. A manutenção do ambiente através da abertura de canais para navegação e diversão/lazer também é importante, uma vez que as plantas aquáticas vêm a multiplicar-se rapidamente, podendo desta forma, aumentar a população de insetos portadores de vetores bem como elevar a quantidade de materiais em decomposição no fundo do corpo hídrico.

4. CONCLUSÃO

Os estudos e a utilização das plantas aquáticas atuando na limpeza de corpos hídricos (principalmente os menores) não é nova; todavia, diversos trabalhos podem ser desenvolvidos

voltar ao
SUMÁRIO

e atualizados acerca da temática, não apenas para o estudo da depuração da água, mas também no controle e monitoramento dessas plantas, uma vez que a aplicação desenfreada poderá causar efeito inverso ao que é competido. Observou-se que as macrófitas citadas no trabalho como o aguapé (*Eichhornia crassipes),* a Orelha-de-Onça (*Salvinia auriculata*), a Lemnáceas (*Lemnaceae*), a Azolas (da família *Salviniaceae*), o alface-d'água (*Pistia stratiotes),* a *Typha* (taboa) e o *Eleocharis* (cebolinha) possuem características comprovadas no tratamento de materiais em corpos hídricos, e desta forma estas podem contribuir no manejo sustentável e alternativo hídrico e suas relações com a sociedade, economia e bem-estar.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento SERGEO/UFPE pelo espaço dado e o Laboratório de Pesquisas Geográficas NUVEM pelo apoio a pesquisa acadêmica.

6. REFERÊNCIAS

AMARAL, M. C. E.; BITTRICH, V. Laguinhos. **Mini-ecossitemas para escolas e jardins**. Ribeirão Preto: Ed. Holos. 2002, 89 p.

MARTINS A.T.; PITELLI, R.A. Efeitos do manejo de *Eichhornia Crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005

MOSSE, R.A; CHAGAS, J.M.; TERRA, A.R.S. Utilização de aguapé em lagoas de maturação para remoção de algas e coliformes em efluentes de lagoas de estabilização. 8º congresso latino-americano de microbiologia. **Anais...** Chile, outubro de 1979.

NACKE, H.; GONÇALVES-JUNIOR, A.C.; SELZLEIN, C.; GOMES, D.G. Aplicabilidade do aguapé (*Eichhornia Crassipes*) na remoção de chumbo presente em biofertilizante de origem suína. In: I Simpósio Nacional de Engenharia de Pesca. **Anais** ... Toledo, Paraná, 2006.

OLIVEIRA, A.O.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; JORDÃO, C.P. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvínia. **R. Bras. Fisiol. Veg**, v. 13, n.3, p.329-341, 2001.

PERAZZA, M.C.M.; PEREIRA, D.N.; MARTINS, M.T. O Aguapé: meios de controle e possibilidades de utilização. **Revista DAE,** v. 125. p. 18-25, 1981.

POTT, V. J.; POTT, A. Potencial de uso de plantas aquática na despoluição da água. **Embrapa documentos**, Campo Grande, v. 133, pg 1-29, 2002.

voltar ao
SUMÁRIO

RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, A. M.; SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. B. A. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Rev. Virtual Quim**, v.8, n.1, p. 262-276, 2016.

SOUZA, J; KANTORSKI, L, P; LUIS, M, A.V. Análise documental e observação participante na pesquisa em saúde mental. **Revista Baiana de Enfermagem**, Salvador, Vol. 25, Num. 2, 2011. p. 221-228.

VELINI, E. D. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas, 2000. Foz do Iguaçu. **Anais**... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 137-147.

WOLVERTON, B.C. Water hyacinths for removal of cadmium and nickel from polluted waters. **NASA Technical Memorantum TM-X-72721**, p.99, 1975.

WOLVERTON, B.C.; McDONALD, R.C. Water hyacinths (Eichornia Crassipes) for removing themical and photographic pollutants form laboratory wastewaters. **NASA Techninal Memorandum TM-X-72731**, p.10. 1976.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 56
PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE BATATA-DOCE PUTRIFICADA

PRODUCTION OF ETHANOL THROUGH PUTRID SWEET POTATO

Iasmin Constantino Barbosa do Nascimento*, Ivo Lourenço da Silva, Maria Clara Pestana Calsa **.

*Departamento de Engenharia Química, UNINASSAU, Universidade Maurício de Nassau, Brasil. *
Departamento de Engenharia Química, UNINASSAU, Universidade Maurício de Nassau, Brasil.
Departamento de Engenharia Química, UNINASSAU, Universidade Maurício de Nassau, Brasil. **

RESUMO
A procura por combustíveis derivados de energias renováveis intensificou, acarretando o aumento de pesquisas para encontrar outras fontes de biomassa que possam produzir álcool. No Brasil o etanol é um dos combustíveis mais promissores. Logo, este trabalho teve como objetivo a extração de etanol através da utilização da batata-doce imprópria para consumo humano, recuperada na Ceasa-PE e analisada no laboratório da Uninassau. Realizaram-se alguns procedimentos, tais como: pré-lavagem da batata-doce, sanitização a partir do hipoclorito, pesagem de pedaços da matéria-prima, processamento no liquidificador, formação do mosto submetido a tratamento térmico e posteriormente resfriado. Realizou-se análises do Brix com refratômetro e pH. No mosto de batata-doce foi adicionado uma mistura, com levedura *Saccharomyces cerevisiae*, açúcar e a enzima ptialina. Em cada amostra variou a quantidade de mosto obtida, durante 5 dias ficou fermentando, seguindo-se de uma destilação simples. Foram obtidas 3 réplicas experimentais do álcool, na qual foram feitas análises qualitativamente da densidade do produto e o teor alcoólico utilizando o método do densímetro na escala Gay-Lussac e Cromatografia Gasosa. Comprovou-se a eficiência nas amostras, já que todos os resultados comprovaram a presença de álcool 38% pelo método do densímetro eletrônico digital e 45% pelo método de densímetro na escala Gay-Lussac. Além de observar que quanto maior a concentração da batata-doce, maior o rendimento de açúcares no hidrolisado, foi possível constatar que o teor de álcool dos produtos aumentou mediante a amostra que obteve a maior concentração da matéria-prima.

Palavras-chave: Álcool, Biomassa, Fermentação, Energia renováveis.

ABSTRACT
Demand for fuels derived from renewable energies has intensified, leading to increased research to find other sources of biomass that can produce alcohol. In Brazil ethanol is one of the most promising fuels. Therefore, the objective of this work was to extract ethanol through the use of sweet potatoes not suitable for human consumption, recovered in Ceasa-PE and analyzed in the Uninassau laboratory. Some procedures were carried out, such as: pre-washing sweet potato, sanitizing from hypochlorite, weighing pieces of the raw material, processing in the blender, forming the wort undergoing heat treatment and then cooled. Brix analyzes were carried out with refractometer and pH. In the sweet potato wort a mixture was added, with yeast Saccharomyces cerevisiae, sugar and the enzyme ptyalin. In each sample the amount of must obtained varied, during 5 days it was fermenting, followed by a simple distillation. Three experimental replicates of the alcohol were obtained, in which qualitative analyzes of product density and alcoholic content were performed using the Gay-Lussac and Gas Chromatography scale. The efficiency of the samples was verified, since all the results confirmed the presence of alcohol 38% by the digital electronic densitometer method and 45% by the densimeter method in the Gay-Lussac scale. In addition, it was observed that the higher the sweet potato concentration, the higher the sugar yield in the hydrolyzate, the higher the concentration of the raw material.

Keywords: Alcohol, Biomass, Fermentation, Renewable energy.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Em 1970, o petróleo passou por uma crise, com isso, o etanol começou a se destacar, por intermédio do programa nacional do Álcool – Proálcool, cujo principal intuito do governo foi promover a produção de etanol, para obtenção da autonomia energética.

Atualmente, o mundo continua passando por vários impactos ambientais, pelo que se tornou necessário procurar meios de substituição de fonte de energia não renovável por fontes renováveis. A expectativa para produção de etanol é bastante positiva, já que, possui uma ampla adequação tanto de razões ambientais quanto físicas.

De acordo com Aranha (2015), o maior produtor de etanol é os Estados Unidos com 54%, na frente apenas do Brasil que está com 33%, e é o maior exportador. Devido a sua extensa mudança territorial e diversificação climática, no Brasil existe a possibilidade de usar variadas culturas, grandes partes delas com atributos para a produção de etanol. Uma dessas extensões é a batata-doce (I*pomoea batatas L.* (Lam.)) que torna possível a produção do etanol.

Um dos motivos do êxito na usina apenas com batata-doce é que pode ser o diferencial da colheita, que pode ser realizada até três períodos anuais, enquanto a cana só um período anual. De acordo com Goldemberg (2015), a quantidade de extração de álcool da raiz tuberosa alcança uma porcentagem 2 vezes maior que correlacionado ao da cana-de-açúcar e os baixos custos de produção de batata-doce. Outro aspecto que pode ser levantado é a possibilidade da inclusão social para agricultura familiar, melhorando a renda de pequenos produtores. Um diferencial proveitoso para o pequeno produtor é que' a batata-doce é uma planta rústica, de simples adequação e além do manuseio ser acessível (PEREIRA, 2015).

O sistema de bioenergia brasileiro tem algumas individualidades para inclusão da fonte em questão. Conforme assegura Silveira (2015) as fundamentais particularidades para que a cultura se torne uma escolha real no programa brasileiro de bioenergia são: elevado teor de matéria seca, alta produtividade, resistência a insetos de solo e doença. Uma particularidade importante ao decorrer da fermentação é o protótipo de processo fermentativo utilizado. A seleção dependerá das propriedades cinéticas dos microrganismos e as espécies de material a ser fermentado, além dos custos (SILVEIRA, 2015). Esta pesquisa teve por objetivo a comparação do rendimento e da eficiência do processo fermentativo do mosto

voltar ao
SUMÁRIO

hidrolisado de batata-doce, utilizando linhagens de Saccharomyces cerevisiae (DANTAS, 2015).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área do estudo

Desenvolveu-se o projeto na cidade do Recife-PE em etapas distintas descritas a seguir. Em abril de 2017 realizou-se a primeira reunião, quando foram apresentadas as propostas do trabalho, com o intuito de levantar as ações e projetos já desenvolvidos por outros pesquisadores, os quais seriam enriquecidos, bem como aprimorados com o apoio da orientadora. Iniciam-se no mês de junho as pesquisas em laboratório.

A matéria-prima utilizada no projeto foi à batata-doce, que possui um maior desempenho se cultivada em áreas com clima tropical ou subtropical, já que é indicado temperatura acima de 20°C e o pH entre 5,5 a 6,5 (EMBRAPA, 2015). Em Pernambuco, estado onde realizou o experimento, possui um vasto cultivo da batata-doce levando em consideração os principais fatores o clima, o solo arenoso e boa luminosidade.

De acordo com o IBGE (2015), no estado de Pernambuco, a cidade de Buíque foi uma das principais produtoras de batata-doce, pois sua quantidade produzida foi equivalente a 4.800 toneladas com rendimento médio de 12.000 kg/ha. Apesar de todos esses fatores positivos, existe um grande desperdício desse tubérculo, aproximadamente 40% é descartada.

Nesse estudo a batata-doce utilizada foi de variação de cultivo Duda que foi adquirida na Ceasa – Recife /PE, onde foram selecionadas as que se encontrava imprópria ao consumo humano. Após adquirir a batata-doce de variação de cultivo Duda, realizaram-se os procedimentos a seguir:

2.2 Higienização da batata-doce

A batata-doce selecionada para o processo foi pré-lavada com água e posteriormente realizou-se o mecanismo de corte com a utilização de uma faca de aço, que se encontrava limpa e sanitizada devido ao risco de contaminação do objeto a batata-doce, e novamente lavada.

voltar ao
SUMÁRIO

Em seguida, submeteu em um recipiente que possuía uma solução de hipoclorito de sódio em 10%, que é um sal de alto poder oxidante, e teve como função a higienização do tubérculo, por onde permaneceu por dez minutos.

2.3 Lavagem e trituração

A batata-doce após ser retirada da solução, realizou-se uma nova lavagem para retirada do excesso da solução. Ao decorrer, efetuou-se o corte da matéria-prima em pequenos pedaços, que dividiu nas amostras 1, 2 e 3, após ocorreu o processamento.

2.4 Derivação da enzima e da linhagem de levedura

Utilizou-se a enzima ptialina, que foi obtida através de 4mL de saliva e 1mL de água destilada, retirou-se 0,5 mL da enzima que foi adiciona nas amostras 1 e 2, realizando a quebra das moléculas, ocasionando a hidrólise do amido. Enquanto, a linhagem de Saccharomyces cerevisiae, que foi obtida a partir da linhagem de panificação (Fleischmann®), teve a finalidade de manipulação da fermentação da batata-doce.

2.5 Formação do mosto fermentativo

No primeiro experimento ocorreu a preparação do mosto, onde colocou-se aproximadamente 200,05 g da batata-doce e 500mL de água destilada. Logo após a mistura foi submetida a aquecimento a 90 °C para gelificação do amido. Quando a temperatura de 69°C foi alcançada, adicionou-se a enzima α-amilase, a mistura foi mantida na mesma temperatura por 30 min, para hidrólise da cadeia linear do amido.

Depois de finalizar essa fase de hidrólise, o mosto foi resfriado até aproximadamente 30°C. O pH final do mosto ficou entre 5,0 e 6,0.

Colocou-se no liquidificador 151,05g de açúcar, adicionou 4,53g de levedura Saccharomices cerevisiae e 500mL de água destilada, após fazer-se a mistura no liquidificador colocou-se a solução no béquer onde já continha o mosto da batata-doce, na concentração de 15º Brix. Misturou-se até formar uma mistura homogênea e ficou fermentando por cerca de 5 dias. Após o consumo do açúcar disponível no meio de

voltar ao
SUMÁRIO

crescimento, foi decantado e seguido do decréscimo do °Brix, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Decréscimo do Brix

FERMENTADOR	A_1	A_2	A_3
Batata-doce	200,5g	300,7g	200,8g
Levedura	4,53g	5,03g	4,97g
Sacarose	151,05g	154,33g	155,45
Água	1L	1L	1L
Solução com enzima	0,5mL	0,5mL	-

Realizou-se o mesmo procedimento com a amostra 2 e 3, alterando apenas quantidade. Ambas fermentaram por cerca de 5 dias.

2.6 Destilação do mosto de batata-doce

Depois do período fermentativo do mosto, para certifica-se que houve o consumo da sacarose e consequente produção de etanol, verificou-se o °Brix. Após certifica-se do decréscimo do °Brix, pegou-se todo o fermentado, retirou-se 400mL do líquido e o colocou em um balão de fundo chato, para o início da destilação, sabendo-se que a temperatura tem que ser controlada no processo de destilação, não ultrapassando 90ºC.

A destilação é um meio de separação aplicado em misturas homogêneas que possuam ao menos um elemento no estado líquido. Esse método é caracterizado pelo fato de o vapor formado possuir uma formação modificada do líquido residual.

Nesse processo utilizou-se o método de destilação diferencial, este modelo de destilação integra é usada para a separação de dois ou mais líquidos de diferentes pontos de ebulição (ARANHA, 2015). A elevação de temperatura ocasiona a vaporização ou até mesmo

voltar ao
SUMÁRIO

com a diminuição de pressão no balão de destilação. Enquanto, o vapor ocasionado pelo balão de destilação é rapidamente resfriado no condensador.

O líquido obtido no condensador é nomeado de destilado, onde é guardado em um balão volumétrico. Ao decorrer do experimento verificou-se frequentemente o termômetro, pois a temperatura tem inclinação no início a permanecer no ponto de ebulição, no entanto, a temperatura tende voltar a aumentar, com isso deve-se pausar o aquecimento e recolher o volume de álcool extraído.

2.7 Avaliação do álcool

Após a destilação do processo, quantificou-se o álcool obtido em cada amostra. Com isso, verificou-se a densidade, porcentagem do teor alcoólico no laboratório de agrotóxicos e contaminantes do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP).

2.8 Densímetro na escala Gay-Lussac

O teor alcoólico é determinado pelo Alcoômetro, adequado apenas para volume em concentração alcoólica, com isso, as determinações do alcoômetro são precisas apenas para a concentração de água e álcool, à temperatura de 20°C, quando o aparelho é graduado. Com isso, no decorrer do experimento foi necessário observar a temperatura do ambiente, com auxilio a um termômetro.

2.9 Densímetro eletrônico digital

As análises das amostras de álcool extraído de batata-doce foram realizadas a partir da medição da densidade final, onde mediu a massa da solução alcoólica em 10mL com a temperatura de 20°C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da matéria-prima

A principal matéria-prima utilizada neste trabalho foi à batata-doce de variação de

cultivo Duda, que possui película externa roxa e polpa branca, de formato irregular, alongado, redondo e muito desuniforme (SILVEIRA, 2015).

Os resultados relatados por Silveira (2015), demonstrados na Tabela 2, relata os teores da composição da matéria-prima, cujo teor de matéria seca encontrado na batata-doce cultivar Duda foi de 40,4%. Devido a sua elevada produtividade este cultivar é correlacionada como a mais produtiva, nas condições do Tocantins, por corresponder em um único genótipo alto teor de matéria seca e produtividade ocasionando em fabricação de 10.467 litros de etanol por hectare (LEONEL, 2015).

Tabela 2. Composição da batata-doce cultivar Duda

Componente	Batata-doce
Umidade	69%
Matéria seca	40,4%
Amido	24,4%
Carboidratos	85%
Proteína	1,57%

Fonte: (Silveira, 2015).

Segundo Feltran (2015), o teor de matéria seca encontrado variou de 22,42 a 23,85%. Enquanto Woolfe (2015), descreve que cerca de 30% de matéria seca da batata-doce possui aproximadamente 85% de carboidratos, onde principal elemento é o amido. No experimento observou que o elevado teor de amido tornou a batata-doce uma excelente fonte amilácea, tornando-se a principal opção para a realização hidrólise por enzimas amilolíticas, propiciando uma excelente fonte de carbono para diversos microrganismos.

Segundo Leonel e Cereda (2015), a batata-doce possui elevado teor de açúcares totais e redutores, tornando uma matéria-prima utilizável não somente para a extração do amido, mas para a produção de hidrolisados e fermentados. Ao ser preparado o mosto de batata-doce, foi possível ser realizado um comparativo do pH e o °Brix, como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização da batata-doce

Parâmetros	A1	A2	A3
pH	6,0	6,0	5,0
°Brix	14,0	15,0	13,0

voltar ao
SUMÁRIO

O resultado encontrado para o pH da batata-doce nessa pesquisa é entre 5,0 a 6,0, próximo ao encontrado por Roesler et.al (2015) obtinha valores mediante da análise de quatro cultivares de batata-doce que oscilavam entre 6,04 a 6,65. A quantidade do °Brix alterou entre as amostras do processo de 13,0 % a 15% onde de acordo com Roesler et.al (2015), que o valor varia de 13,4 a 29,2%. Após 05 dia de fermentação do mosto, ocorreu a destilação de 400mL do mosto obtido, no qual foi possível extrair o produto principal o álcool.

3.2 Destilação

A destilação apresentou o seguinte resultado para o volume de álcool extraído, em cada amostra, foram destilados 400mL do mosto fermentado para obtenção dos resultados referenciados na Tabela 4.

Tabela 4. Volume de Álcool obtido em 400 mL destilado

Solução	Volume de Álcool (mL)
Solução alcoólica com 200,5g de batata-doce	130
Solução alcoólica com 300,7g de batata-doce	120
Solução alcoólica com 200,8g de batata-doce	100

Comprovou-se nas amostras obtidas no processo de extração, que quanto mais diluído for o mosto fermentativo, o teor da solução do álcool é menor, pois ocorreu à redução do volume total, devido às moléculas de água e álcool que se rearranjaram, sendo assim, as ligações de hidrogênio entre as moléculas de água foram quebradas para a conquista de novas ligações com álcool. Os resultados encontrados foram corroborados com os estudos apontados por Souza et. al. (2015) onde os mesmos relataram quanto mais destilados recolher, menor será o teor alcoólico.

3.3 Avaliação do álcool

Verificaram-se por meio do equipamento de densímetro eletrônico digital os seguintes resultados (39,50%, 41,16% e 33,34% respectivamente). Observou-se que à medida que

voltar ao
SUMÁRIO

concentração de álcool aumenta, ocorre o aumento do percentual alcoólico extraído, além da interferência da enzima ptialina que está presente nas amostras 1 e 2, onde obteve um maior teor alcoólico da solução, o resultado da extração do processo com 200,5g de batata-doce é aproximadamente o mesmo álcool produzido no processo com 300,7g de batata-doce, provando que o sistema de destilação montado está bem condicionado.

Nas análises realizadas nas amostras encontras foi possível concluir que a diferença dos valores encontrados nos métodos ocorreu devido à influência da temperatura, a de densímetro na escala Gay-Lussac foram 45%, 50% e 40%v/v (°GL) e no método de densímetro eletrônico digital foram 39,50%, 41,16% e 33,34%v/v. Segundo Russel (2015), a análise de densímetro na escala Gay-Lussac pode ser alterada pela temperatura, se não estiver a 20 °C.

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos em cada experimento, concluiu-se que a batata-doce apresenta um grande desenvolvimento na produção de biomassa para obtenção de álcool, tornando plausível a extração de álcool a partir da batata-doce. Os tubérculos que seriam desperdiçados foram reaproveitados para produção de etanol, tornando viável a análise. Em relação à hidrólise enzimática pode-se concluir que esta consiste também em uma etapa crítica do processo, pois para um bom desempenho do teor alcoólico é necessário a utilização de enzimas para ajudar na quebra do amido.

5. REFERÊNCIA

ARANHA, D. A. D.; Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2015.

DANTAS NETO, J. Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo em áreas irrigadas, baseados nas funções de resposta da cultura à água. 2015. 125f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 2015.

EMBRAPA Hortaliças, Sistemas de produção, 6. ISSN 1678, versão eletrônica, 2015. Disponível em http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/composicao_uso.htm. Acesso: 28 de Dezembro de 2017.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. Química Nova, Vol. 32, n° 3, 582-587, 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2015: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2015.

SILVEIRA, M. A. Batata-Doce: uma Nova Alternativa para a Produção de Etanol. Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central – Brasília. Álcool combustível, 2015.

PEREIRA, G. M.; SOARES, A. A.; ALVES, A. R.; RAMOS, M. M.; MARTINEZ, M. A. Modelo computacional para simulação das perdas de água por evaporação na irrigação por aspersão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.16, n.3, p.11-26, 2015.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 57
TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE

ALTERNATIVE TECHNOLOGIES IN WATER TREATMENT FOR POTENTIAL PURPOSES

Ana Maria Ferreira Cosme*, Dihego de Souza Pessoa, Thalis Leonardo Bezerra de Lima, Viviane Farias Silva, Vera Lúcia Antunes de Lima**

**Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Brasil.* (Mestranda em Recursos Naturais).
***Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Brasil.* (Professora Adjunta do Programa de Recursos Naturais).

RESUMO
Água de boa qualidade é importante para o consumo humano, por ocasionar diversos problemas de saúde. O acesso à água em quantidade adequada e condições de potabilidade está sendo afetado devido a problemas de saneamento básico e outros meios de degradação de um recurso renovável essencial à vida. Nesse contexto, o trabalho foi realizado objetivando-se sintetizar as principais pesquisas produzidas sobre o uso de tecnologias alternativas para o tratamento de água através de algumas tecnologias, como as sementes, cascas e plantas que se mostram como um valioso recurso para que as comunidades humanas possam alcançar a sustentabilidade. Os dados foram obtidos através de pesquisa bibliográfica em artigos científicos em ambiente eletrônico. Através dos dados obtidos, observa-se que os usos de coagulantes de recursos de origem vegetal são viáveis ao tratamento simplificado de águas, sendo um procedimento de baixo custo e não envolvendo o uso de aditivos químicos normalmente presentes nos coagulantes convencionais. O uso de coagulantes de origem vegetal, para tratar a água, quando possível, é de grande valia em termos ecológicos e ambientais.

Palavras Chave: Águas Residuárias, Coagulante Natural, Fitorremediação.

ABSTRACT
Good quality water is important for human consumption because it causes various health problems. Access to adequate water and potable water is being affected by problems of basic sanitation and other means of degradation of a renewable resource essential to life. In this context, the work was carried out aiming to synthesize the main researches produced on the use of alternative technologies for the treatment of water through some technologies, such as seeds, bark and plants, which prove to be a valuable resource for human communities can achieve sustainability. The data were obtained through bibliographic research in scientific articles in electronic environment. Through the obtained data, it is observed that the uses of vegetable origin coagulants are viable to the simplified treatment of water, being a procedure of low cost and not involving the use of chemical additives normally present in the conventional coagulants. The use of vegetable coagulants to treat water, when possible, is of great ecological and environmental value.

Keywords: Wastewater, Natural Coagulant, Phytoremediation.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem comum a todos os seres vivos, um recurso natural de valor inestimável, com o aumento populacional este recurso está se tornando cada vez mais escasso, nas suas condições de uso e consumo. Há décadas muito debate-se a respeito da "crise da água", aborda a questão da escassez hidrica. Segundo a UNESCO (2016) a falta de água restringe o desenvolvimento socioeconômico de uma localidade de diversas formas, seja direta ou indiretamente, a carência da água pode ser decorrente ao gerenciamento deste recurso natural.

Considerado um recurso primordial de extrema importância para a vida e ao ecossistema como um todo, a água utilizada para o consumo humano e para as atividades socioeconômicas, são retiradas dos rios, lagos, represas e aquíferos, tendo influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento das populações (SOUZA, 2000).

Para isso é necessário ter o controle sobre a potabilidade, que refere-se à qualidade necessária da água a ser distribuída para consumo humano, segundo a Legislação para águas para fins de consumo humano (BRASIL, 2004) têm que ser tratada, limpa e livre de qualquer contaminação, de origem microbiológica, química, fisica ou radioativa, não devendo, em hipótese alguma, oferecer riscos à saúde humana. A potabilidade da água pode ser obtida por meio de tratamento, os mais utilizados seguem as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e a fluoretação (FREITAS, 2001). Estes processos reduzem diversos tipos de contaminação, evitando a transmissão de doenças (SANTOS,1993).

Destacam-se também os métodos alternativos bastante conhecidos no meio acadêmico, porém, pouco aplicados, estes utilizam espécies vegetais na filtragem e ciclagens de nutrientes e tem sua eficiência comprovada gerando baixo impacto ambiental e água de qualidade considerável. Segundo Granato (1995), a utilização desses recursos para a purificação da água justifica-se pela intensa absorção de nutrientes e pelo seu rápido crescimento, além do fato de oferecer facilidades de sua retirada das lagoas bem como possibilidades de aproveitamento da biomassa colhida.

Diante do exposto, o trabalho foi realizado objetivando-se sintetizar as principais pesquisas produzidas sobre o uso de tecnologias alternativas no tratamento de água.

voltar ao
SUMÁRIO

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção deste artigo utilizou-se a pesquisa bibliográfica, conforme Perske (2004), a sua finalidade é fazer com que o pesquisador entre em contato com todo o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando o cientista na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações, para melhor esclarecimento Fonseca afirma que:

> A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto, [...]. Existem, porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações, (FONSECA, 2002).

Este método é o início de toda a pesquisa científica, as informações foram obtidas em banco de dados científicos nacionais, como: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS; Agencia Nacional de Águas-ANA e Ministério das Cidades. Em relação aos processos envolvidos na recuperação da qualidade da água, com a utilização de sementes, cascas de plantas e de frutas, foi executado um levantamento dos tipos de tratamento e da eficiência do sistema de água para fins de potabilidade, de forma a possibilitar a análise e a interpretação dos diferentes posicionamentos acerca do tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente a utilização de coagulantes naturais tem sido estudada como uma opção viável no processo de purificação de água, de modo convencional. Lo Monaco et al. (2010) relatam que a utilização desses coagulantes pode proporcionar atenuação nos problemas ligados ao consumo de água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos hídricos receptores.

Nos novos padrões de potabilidade da água, observa se crescente presença de novos contaminantes tanto de origem orgânicos e inorgânicos, ocasionando grande preocupação, assim a portaria 2914 do Ministério da Saúde tem por finalidade adequar a água bruta (seguindo os padrões de potabilidade) para consumo humano (BRASIL, 2011). Alicerçada pela Resolução Conama 396 de 2008 “Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais

voltar ao
SUMÁRIO

para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências", bem como a Resolução CONAMA n° 357/2005 "dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, desse modo estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, estas Resoluções sugerem metas a serem compridas.

Nota-se que a crescente demanda em relação a qualidade da água para consumo humano, vai perdendo a sua qualidade, por motivos como a escassez, a ineficiência nas formas de tratar a água, e/ou problemas na distribuição até a chegada ao consumidor final, sendo este o que mais sofre com a má qualidade da água(REBOLÇAS, 1997 ; BRASIL, 2005).

Há locais em que o acesso a água é bem restrito, como é no caso de cidades que não possuem Estação de Tratamento de Água (ETA), para os cuidados necessários, assim como locais no qual a utilização da água é realizada por carros pipas ou por poços artesianos. Estes precisam de uma maior atenção no que se refere ao manejo com este recurso natural. Neste caso para a água se faz necessário à realização de testes para verificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2006). Dentre os tipos de tratamento de água os processos de coagulação ou floculação são mais aplicados.

A matéria particulada na água residuária é grande parte orgânica, as condições de mistura e de floculação para a agregação de colóides orgânicos serão diferentes daquelas empregadas para colóides inorgânicos: as superfícies hidrofílicas destas partículas orgânicas reagem diferentemente à adição de coagulante, de modo geral os coagulantes são produtos químicos, que é adicionado para desestabilizar as partículas coloidais de modo que possa formar o floco, facilitando assim a sua remoção da matéria (REIS et al, 2015).

Na busca por opções viáveis para tratar a água, principalmente em pequenas comunidades que não possuem um sistema adequado para a realização da limpeza e desinfecção correta, as tecnologias alternativas que resultem em água em condições potáveis, como o uso de diferentes tipos de sementes de frutas, utilizada no processo de limpeza da água, como por exemplo as sementes de mangaba (*Hancornia speciosa*), maracujá (*Passiflora edulis*), graviola (*Annona muricata*) e goiaba (*Psidium guajava*) (REIS et al, 2015).

Os materiais produzidos com pó de semente modificada com o ácido cítrico, peróxido de hidrogênio e hidróxido de amônio demostraram uma remoção significativa da turbidez, de

íons de ferro e da cor aparente, observando que o uso do pó das sementes de mangaba, maracujá, graviola e goiaba possuem variações no tratamento da água analisada. No que corresponde a remoção de ferro, 50% foi removido a partir da utilização do pó das sementes da mangaba e da graviola (REIS *et al*, 2015).

A semente da manga (*Mangifera indica*) pode ser aplicada na desinfecção da água a partir da transformação do seu caroço (semente) em carvão ativo[†], por meio de um processo da retirada da polpa e depois de secagem e estufa. Para ativação química, primeiramente preparou-se a solução do agente ativante de Hidróxido de Sódio (NaOH) diluiu o agente em um litro de água, para formar a solução ativante na qual foi adicionado a amostra de caroço de manga desidratada, que foi deixado em contato por 24 horas. No processo de carbonização que consiste na pirólise do material precursor na ausência de ar a temperatura superior a 473K (CUBAS, 2010), a amostra de caroço de manga impregnada com o ativante químico Hidróxido de Sódio (NaOH), foi secada em estufa a 50 ºC durante 6 horas. Depois da secagem, as amostras dos caroços de manga foram introduzidas na Mufla a uma temperatura de 400ºC por 3h, (TELES e FURTADOS, 2016).

O Caroço da Manga é eficiente no que se propõe e através de análises físico químicas e microbiológicas, verificou-se o seu poder de filtração, no caso da água de rio conseguiu eliminar os coliformes fecais e *E.coli.,* porém em relação a água da chuva, faltou apenas o fator "PH" para ela se tornar potável, conforme (Tabela1).

Tabela 1: Análise físico química e microbiológica nas águas de chuva e do rio.

[†] O carvão ativado é um material carbonáceo e poroso preparado pela carbonização e ativação de substâncias orgânicas, principalmente de origem vegetal. São utilizados extensamente para a adsorção de poluentes em fases gasosas e líquidas, como suporte para catalisadores, na purificação, de vários composto, no tratamento de efluentes (BRUM, 2007).

voltar ao
SUMÁRIO

Parâmetros Potabilidade em H_2O	Unid.	Legislação	H_2O Chuva	H_2O Chuva filtrada	H_2O Rio	H_2O Rio Filtrada
Cor	uC	15	1	1	160	131
Turbidez	ntu	5	1,28	1,18	15,31	14,55
Cloro	mg/L	0,2	0	0	0	0
Ferro	mg/L	0,3	0,04	0,03	1,07	0,82
pH	-	6-7	5,3	5,6	5,5	6,09
Condutividade	µS/cm	Não há	17,04	29,8	53,1	57,3
Amônia	mg/L	1,5	0,08	0,0	0,37	0,30
Coliformes Fecais	-	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
E.Coli	-	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente

Fonte: TELES e FURTADO, 2016.

Outras sementes são empregadas no processo de limpeza da água, sendo transformado a semente em carvão ativo, com Juá (*Ziziphus joazeiro Martius)* usa-se técnica para reduzir a quantidade de corantes encontrados em água. No trabalho de Guerra et al. (2015), realizaram em sua pesquisa uma análise comparativa (Figura 1 e 2), entre a eficiência de dois tipos de carvão ativo, o comercializado e o produzido a partir da semente do Juá, com a finalidade de verificar qual teria o melhor desempenho na remoção do corantes presentes em água.

Figura 1: Gráfico da Absorbância, Carvão de Juá

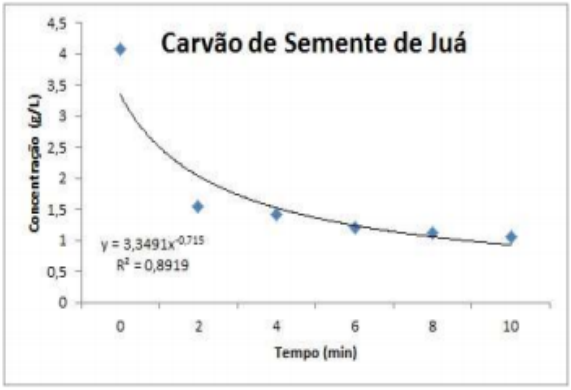
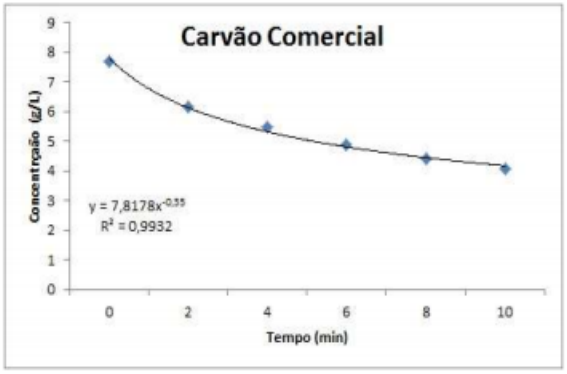


Figura 2: Gráfico da Absorbância, Carvão Comercial.



Fonte: GUERRA *et al.,* 2015

Na Figura 1 e 2, constata-se que a limpeza por meio da solução foi mais eficiente com a utilização do carvão ativado de sementes de Juá, que obteve 78% de aproveitamento em

voltar ao
SUMÁRIO

detrimento do carvão ativado comercial que foi de 50%, sendo estes resultados satisfatórios (GUERRA et al., 2015).

A semente de *Moringa oleifera* (MO) é uma planta natural com compostos bio-coagulados ativos que podem ser utilizados para clarificação de água, uma vez que reduz o uso de coagulantes químicos (CAMACHO *et al.*, 2017). A *Moringa oleifera* possui uma proteína que é considerada como sendo semelhante a um polímero sintético carregado positivamente (*GIDDE, 2012)*. Quando esta proteína é adicionada à água bruta, ela se liga com partículas predominantemente carregadas negativamente que tornar a água crua turva. Sob uma agitação adequada, as partículas ligadas então crescem em tamanho para formar o floco, o que pode ser deixado para se estabelecer por gravidade ou pode ser removido por sedimentação *(AWAD; WANG; LI, 2013)*.

São diversos os estudos que estão sendo realizados para determinar potenciais uso das sementes da MO, a Moringa auxiliar na coagulação e reduz o consumo dos coagulantes sintéticos em até 50%. Dalen et al. (2009) enfatizam que o uso da Moringa é eficiente em pequenas localidades, por não ter uma produção em larga escala, que possa ser aplicada em empreendimentos como Estações de Tratamento. Salienta-se que o uso da MO, para "purificação" da água em áreas rurais não representa riscos para o consumidor, pois normalmente a água é clarificada e já utilizada, em comparação as ET's, onde ocorre o armazenamento da água por período de 24 horas pode ocorrer deterioração da mesma (LIMA, 2014).

Ao longo da pesquisa, novas alternativas foram obtidas para tratamento de água com uso de sementes de Angico- Vermelho (*Anaderenthera peregrina* (L.) Speng), a semente de olho-de-dragão (*Adenanthera pavonina* L.) conhecido como falso Angico, além da semente do Quiabo (*Abelmoschus esculentus*), utilizadas na melhoria da qualidade da água, junto com coagulantes sintéticos, com polímeros naturais auxilia na floculação e na remoção principalmente dos parâmetros de turbidez e cor(SILVA, 2012).

Silva (2012) trabalhando com tratamento de água obteve em seus resultados que os polímeros do Quiabo têm melhor eficiência na remoção, no qual 94% da turbidez e de 98% da cor foram removidos, em relação as mesmas dosagens das sementes de Angico- Vermelho e da semente de olho-de-dragão. Ritter (2013) também avaliou o bom desempenho com o uso do quiabo, obtendo resultados satisfatórios de remoção de cor e turbidez, atingindo-se 96,6 %

e 98,9 % de remoção, respectivamente, utilizando a concentração de 1,4 ppm. Neste mesmo estudo, o autor verificou o ensaio do emprego de quiabo e moringa, no qual foi avaliado as concentrações de 1,4 ppm de quiabo e 250 ppm de moringa, que resultou em 80 % e 81,2 % remoção de cor e turbidez, respectivamente.

As técnicas que utilizam cascas de frutas, objetivando-se melhorar a qualidade da água com materiais facilmente disponíveis, utilizando as cascas de maçãs e tomates. O primeiro experimento que as cascas das duas frutas foram usadas para remover diferentes tipos de poluentes na água (MALLAMPATI E VALIYAVEETTIL, 2012). Estes autores validaram a eficácia da casca de tomate como adsorvente com diferentes poluentes além de verificar o seu potencial como biomateriais, na remoção de íons metálicos tóxicos e poluentes orgânicos da água, avaliaram também o pH e as condições em que a casca de tomate poderia remover vários poluentes incluindo produtos químicos orgânicos e inorgânicos da água.

Em relação a casca da maçã também podem remover vários tipos de poluentes da água dissolvidos através do processo de adsorção, visando ampliar o potencial das cascas para a extração de poluentes carregados negativamente, isolou os óxidos de zircônio encontram-se nas cascas. O uso de cascas de maçã e tomate para purificação de água pode ser aplicado para beneficiar os agricultores econômicos e tecnologicamente desfavorecidos que vivem em aldeias remotas, que dependem de águas subterrâneas contaminadas ou de rios locais para suas necessidades diárias de água (MALLAMPATI e VALIYAVEETTIL, 2012)

Outra solução para deixar a água potável é utilizando cascas de madeiras, no qual o objetivo principal foi desenvolver uma metodologia capaz de reduzir a descarga dos poluentes principalmente de características farmacológica para o meio hídrico (KUMAR e XAGORARAKI, 2010), por meio de um processo de bioadsorção das casca de Carvalho-Português (*Quercus faginea*), é um subproduto resultante da indústria da madeira, possui uma afinidade química relativamente aos contaminantes em estudo. Segundo Magalhães:

> Os resultados obtidos mostraram que a taxa de remoção varia significativamente em função do fármaco estudado e do tamanho da partícula do adsorvente. A capacidade de adsorção das cascas foi avaliada para a remoção de três fármacos, Carbamazepina, Cafeína e Paracetamol, a partir de soluções aquosas. Avaliou-se a capacidade de adsorção para soluções individuais e para misturas binárias e ternárias dos fármacos em estudo. No caso da Cafeína a percentagem de remoção máxima alcançada foi de 88% para o bioadsorvente grão fino e de cerca de 75% para o bioadsorvente grão grosso. Para o paracetamol as taxas de remoção alcançadas foram de 70% e 41%, para os bioadsorventes de grão fino e grão grosso, respetivamente, (MAGALHÃES, 2016).

voltar ao
SUMÁRIO

Os coagulantes naturais podem ser utilizados para tratamento de água para o consumo humano, devido ao fato de não alterar alcalinidade do efluente e de eliminar micro-organismos que podem ser nocivos à saúde humana, dentre ela a bactéria E.coli (BINA et al., 2009).

O aparecimento gradativo nos últimos anos das mais diferentes classes de fármacos eliminados no meio ambiente, vem provocando a contaminação dos diferentes tipos de águas, para isso faz-se necessário desenvolver e otimizar processos que auxiliem na remoção destes poluentes da água de forma eficaz (MAGALHÃES, 2016). Sendo a casca do Carvalho-Português um elemento que a partir de mais estudos pode auxilia no tratamento da água, a baixo custo, por se tratar de um subproduto que inicialmente era descartado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto observa-se que existem diversas tecnologias alternativas que auxiliam no processo de limpeza, clarificação, balanceamento do pH, desinfecção entre outros procedimentos de tratamento de água. Foram encontrados uso de sementes e cascas de frutas no tratamento de água, sendo eficiente e pertinente sua aplicação para melhorar a qualidade da água e disponibilizar as comunidades melhores condições de vida e meio ambiente.

Há opções simples com produtos de baixo custo e/ou seriam descartados, sem envolvendo o uso de aditivos químicos normalmente presentes nos coagulantes convencionais. Estas técnicas, devem ser aplicadas inicialmente em pequenas comunidades. Considerando que os vegetais são produzidos localmente, sendo importante seu uso como coagulante no tratamento da água em cisternas e de outras fontes hídricas.

Essa alternativa é um instrumento de inquestionável importância, uma vez que, poderão também nortear as ações e propostas voltadas para eficiente utilização dos recursos hídricos e melhoria nas formas de utilização da água tanto sob os aspectos da quantidade como também da qualidade.

5. REFERÊNCIAS

voltar ao
SUMÁRIO

AWAD, M.; WANG, H.; LI, F. **Preliminary study on combined use of Moringa seeds extract and PAC for water treatment.** Research Journal of Recent Sciences, Indore, Índia, 2, 8, 52-55, aug 2013. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Mohammed_Awad12/publication/281619790_Preliminary_Study_on_Combined_Use_of_Moringa_Seeds_Extract_and_PAC_for_Water_Treatment/links/55f3067c08ae1d9803936f92.pdf> .Acessado em 24 de Nov. 2017.

BINA, B; MEHDINEJAD, M.H; NIKAEEN, M; MOVAHEDIAN, H. Attar**. Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in treating turbid waters.** Department of Environmental Health Engineering, School of public health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran, Vol 6, Nº 4, p 247- 252, 2009.

BRASIL, **Consumo Sustentável: Manual de educação. Brasília:** Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p. Disponível em < http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/consumo_sustentavel.pdf >. Acessado em 23 de Nov. 2017.

BRASIL, **Resolução 396 de 2008. Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562. Acessado em 20 de Nov. 2017.

BRASIL. **Portaria n° 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

BRASIL, **Portaria Nº 2914, de 12 de Dezembro de 2011. Ministério da Saúde**. Disponível em http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf. Acessado em 20 de Nov. 2017.

BRUM, S. S. **Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais.** 2007. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. Disponível em< http://repositorio.ufla.br/handle/1/1515?mode=full >. Acessado em : 18 de Nov. 2017.

CUBAS, K. G. **Avaliação do desempenho de carvões ativos usados na remoção de composto orgânicos de água naturais proveniente de cianobactérias e suas toxinas.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2010. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/14-06_RBCIAMB-N14-Dez-2009-Materia04_artigos219.pdf > Acesso em 20 de Nov. de 2017.

CAMACHO, F.P. **Application of the purified Moringa oleifera coagulant for surface water treatment.** Chemical Engineering Journal, Volume 313 ,1 de abril de 2017, Páginas 226-237. Disponivel em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894716317831>. Acessado em 21 de Nov. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

DALEN, M. B. et al**. Synergy between Moringa oleifera seed powder and alum in the purification of domestic water.** Science World Journal, 4, 4, 6-11, 2009. Disponível em < http://www.scienceworldjournal.org/article/view/5417/%203776 >. Acesso em 25 de Nov. 2017.

FERNANDES, Kendra D'Abreu Neto. **Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2010. SILVA, L. M.; de Faria, L. A.; Boodts, J. F. C.; Electrochim. Acta 2003,48, 699. Dispinível em < http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/7906/5591 >. Acessado em 26 de Nov. 2017.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da analise de água para a saúde publica em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Caderno Saúde Pública, v.17, n.3, p. 651-660, 2001.

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N. **Comparative study of different forms of Moringa oleifera extracts for turbidity removal. International Journal of Engineering Research and Development,** 2 1, 14-21, jul 2012. Disponível em < https://idc-online.com/technical_references/pdfs/civil_engineering/Comparative%20Study%20of.pdf >. Acesso em 23 de Nov. 2017.

GRANATO, M. **Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos**. Rio de Janeiro, CETEM/CNPq, 1995. Disponível em < http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/402/1/sta-05.pdf>.acessado em 20 de Nov. de 2017.

GUERRA, E. D.; SANTOS, F. G. L.; BISERRA NETO, J. A.; PINTO, L. G. S. **Produção de carvão ativado a partir de sementes de juá para tratamento de água contaminada com corante têxtil**, 2015. Disponível em < http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/resumo.php?idtrabalho=101 >. Acessado em 24 de Nov. 2017.

KUMAR, A., XAGORARAKI, I., 2010. **Human health risk assessment of pharmaceuticals in water: An uncertainty analysis for meprobamate, carbamazepine, and phenytoin. Regulatory Toxicology and Pharmacology** 57, 146-156. Disponível em < http://web.iitd.ac.in/~arunku/files/CEL899_Y13/PharmaRiskAssessment_Kumar.pdf >. Acessado me 26 de Nov. 2017.

LIMA, Y. E. S. P. **Potencial de coagulantes naturais como alternativa no processo de estação de tratamento de água (ETA).** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Sanitária e Ambiental), Campina Grande, 2014. Disponível em <

voltar ao
SUMÁRIO

http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/8272 >. Acessado em 20 de Nov.2017.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. **Utilização de extrato de sementes de Moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010. doi:10.4136/ambi-agua.164. Disponível em: Acesso em: 28 de fev. 2016.

MAGALHÃES, M. F.M. C. Remoção de Produtos Farmacêuticos da Água Utilizando Cascas de Carvalho. Dissertação de Mestrado (Engenharia do Ambiente) Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real. Portugal, 2016. Disponível em < https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/7279/1/msc_mfmcmagalh%C3%A3es.pdf>. Acessado em 12 de Nov. de 2017.

MALLAMPATI, R.; VALIYAVEETTIL, S. **Application of tomato peel as an efficient adsorbent for water purification - alternative biotechnology?** revista Royal Society of Chemistry, RSC Advances, 2012. Disponível em < http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/ra/c2ra21108d#!divAbstract > . Acessado em 23 de Nov. 2017.

REBOLÇAS, A. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Estudos Avançados.** vol.11 no.29 São Paulo Jan./Abr. 1997. Disponivel em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100007>. Acessado em 20 de Nov.2017.

REIS, E. N.; SILVA, A. S.; JESUS, E. **Avaliação do potencial de utilização de resíduos de sementes de frutas como auxiliar de floculação no tratamento de água.** 2015. Disponível em http://www.resag.org.br/congressoresag2015/anais/img/pdfs/ID_135.pdf> . Acessado em 21 de Nov. 2107.

RITTER, C. M. **Estudo da utilização de polímeros naturais. Abelmoschus esculentus (L.) MOENCH (MALVACEAE) E Moringa oleifera LAM (MORINGACEAE) no tratamento de água de abastecimento.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental), Universidade do Paraná, Campus Mourão, 2013. Disponível em < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1599/1/CM_COEAM_2013_1_08.pdf >. Acessado em 25 de Nov. 2017.

SANTOS, H. F. Critérios de Qualidade da Água para Reuso. Revista DAE 174, Dez 1993.
SILVA, J. L. **Estudos da utilização de polímeros naturais como auxiliares de floculação no tratamento de água para fins industriais.** Dissertação (Engenharia Química) Universidade do Pará, 2012. Disponível em < http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/4637>. Acessado em 24 de Nov. 2017.

SOUZA, D. A. **Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de multiresíduos de pesticidas em águas de abastecimento de São Carlos – SP**. 2000. 109f.

voltar ao
SUMÁRIO

Dissertação (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

TELES, I. M. O.; FURTADO, D. M. S. **Elaboração de um filtro oriundo do caroço da manga no tratamento e qualidade da água obtida para consumo humano**, João Pessoa, XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCÃO, 2016. Disponivel em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_316_30858.pdf>. Acessado em 23 de Nov. 2107.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016.** Disponível em < http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf > . Acessado em 21 de Nov. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 58
TANQUES DE PEDRA: UMA TECNOLOGIA SIMPLES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO

STONE TANKS: A SIMPLE TECHNOLOGY FOR THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE SEMI-ARID

Thais Mara Souza Pereira *, Mateus da Silva Santiago, José Adailton Lima Silva, Débora Coelho Moura**.

**Mestranda em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Pernambuco, Brasil.*
***Profa. Dr., Departamento de Geografia, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.*

RESUMO
A escassez hídrica no semiárido brasileiro tem condicionado árduas realidades para inúmeras famílias locais. Neste sentido, tem-se, atualmente, o uso de tanques de pedra como uma tecnologia para gerir os recursos hídricos através da captação de águas de chuvas precipitadas sobre os afloramentos rochosos. Diante disso, objetivou-se analisar como se dá a gestão hídrica através do uso de tanques de pedra, e quais os benefícios sociais, econômicos e ambientais advindos desta tecnologia. Para tanto, foi realizada uma pesquisa exploratória e qualitativa no Tanque do Araçá, município de Esperança-PB. Após os estudos, observou-se que os tanques de pedra são uma tecnologia simples e que possibilita a captação e armazenamento das águas das chuvas, o que tem contribuído para a promover muitos benefícios: aumentar da oferta de água para atender às necessidades das famílias locais; baixo custo de construção e manutenção; não causa grandes impactos aos recursos naturais; contribui para reduzir a pressão sobre outros mananciais; além de atender as necessidades hídricas, especialmente nos longos período de estiagem. Por fim, concluiu-se que os tanques de pedra são uma tecnologia que pode e deve contribuir para atender as necessidades hídricas das famílias que convivem com a escassez de água no Semiárido brasileiro.

Palavras-Chaves: Escassez hídrica, Gestão de águas, Benefícios socioeconômicos e ambientais.

ABSTRACT
The water scarcity in the Brazilian semi-arid region has caused arduous realities for many local families. In this sense, there is currently the use of stone tanks as a technology to manage the water resources through the capture of rainwater precipitated on rocky outcrops. Like this, the objective of this study was to analyze how water management occurs through the use of stone tanks, and what are the social, economic and environmental benefits of this technology. For that, an exploratory and qualitative research was carried out in the Araçá Tanque, municipality of Esperança-PB. After the studies, it was observed that stone tanks are a simple technology that allows the capture and storage of rainwater, which has contributed to promote many benefits: increase water supply to meet the needs of local families ; low construction and maintenance costs; does not cause major impacts to natural resources; contributes to reducing pressure on other sources; in addition to meeting the water needs, especially in the long dry season. Finally, it was concluded that stone tanks are a technology that can and should contribute to meeting the water needs of families living with water shortages in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Water scarcity, Water management, Socioeconomic and environmental benefits.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

No Semiárido Brasileiro (SAB), ocorre periodicamente estiagens com perdas parciais ou totais no setor agropecuário, o qual é praticamente de subsistência. As estiagens comprometem o abastecimento de água e a recarga hídrica, devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (CARVALHO, 2014; SILVA, et al., 1998).

Estas estiagens estão diretamente influenciadas pela variabilidade climática, Decadal e Sazonal, que resultam na escassez hídrica dos corpos d´água intermitentes (LIMEIRA, 2014). Desta forma, a região Semiárida apresenta vulnerabilidade hídrica, e esta reflete no abastecimento hídrico para a população, uma vez que o volume variável de precipitação é sazonal (PEREIRA, 2017; SILVA et al, 2012;).

É importante lembrar que mesmo diante de um cenário climático preocupante no tocante à escassez de água, há que ter em mente que inúmeras iniciativas/ações pautadas na gestão dos recursos hídricos têm fomentado a oferta de água para populações que convivem com a escassez periódica de água. Neste sentido, basta lembrar das tecnologias sociais voltadas a captação de águas de chuvas, tais como: cisternas de placas, a calçadão, a de enxurrada, ou ainda, o uso de tanques de pedra. Esta última técnica tem promovida gestão dos recursos hídricos disponíveis a partir da captação, armazenamento e distribuição das águas das chuvas.

Diante do exposto e sabendo-se que os tanques de pedra são uma tecnologia viável que utilizam os afloramentos rochosos para captar e ofertar água de chuvas às famílias no Semiárido brasileiro (SILVA et al., 2016), o presente trabalho objetivou analisar como o uso de tanques de pedra podem fomentar a gestão de recursos hídricos, e quais os benefícios sociais, econômicos e ambientais advindos desta tecnologia social.

Para tanto, realizou-se, na cidade de Esperança-PB, uma pesquisa exploratória e qualiquantitativa buscando responder: como gerir os recursos hídricos em regiões que convivem com a escassez periódica? Sendo a água um bem de uso comum, como está a distribuição deste recurso? Qual a qualidade da água que é ofertada e sob quais condições ela está sendo acessada? Que benefícios podem ser adquiridos com o uso das chuvas captadas através de afloramentos rochosos?

voltar ao
SUMÁRIO

Diante destes questionamentos, e tendo em vista que o uso de tanques de pedra tem se tornado uma das principais fontes de oferta de água à população do município de Esperança-PB, esta pesquisa torna-se imprescindível para compreender como o uso de tanques de pedra locais tem promovido a gestão dos recursos hídricos e, especialmente, quais os benefícios socioeconômicos e ambientais advindos desta tecnologia social.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 áreas de estudo

A presente pesquisa foi realizada em um reservatório hídrico (comumente denominado de "Tanque do Araçá") situado no munícipio de Esperança-PB, mesorregião do Agreste paraibano, e na microrregião de Esperança (Figura 01). O referido município possui uma área de 163 Km², uma população de 31.095 habitantes, tendo como principias atividades econômicas a agropecuária, o comércio e serviços (IBGE, 2010).

O "Tanque do Araçá" é um reservatório d'água constituído de um represamento artificial em um afloramento rochoso, o qual funciona com uma área de captação e armazenamento das águas das chuvas. As águas que se acumulam durante o período chuvoso são utilizadas pela população local.

O município de Esperança-PB limitando-se: ao norte com o município de Remígio; ao sul, com São Sebastião de Lagoa de Roça; ao Leste, com Areia; a Sudeste com o município de Alagoa Nova; e a Oeste o município de Pocinhos; e ainda, faz limite com o município de Areal, situado a Sudoeste (FERREIRA 2015).

voltar ao
SUMÁRIO

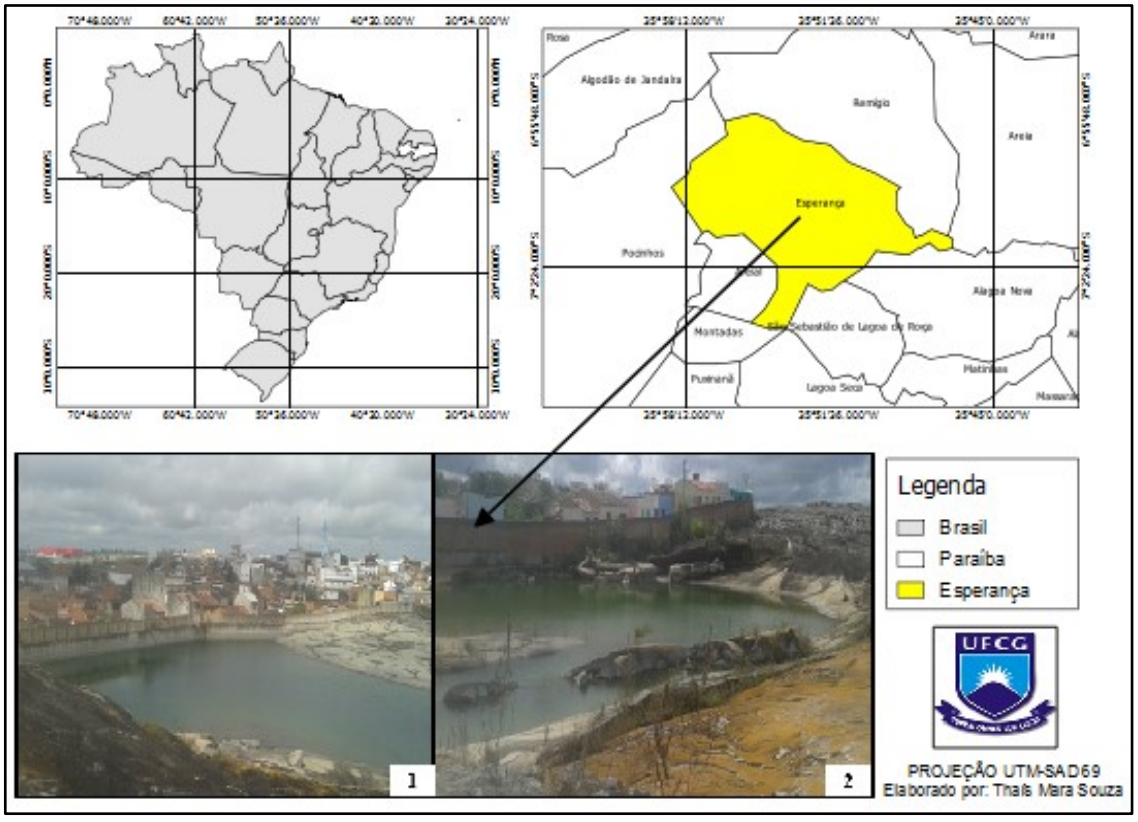


Figura 1. Localização do município de Esperança-PB com destaque para o Tanque do Araçá

No tocante a caracterização edafoclimática, vegetacional e hidrográfica, de acordo com a CPRM (2005), tem-se:

1) Geologia, geomorfologia e pedologia: o município de Esperança-PB detém uma base geológica composta de rochas graníticas-gnáissicas e ortognáisses; está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitudes variando entre 500 e 650 metros. Localmente, o relevo é formado por vales profundos e de estreitos dissecados.. A pedologia do município é formada por solos férteis, ocorrendo nas superfícies suave-onduladas a onduladas os Planossolos e os solos Podzólicos, e nas elevações ocorrem os solos rasos ou litólicos, além da presença de afloramentos rochosos (CPRM, 2005).

2) Clima, hidrografia e vegetação: o clima local é, predominantemente, semiárido, caracterizado pela alta taxa de evapotranspiração e pela variabilidade espaço-temporal das chuvas. Apresenta uma precipitação média de 650mm anuais. A hidrografia é composta por rios intermitentes/temporários pertencentes à bacia do Rio Mamanguape; os rios locais apresentam pequena vazão e baixo potencial de água subterrânea. Os cursos de águas têm

voltar ao
SUMÁRIO

escoamento intermitente e padrão dendrítico. A vegetação é composta, principalmente, por espécies do Bioma Caatinga com porte arbóreo-arbustivo (BRASIL, 2005, 2014; FERREIRA, 2015).

Em relação ao Tanque do Araçá, objeto de estudo, o mesmo se localiza no perímetro urbano e detém dois reservatórios que foram construídos sobre os afloramentos rochosos locais. O Tanque do Araçá detém, ainda, dois pontos (chafarizes) de distribuição d'água que são administrados pelo Poder Público municipal.É importante ressalvar que: mesmo com chegada da água encanada no município de Esperança-PB no ano de 1958, mediante a realização de obras pelo antigo DNOCS, a escassez d'água (resultada de fatores climáticos e da ineficácia das políticas de gestão hídrica), faz com que esses corpos hídricos situados sobre um afloramento rochoso, sejam amplamente procurados pela população local (FERREIRA, 2015).

Diante do exposto, entende-se que o Tanque do Araçá representa um importante meio de armazenamento e distribuição de água para a população local, sobretudo a mais carente, pois: para elas, as águas do reservatório representam a única alternativa no tocante a obtenção d'água para os diversos usos do cotidiano. Vale ressaltar, que nos períodos de racionamento, a oferta d'água é interrompida ou racionalizada pela concessionária responsável. Logo, os reservatórios do Tanque do Araçá tornam-se uma das principais fontes de oferta de água para a população local,

Por fim, a escolha do Tanque do Araçá como objeto de estudo se deu em virtude de alguns aspectos: 1) nos longos períodos de estiagem não há disponibilidade ou fornecimento de água a comunidade local; 2) as condições climáticas locais propiciam uma escassez hídrica que tem reduzido a oferta e disponibilidade de água; e 3) cerca de 100 famílias locais, de baixa renda, dependem exclusivamente das águas provenientes do Tanque do Araçá.

2.2 Procedimentos metodológicos

No tocante aos procedimentos metodológicos, o presente estudo, instruído por fundamentos teóricos-metodológicos, valeu-se de: estudos *in loco* (observações participantes); levantamento de imagens (fotografias) sobre os modos de captação e uso dos recursos hídricos; e entrevistas/conversas informais, as quais buscaram evidenciar os benefícios ou problemas correlacionados com a gestão das águas armazenadas no reservatório do "Tanque

do Araçá".

Diante do exposto, observa-se que o referente estudo é pautado na pesquisa qualitativa a qual se caracteriza como um entendimento dos significados e características de uma situação onde o pesquisador busca compreender os fenômenos, segundo a perspectiva dos atores sociais da situação estudada (FREITAS et al., 2012). Em suma, realizou-se uma pesquisa exploratória e descritiva, tomando por base fundamentos teóricos, observações *in loco,* registros icnográficos, e uso de entrevistas/conversas informais junto às famílias locais que utilizam as águas provenientes do Tanque do Araçá.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gestão dos recursos hídricos no Tanque do Araçá se dá através da existência de afloramentos rochosos com área aproximada de 2 hectares. Quando da ocorrência das chuvas, especialmente no período chuvoso (fevereiro a junho), há o escoamento superficial das águas que deslocam-se para dois reservatórios artificiais (tanques) construídos em marmitamentos do corpo rochoso.

Após serem armazenadas nos reservatórios/tanques, as águas das chuvas são bombeadas para duas caixas de alvenaria, onde é realizado o tratamento da água com a adição de cloro total, correspondente a um quantitativo: a) Caixa 1: adição de 300g de cloro para cada 13.000 (treze mil) litros armazenados; e b) Caixa 2: adição de 350g para um total de 14.000 (quatorze mil) litros. Após este tratamento prévio das águas, as mesmas são distribuídas, através de chafarizes, para a população que se utiliza de baldes e latas para locomoção das águas até suas residências (Figura 2 e 3).

voltar ao
SUMÁRIO

Figuras 2 e 3: Organização dos moradores com pequenos reservatórios para captação de água.

Vale a ressalva de que o chafariz abre a partir das 05:00 hrs da manhã e, em períodos de racionamento, muitos moradores colocam seus baldes e recipientes na fila do chafariz às 22:00 hrs do dia anterior, para abastecer-se da água no dia posterior. Tal realidade se dá porque as caixas só são abastecidas uma vez por dia.

Nos longos períodos de estiagem, o município de Esperança-PB passa por racionamento de água, e a população é obrigada a comprá-la. Todavia, muitas pessoas usufruem da água destes tanques, sem precisar pagar por esta. Apenas quando o reservatório está a baixo da sua capacidade mínima, é solicitado um limite fixo por casa habitante, de modo que a água possa ser distribuída para todos igualitariamente.

6.1 Benefícios socioeconômicos e ambientais dos tanques de pedra

Em se tratando de ações práticas de boa gestão, observou-se que os tanques de pedra tornam-se uma tecnologia simples e viável, pois eles detém: baixo custo de construção e manutenção; os afloramentos rochosos não permitem a percolação subterrânea, o que aumenta o volume superficial; e a declividade dos corpos rochosos facilitam o escoamento das águas para áreas mais baixas onde estão os marmitamentos ou tanques artificiais.

O Tanque do Araçá tem possibilitado inúmeros benéficos para a população local, dentre eles: aumento da oferta de água com a captação das águas das chuvas; múltiplos usos da água (higiene pessoal, limpeza das casas, etc.); atende às necessidades hídricas das famílias durante o período de estiagem; além de diminuir a pressão sobre os recursos hídricos de

voltar ao
SUMÁRIO

outros mananciais.

É importante lembrar que os tanques de pedra são sustentáveis do ponto de vista ambiental, pois: 1) não causam grande impactos para os recursos naturais (solo, fauna, flora, ar etc.); 2) aproveitam os afloramentos rochosos naturais para captação das águas das chuvas, o que inibe o desmatamento de áreas para este fim; e 3) possibilita a gestão eficiente dos recursos hídricos disponíveis localmente, o que diminui a pressão sobre os mananciais de água circunvizinhos.

Com a aplicação das entrevistas/conversas informais junto aos moradores, observou-se que a maioria utilizam-se da água local para atender suas necessidades básicas (higiene pessoal e limpeza doméstica). Mas, alguns alegaram que utilizam a mesma para beber, e que por isso tiveram problemas de saúde (diarreia, vômitos, etc.) em virtude de sua ingestão. Tendo em vista que a ingestão de água sem tratamento apropriado pode acarretar doenças de veiculação hídrica, a população investigada ressalva que deveria ter um melhor tratamento da água que está sendo distribuída. Todavia, é importante lembrar que: pode ser que as águas adquiriram contaminantes (agentes patógenos) quando d e seu transporte pelos moradores através de baldes/vasilhas que por vezes não são limpos/higienizados. Isto pode ser uma verdade quando se observou que as águas distribuídas pelo Poder Público local através dos chafarizes, elas adquirem tratamento com o uso de substâncias químicas, a exemplo da adição do cloro. Assim, pode-se deduzir que a contaminação das águas pode ocorrer pós distribuição pelo Poder Público, quando do uso de baldes/vasilhas/reservatórios não higienizados.

A questão da qualidade da água armazenada é um fator que se deve levar em consideração, pois esta, está atrelada à saúde pública; necessitando haver políticas que visem uma melhor manutenção e cuidado com a mesma (SANTOS e ALENCAR, 2014).

Conforme Júnior e Netto (2013), a política brasileira de recursos hídricos foi instituída para resolver complexas questões de usos das águas, basicamente, preservar e recuperar a qualidade das águas e oferecer quantidades adequadas aos diferentes usos. Diante disso, é preciso não apenas fornecer água em quantidade, mas também com qualidade. Ressalva-se, ainda, que: percebeu-se que as famílias, especialmente as de baixa renda, configuram-se como os principais usuários das águas do Tanque do Araçá-PB, o que revela que as condições socioeconômicas também devem ser levadas em conta quando da gestão das águas, pois a oferta de água de boa qualidade contribuirá para redução da vulnerabilidade socioeconômica

das famílias de baixa renda.

Finalmente, e de forma sucinta, observou-se que os tanques de pedra são para as famílias locais uma tecnologia simples que, apesar de alguns problemas na sua qualidade, possibilita uma boa gestão das águas chuvas para atender as necessidades das famílias locais que convivem com a escassez hídrica.

4. CONCLUSÃO

Com base nos estudos realizados, pôde-se concluir que os tanques de pedra localizado no Tanque do Araçá, Esperança-PB, são uma tecnologia simples que possibilita uma boa gestão dos recursos hídricos através da captação e armazenamento das águas das chuvas que se precipitam sobre a superfície dos afloramentos rochosos.

Dentre os benefícios advindos do uso dos tanques de pedras, observou-se: aumento da oferta de água para atender as necessidades hídricas das famílias locais; possibilitou a segurança hídrica, especialmente nos períodos de estiagem anual; e não causou impactos a fauna, flora, ar etc. Ressalva-se, também, que o "Tanque do Araçá" possui relevante importância social para população local, por possibilitar a manutenção de água nas residências dos moradores em períodos de estiagem; bem como na diminuição da pressão sobre os recursos hídricos de outros mananciais.

Finalmente, sabe-se que o uso dos tanques de pedra é uma prática de convivência com a escassez de água, exercendo importante função no suprimento das necessidades hídricas humanas e dos animais. Dessa forma, afirma-se que o tanque de pedra é uma tecnologia de fácil implementação que pode e deve ser utilizada como uma alternativa para promover a gestão dos recursos hídricos disponíveis em regiões semiáridas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e, de forma especial, somos gratos a Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio às pesquisas; a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado do Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de mestrado fornecida à autora; e, finalmente, a toda a comunidade local do município de Esperança que nos deram inúmeras informações para que pudéssemos concluir nossos estudos. A todos, somos eternamente gratos.

voltar ao
SUMÁRIO

6. REFERÊNCIAS

ANDRIGHETTI, Y. **Nordeste, Mito e Realidade**. São Paulo: Moderna, 2000.

BRASIL/MIN. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília-DF: 2005.

BRASIL. **Portaria 2914 de dezembro de 2014**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2011. 213p.

CARVALHO, C. P. O. Manuel Correia de Andrade e a Economia Política do Nordeste. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 6-16, abril/jun., 2014.

FREITAS, J. P. da; NETO, M. F. da S.; FREITAS, F. E. de; LINHARES, E. J.; MEDEIROS, M. C. S. Análise do uso e ocupação do solo no Assentamento Santo Antônio no município de Cajazeiras- PB. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia-Geoambiente On line**, Campus Jataí-UFG/GO, nº 18, Jan/Jun, 2012.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, Campinas, v.61, n.1, p.51- 58, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Censo demográfico e malha digital dos Municípios do Brasil.** Rio de Janeiro-RJ, 2010.

FRANCISCO, P.R.M.; PEREIRA, F.C.; BANDEIRA, M.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, M.J.; SILVA, J.V.N. 2013. Mapeamento pedoclimático da cultura da mamona no Estado da Paraíba. **Revista de Geografia,** V. 30, 132-145.

LIMEIRA, E. A. **Influência dos fenômenos acoplados oceano-atmosfera sobre os Vórtices Ciclônicos de altos níveis observados no Nordeste do Brasil.** Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2014.

SILVA, D. L. **O direito sanitário e a água para consumo humano**. 2004, 24f. Monografia (Especialização em Direito Sanitário) –Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2004.

PEREIRA, T. M. S.; SILVA; LIMA, J. A. **Atuação do Poder Público na Gestão Hídrica: Estudo de caso no tanque do Araçá, Esperança-PB**. II Workshop Internacional sobre àgua no Semiárido, Campina Grande- Novembro de 2015.

PEREIRA, M. L. T; SOARES, M. P. A; SILVA, E. A. MONTENEGRO, A. A. A., SOUZA, W. M. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress,** V. 02 N. 04) 394-

voltar ao
SUMÁRIO

402. (2017).

SILVA, V.P.R.; CORREIA, A.A.; COELHO, M.S. Análise de tendência das séries de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.111-114. 1998.

SILVA, C. M. S. E.; LÚCIO, P. S.; CONSTANTINO, M. H. Distribuição Espacial da Precipitação sobre o Rio Grande do Norte: Estimativas via Satélites e medidas por Pluviômetros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 337-346. 2012.

SILVA, J.A.L.; MEDEIROS. M.C.S.; CABRAL, L.C.; PEREIRA, T.M.S; LIMA, V.L.A. **Gestão hídrica a partir da captação das águas de chuvas em tanques de pedra**. II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido. Universidade Federal de Cmpina Grande, Campina Grande-PB, 2016.

voltar ao
SUMÁRIO

CAPÍTULO 59
UMA ANÁLISE SOBRE A TECNOLOGIA RENOVÁVEL: O USO DO BIODIGESTOR NA COMUNIDADE DO AGRESTE NORDESTINO

AN ANALYSIS ON RENEWABLE TECHNOLOGY: THE USE OF BIODIGESTOR IN THE COMMUNITY OF AGRESTE NORDESTINO

Walberto Luiz Gomes Wanderley*, André Felipe Oliveira da Silva, Mariana Caroline Gomes de Lima, João Paulo de Oliveira Santos, Áurea Nascimento de Siqueira Mesquita**

**Departamento Gestão Ambiental, IFPE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil.*
***Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.*

RESUMO
No Brasil, a necessidade para a utilização de alternativas de energia sustentável e renovável tem sido tema de discussão para o aumento do uso de recursos não renováveis em todo o planeta. No Nordeste pernambucano, existe a necessidade de utilização dos recursos naturais, devido a intensidade do desmatamento local na vegetação nativa conhecida como a Caatinga, nas atividades doméstica em zona rural. Portanto o objetivo desse trabalho é analisar a partir dos referenciais teóricos e pesquisas de técnicas utilizadas para a implantação do biodigestor como tecnologia renovável, situado no agreste de Pernambuco, sendo considerada uma alternativa sustentável dos recursos naturais em ambientes rurais. Ao analisar através de pesquisas teóricas e fundamentadas, o biodigestor apresenta como alternativa de energia que apresenta inúmeros benefícios, tanto social como econômico, além da redução do desmatamento da vegetação, contribuindo para manutenção da fauna e flora e trazendo contribuições sustentável e melhoria na qualidade de vida da zona rural.

Palavras-Chaves: Biodigestor; Energia Renovável; Meio ambiente.

ABSTRACT
In Brazil, the need for the use of sustainable and renewable energy alternatives has been a topic of discussion for increasing the use of non-renewable resources throughout the planet. In the Northeast of Pernambuco, there is a need to use natural resources, due to the intensity of local deforestation in the native vegetation known as the Caatinga, in domestic activities in rural areas. Therefore, the objective of this work is to analyze from the theoretical references and researches of techniques used for the implantation of biodigestor as a renewable technology, located in the agreste of Pernambuco, being considered a sustainable alternative of the natural resources in rural environments. When analyzing through theoretical and substantiated research, the biodigestor presents as an alternative energy that presents numerous benefits, both social and economic, in addition to reducing vegetation deforestation, contributing to the maintenance of fauna and flora and bringing sustainable contributions and improvement in the quality of rural life.

Keywords: Biodigestor; Renewable energy; Environment.

voltar ao
SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conservar os recursos naturais no Brasil e em todo o planeta terra, não é uma discussão nova, a decorrência de vários acidentes ecológicos vem preocupando a sociedade, sabendo-se que tais recursos naturais são limitados e que diretamente vem contribuindo para o desequilíbrio ambiental.

Os impactos ambientais vêm ocasionando efeitos negativos na vida do ser humano e dos demais seres vivos, desde o período industrial com o aumento da utilização dos recursos naturais até os dias atuais com o uso das tecnologias. Para amenizar os grandes impactos negativos na sociedade e no ambiente, vem buscando através das novas tecnologias a redução desses impactos que tem sido de suma importância para melhorar a qualidade de vida e conservar o meio ambiente. O uso recursos Renováveis é importante para a conservação ambiental, pois apresentam um custo para produção de energia, mais econômica e contribui para redução dos impactos no ambiente e é apresentada na natureza de forma abundante e reaproveitáveis (LIMA,2017).

No Nordeste brasileiro, especificamente na Região do Agreste de Pernambuco, a utilização de recursos não sustentáveis como o uso da lenha em atividades doméstica tem se tornado uma das principais causas de desaparecimento da vegetação da Caatinga, encontrado no agreste pernambucano, que tem gerado preocupações relevantes as questões da conservação ambiental.

As Famílias da zona rural, devido ao aumento do desmatamento e exploração para obtenção da lenha ou do carvão vegetal que significava autonomia nos recursos, passaram a utilizar o fogão a gás (Gás Liquefeito de Petróleo – GLP) combustível fóssil não renovável, que resulta dependência e custo na economia doméstica familiar, tornando preocupantes para esses pequenos produtores rurais pelas quais aumentou seu custo de vida na região.

Um alternativa encontrada para as famílias é a utilização de biodigestores, uma das novas tecnologias que é representada como fonte de energia renovável, que no Brasil, vem sendo implantada nas zonas rurais na qual corresponde de forma positiva em relação Custo x Benefícios, tendo como matéria - prima para a produção do biogás os estercos de animais criado nas propriedades rurais, isso resultando na autonomia e manutenção através da realização das próprias famílias não comprometendo o meio ambiente e as demais atividades

voltar ao
SUMÁRIO

de produção.

O objetivo principal analisar a implantação de biodigestores como tecnologia social sustentável na Região do Agreste de Pernambuco, sendo fonte de energia para a produção de biogás em pequenas áreas rurais, utilizando o reaproveitamento de dejetos de animais que irá contribuir para o controle da degradação ambiental e sua preservação, viabilizando a qualidade de vida dos moradores com a economia da utilização do biogás ao invés da compra de gás GLP para a produção de alimentos em fogões nas residências.

A produção do biogás é conhecida há muitos e muitos anos atrás, mas sua importância como qualquer outra energia alternativa renovável, só passou a ser reconhecida com seriedade no ocidente quando houve a crise energética

A crise do petróleo na década de 70 trouxe ao Brasil o biodigestor oriundo com os principais modelos na China e na Índia. No Nordeste foram implantados inúmeros programas com expectativas positivas para utilização desse projeto. (MANUAL DE TREINAMENTO DE BIODIGESTOR, 2008).No Brasil, o interesse pelo biogás é hodierno, porém muitos fazendeiros já tinham consciência há tempos. Atualmente existem pólos de disseminação representados pelas entidades de pesquisa que contribui para o desenvolvimento e aplicação dos biodigestores, contato com o apoio governamental e financiado (BATISTA, L.F, 1980.)

O biodigestor é uma tecnologia social sustentável que apresenta ganho triplo em propriedades rurais, contribuindo para produção de fertilizante, energia e saneamento. É uma alternativa para minimizar os impactos negativos causados pelas atividades humanas, através da sua implantação, irá reduzir custos e aumentará os benefícios dos produtores rurais e da população, melhorando a qualidade de vida que em geral depende do meio ambiente para sobreviver. O biodigestor é um reservatório lacrado, aonde encontra-se a matéria orgânica na ausência de oxigênio. Com a decomposição da biomassa pelas bactérias ocorre um processo natural de decomposição da matéria orgânica, cujo os produtos são biofertilizantes e biogás, esse processo pode trazer vantagens as famílias de propriedades rurais e conservar o meio ambiente (NOGUEIRA, 1986). Ele tem como finalidade a criação de um ambiente ideal para o desenvolvimento da cultura microbiana, tendo responsabilidade pela digestão anaeróbica da biomassa (COMASTRI FILHO, 1981).

Os biodigestores são ferramentas apropriadas para receber os dejetos que são formados por restos de urinas e fezes de animais que é criado na própria propriedade rural,

restos de alimentação digerida, porém não assimilada; restos celulares de bactérias, escamações epiteliais, água de lavagem das baias e desperdício de bebedouros, permitindo de forma econômica, pois será os dejetos que serão utilizado, apresentando maior rentabilidade nas propriedades rurais.

Portanto, o objetivo do trabalho é analisar por bases dos contextos historio e pela importância e preocupação com o meio ambiente, alternativas que vise, por meio do biodigestor minimizar os impactos negativos existente no ambiente, despertado interesses e preocupação para o ser humano em produção de energias renováveis, para ser implantada na agricultura sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Processo Histórico do Biodigestor

A utilização de resíduos orgânicos já eram utilizados na produção de energia, em 1776, o pesquisador Alessandro Volta, um italiano, descobriu o gás metano para ser incorporado e conhecido como "gás dos pântanos", utilizando a decomposição de vegetais.

No ano de 1806, o inglês, Humphrey Davy, identificou o gás enriquecido com o carbono e o dióxido de carbono, através da decomposição de dejetos de animais em locais úmidos. Na Índia, em 1857, na cidade de Bombaim, foi realizada a primeira instalação de destinada a produção do gás combustível, para energia do hospital de hansenianos (NOGUEIRA, 1986).

Segundo Nogueira (1986), Na Alemanha dois pesquisadores Fisher e Schrader e na França, o Grayon, realizaram uma base a partir dos experimentos e das teorias sobre a biodigestão anaeróbia, posteriormente no ano de 1890, o Donald Cameron, fez uma projeção de uma fossa séptica para a cidade de Exter, na Inglaterra que contribuiu para utilizar o gás produzido para iluminação da cidade em locais públicos.

Tais pesquisas de forma iniciais contribuíram para a difusão e aprimoramento do uso dos biodigestores como forma de tratar dejetos residenciais e de animais, para obtenção do biogás como conserva e fertilizante natural - biofertilizante (GASPAR, 2003).

O biogás, também considerado como gobar gás que significa na Índia como Gás de esterco, e utilizado como fonte de energia, motivou a China a adotar essa tecnologia no ano de

1958, até 1972, sendo instalados aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores localizados na região do Rio amarelo, tal região apresentavam condições climáticas para instalação e produção do biogás (GASPAR, 2003).

Um marco histórico da utilização de biodigestores foi decorrente da crise energética de 1973, na qual foi adotada essa nova alternativa de energia por países de terceiro Mundo, principalmente nos países como China e Índia. Em pleno século XXI, a expansão dos programas de biodigestores, voltados para a população chinesa devido a sua expansão populacional, não torna-se recomendável, devido a grande escala que se tornaria na produção agrícola que deveria ser em grande escala, pois a utilização de mecanização nas zonas rurais, reduziram qualitativamente o emprego, tornado um índice alarmante em grande escala para trabalhadores da zona rural. Devido a essa questão de perigo social e político, o governo chinês optou por técnicas rudimentares através do cultivo do solo com biodigestores desempenhando o papel em destaque. No caso da Índia, os problemas alimentícios e a falta de recursos naturais como combustíveis fósseis contribuem para o desenvolvimento tecnológico dos biodigestores.

2.2 Biodigestores e sua Importância

Considera-se o biodigestor como equipamento, cujo seu interior apresenta configurações que controla a temperatura, umidade, homogeneidade e aeração durante a produção de composto, ocorrendo um composto para produção de gás metano, sendo utilizado como combustível. O biodiegstor é considerado como uma grande ideia, devido sua simplicidade.

O biodigestor é um tanque que é protegido do contato com o ar atmosférico, na qual a matéria orgânica é contida nos efluentes é metabolizada através de bactérias nos quais se desenvolvem em ambientes sem oxigênio, como observada na Figura 01.

voltar ao
SUMÁRIO

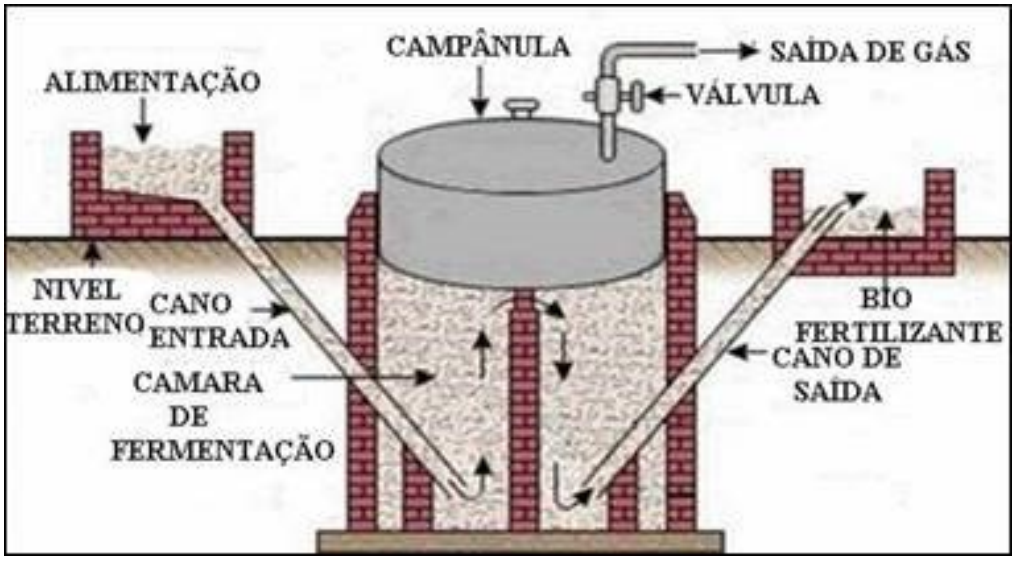


Figura 1: Modelo indiano de Biodigestor
Fonte: AEQ, 2015.

O modelo indiano (Figura 01) apresenta uma campânula como gasômetro, na qual é mergulhado sobre a biomassa em fermentação, é uma parede que divide a fermentação das duas câmaras. Além desse modelo, existem outros tipos de biodigestores, mas sempre apresenta duas partes comuns: o tanque que é o recipiente para colocar e permitir a digestão da biomassa e a campânula que também é considera como gasômetro por armazenar o biogás. No Brasil, o mais utilizado é o modelo chinês (Figura 02), no modelo da China, o abastecimento é descontínuo, ou seja, antes da utilização deve ocorrer uma lavagem do biodigestor frequente.

voltar ao
SUMÁRIO

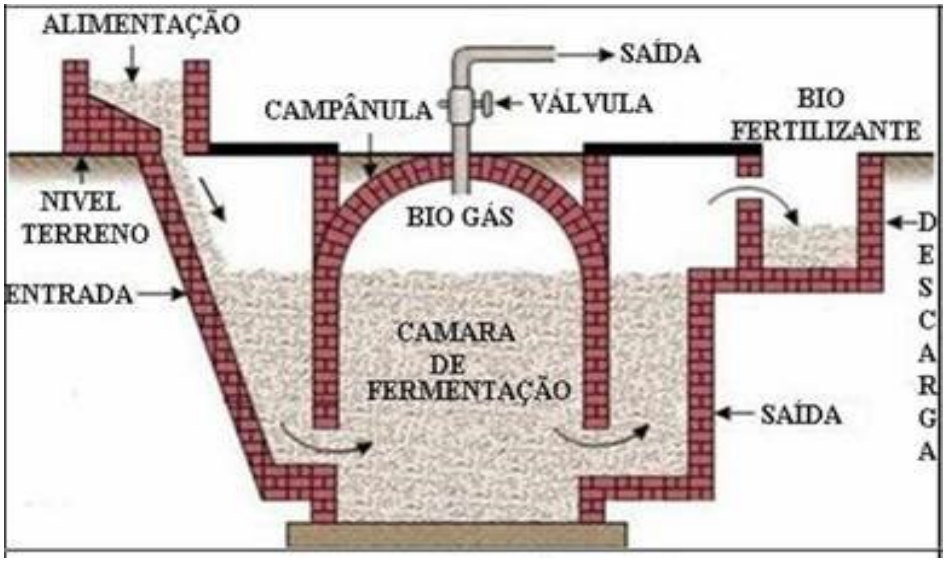


Figura 2: Modelo Chinês de Biodigestor
Fonte: AEQ, 2015.

Existe o terceiro modelo de biodigestor que é o canadense ou conhecido também por marinha (Figura 03), foi confeccionado em locais de lençóis freáticos constituído sob o solo. De acordo com Filho (2007), o modelo aumenta sua produção de gás em dias mais quentes devido a sua cúpula com maior área exposta ao sol e infla.

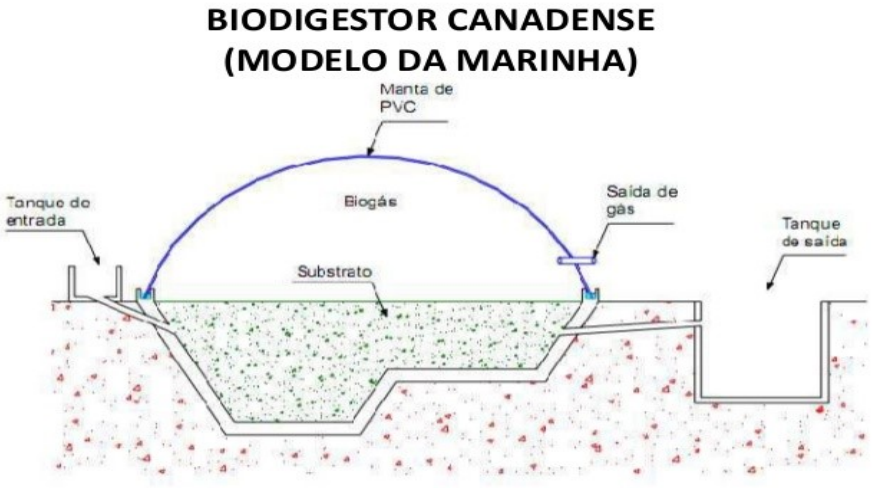


Figura 3: Modelo Canadense de Biodigestor
Fonte: AEQ, 2015

2.3 Biodigestor: Vantagens das Instalações

Os biodigestores são revestidos por equipamentos apropriados, para receber os dejetos

voltar ao
SUMÁRIO

e restos de alimentos. Em zonas rurais, pois contribuem para a instalação devido a criação de animais (PEREIRA, 2011).

As principais vantagens da instalação do biodigestor

Dentre os benefícios de instalação do equipamento adequado de biodigestores são:

- O Baixo custo para implantação e instalação;
- Baixocusto da operação;
- Adequada eficiência na remoção de diversas categorias (orgânicas, poluentes, nutrientes e etc);
- Não há consumo de energia elétrica, já que a bomba é dispensa;
- Redução na produção do Lodo;
- Produção de metano, gás de elevado teor calorífico;
- Recurso renovável;
- Pode ser instalado em áreas rurais;
- Utilização de dejetos de urina e fezes, além de restos de alimentos.

Para a instalação do biodigestor, as exigências são mínimas e traz muitas vantagens para propriedades rurais, reduzindo o custo e aumentando o benefício através da instalação.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Agreste Nordestino, está localizado na região Nordeste do País, entre transição da Zona da Mata e o Sertão, corresponde a seis Estados brasileiros (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

No Agreste Pernambucano, compreende-se aos seguintes municípios que se insere nesta localidade: També, Timbaúba, Orobó, Bom Jardim, João Alfredo, Limoeiro, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Surubim, Vertentes, Taquaritinga do Norte, Toritama, Riacho das Almas, Gravatá, Bezerros, Camocim de São Félix, Bonito, São Joaquim do Monte, Agrestina, SantaCruz do Capibaribe, Brejo da Madre de Deus, São Caetano, Altinho, Caruaru, Cupira, Quipapá, Panelas, Jurema, Lajedo, Angelim, Canhotinho, Palmeirina, Alagoinha, Garanhuns, Correntes, Belo Jardim, Sanharó, Poção, Pesqueira, São Bento do Una, Bom

voltar ao
SUMÁRIO

Conselho, Pedra e Arcoverde, conforme apresenta na Figura 4 (LIMA 2007).

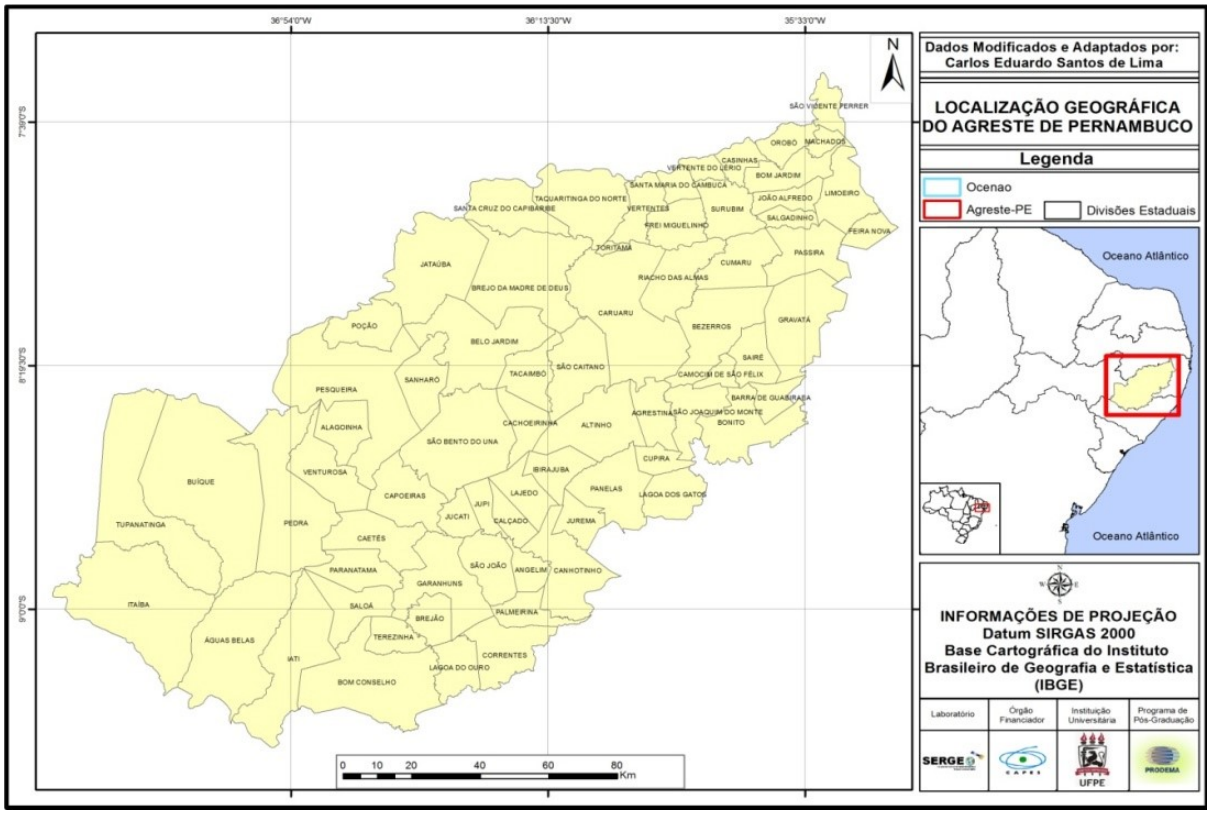


Figura 4: Localização Geográfica do Agreste de Pernambuco. Adaptado por: Carlos Lima, 2017.

No Agreste Pernambucano apresenta a maior zona fitogeográfica, caracterizada pela vegetação da Caatinga, apresentando uma vegetação de porte baixo ou médio, do tipo tropófila (decídua) rica em espinho, na qual apresenta interpondo com as Cactáceas e Bromeliáceas. O clima é seco e solos rasos, variando de acordo com pluviosidade e altitude (LIMA, 2007).

4. RESULTADOS

O Biodigestor é fundamental para o desenvolvimento da população local, apesar das dificuldades enfrentadas devido à falta de subsídios que dificulta, mas é uma energia que é limpa e altamente renovável, que contribuiu para minimizar os impactos ambientais no Agreste Pernambucano.A pesquisa identificou que tal tecnologia é viável para aquela localidade, pois apresenta muitos animais que contribuem com a produção do biodigestor,

voltar ao
SUMÁRIO

além de trazer a redução de custos para os moradores locais.

Outro benefício do biogás que é de fácil acesso e manutenção. A inovação dessas tecnologias apresenta parceira com o Governo do Estado de Pernambuco, através dos programas sócios, além de parcerias com Instituições de Ensino Federal que contribui para implantação dessas tecnologias no Agreste.O projeto é muito utilizado em pequenas propriedades, que apresentar muitos resíduos orgânicos devido a atividade pecuária local. Essa tecnologia melhora a qualidade de vida da população, conservando o meio ambiente e é considerada como tecnologia de baixo custo.

Atrás do levantamento bibliográfico em artigos, dissertações e pesquisas, pode-se constatar que o projeto de implantação no agreste de Pernambuco, torna-se fundamente devido a potencialidade existente na região, nas áreas rurais do agreste, na qual predomina a atividade pecuária, subsidiando o biodigestor.

5. CONCLUSÃO

O biodigestor é uma tecnologia sustentável que irá melhora a qualidade de vida das famílias que habitam em áreas rurais, na qual possuem toda uma estrutura viável para sua construção e funcionamento. É um equipamento que tem a finalidade de produzir o biogás com recursos próprios da zona rural.

O Biodigestor apresenta inúmeros benefícios, além de baixo custo para implantação, baixo custo operacional, adequada eficiência na remoção poluente, não existe consumo de energia elétrica, existe inúmeras vantagens na instalação do biodigestor de dejetos nas propriedades rurais, sua instalação é simples e necessitam dos dejetos, manejo adequado, investimento inicial e operação de manutenção. O estudo foca na a aplicação do biodigestor como uso de conscientização dos moradores que utilizam dejetos de animais para sua reutilização que beneficiará de forma direta (custo e benefícios), além de sua utilização sem prejudicar o meio em que habita. Tais resultados serão adquiridos a partir da análise de campo que mostrará os limites e as possibilidades do estudo e que permitirá tais resultados com êxito e precisão.

voltar ao
SUMÁRIO

6. REFERÊNCIAS

Agência Embrapa de Informação Tecnológica – EMBRAPA.**Biogás: Fonte Alternativa de Energia 1980.** Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/> Acesso: 01 Set. 2017.

BATISTA, L.F. **Manual Técnico; Construção e Operação de Biodigestores**. Brasília, EMBRATER, 1980.

COMASTRI FILHO, José Aníbal. Biogás, **independência energética do Pantanal Matogrossense**. Circular Técnica nº 9, EMBRAPA: Corumbá, 1981.

FILHO, T. G. L.; SALOMOM, K. R>**Biomassa**. Itajuba, MG: PAPEPE,2007.

LIMA. D. A. **Estudos Fitogeográficos de Pernambuco.** Disponível em:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34635/1/AAPCA-V4-Artigo-01.pdf> Acesso em: 10 Dez. 2017.

GASPAR, M. B. L.**Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR.** Disponível em:<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85585/224646.pdf> Acesso em: 03 Dez. 2017.

LIMA H**. Sustentabilidade Energética e Ambiental do Sítio Ecológico Falkoski.** Disponível em:

Manual Treinamento de Biodigestor 2008. Disponível em: < http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf >. Acesso: 23 Jun. 2017.

NOGUEIRA, Luiz A. **Horta. Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

PEREIRA, G. **Viabilidade econômica da instalação de um biodigestor em propriedades rurais.** Disponível em:<http://www.ideau.com.br/getulio/restrito/upload/revistasartigos/76_1.pdf> Acesso em: 25. Dez 2017.

PEREIRA L. **A Construção e o Papel Ambiental de um Biodigestor.** Disponívelem:<http://catolicadeanapolis.edu.br/revmagistro/wpcontent/uploads/2013/05/BIO DIGESTOR.pdf >. Acesso: 23 Out. 2017.

voltar ao
SUMÁRIO