

Geografia Física II

Fernando Moreira da Silva
Marcelo dos Santos Chaves
Zuleide Maria C. Lima



Geografía Física II

Fernando Moreira da Silva
Marcelo dos Santos Chaves
Zuleide Maria C. Lima

Geografia

Geografia Física II

2ª Edição



Natal - RN, 2011

Governo Federal

Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Vice-Presidente da República

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Ministro da Educação

Fernando Haddad

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Reitora

Ângela Maria Paiva Cruz

Vice-Reitora

Maria de Fátima Freire Melo Ximenes

Secretaria de Educação a Distância (SEDIS)

Secretária de Educação a Distância

Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo

Secretária Adjunta de Educação a Distância

Eugênia Maria Dantas

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS

Marcos Aurélio Felipe

GESTÃO DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS

Luciana Melo de Lacerda

Rosilene Alves de Paiva

PROJETO GRÁFICO

Ivana Lima

REVISÃO DE MATERIAIS

Revisão de Estrutura e Linguagem

Eugenio Tavares Borges

Janio Gustavo Barbosa

Jeremias Alves de Araújo

Kaline Sampaio de Araújo

Luciane Almeida Mascarenhas de Andrade

Thalyta Mabel Nobre Barbosa

Revisão de Língua Portuguesa

Camila Maria Gomes

Cristinara Ferreira dos Santos

Emanuelle Pereira de Lima Diniz

Flávia Angélica de Amorim Andrade

Janaina Tomaz Capistrano

Priscila Xavier de Macedo

Rhena Raíze Peixoto de Lima

Samuel Anderson de Oliveira Lima

Revisão das Normas da ABNT

Verônica Pinheiro da Silva

EDITORIAÇÃO DE MATERIAIS

Criação e edição de imagens

Adauto Harley

Anderson Gomes do Nascimento

Carolina Costa de Oliveira

Dickson de Oliveira Tavares

Heinkel Hugenin

Leonardo dos Santos Feitoza

Roberto Luiz Batista de Lima

Rommel Figueiredo

Diagramação

Ana Paula Resende

Carolina Aires Mayer

Davi Jose di Giacomo Koshiyama

Elizabeth da Silva Ferreira

Ivana Lima

José Antonio Bezerra Junior

Rafael Marques Garcia

Módulo matemático

Joacy Guilherme de A. F. Filho

IMAGENS UTILIZADAS

Acervo da UFRN

www.depositphotos.com

www.morguefile.com

www.sxc.hu

Encyclopædia Britannica, Inc.

Catalogação da publicação na fonte. Bibliotecária Verônica Pinheiro da Silva.

Silva, Fernando Moreira da.

Geografia Física II / Fernando Moreira da Silva, Marcelo dos Santos Chaves e Zuleide Maria C. Lima. – 2. ed. – Natal: EDUFRN, 2011.

294 p.: il.

ISBN 978-85-7273-875-0

Disciplina ofertada ao curso de Geografia a Distância da UFRN.

1. Geografia física. 2. Meteorologia. 3. Atmosfera terrestre. I. Chaves, Marcelo dos Santos. II. Lima, Zuleide Maria C. III. Título.

CDU 911.2
S586g

Sumário

Apresentação Institucional	5
Aula 1 Atmosfera terrestre	7
Aula 2 Sistema de coleta de dados meteorológicos	29
Aula 3 Variáveis meteorológicas	51
Aula 4 Trocas de calor na atmosfera	77
Aula 5 Massas de ar e circulação da atmosfera	103
Aula 6 Sistemas sinóticos e classificação climática	125
Aula 7 Gênese dos solos	145
Aula 8 Relação entre pedogênese e morfogênese e morfologia dos solos	169
Aula 9 Propriedades dos solos – características químicas e mineralógicas	193
Aula 10 Uso e conservação do solo: produção agrícola e manejo de bacias hidrográficas	211
Aula 11 Uso, conservação, erosão e poluição dos solos	239
Aula 12 Classificação e tipos de solos do Brasil e do estado do Rio Grande do Norte	265

Apresentação Institucional

A Secretaria de Educação a Distância – SEDIS da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, desde 2005, vem atuando como fomentadora, no âmbito local, das Políticas Nacionais de Educação a Distância em parceria com a Secretaria de Educação a Distância – SEED, o Ministério da Educação – MEC e a Universidade Aberta do Brasil – UAB/CAPES. Duas linhas de atuação têm caracterizado o esforço em EaD desta instituição: a primeira está voltada para a Formação Continuada de Professores do Ensino Básico, sendo implementados cursos de licenciatura e pós-graduação *lato e stricto sensu*; a segunda volta-se para a Formação de Gestores Públicos, através da oferta de bacharelados e especializações em Administração Pública e Administração Pública Municipal.

Para dar suporte à oferta dos cursos de EaD, a Sedis tem disponibilizado um conjunto de meios didáticos e pedagógicos, dentre os quais se destacam os materiais impressos que são elaborados por disciplinas, utilizando linguagem e projeto gráfico para atender às necessidades de um aluno que aprende a distância. O conteúdo é elaborado por profissionais qualificados e que têm experiência relevante na área, com o apoio de uma equipe multidisciplinar. O material impresso é a referência primária para o aluno, sendo indicadas outras mídias, como videoaulas, livros, textos, filmes, videoconferências, materiais digitais e interativos e webconferências, que possibilitam ampliar os conteúdos e a interação entre os sujeitos do processo de aprendizagem.

Assim, a UFRN através da SEDIS se integra o grupo de instituições que assumiram o desafio de contribuir com a formação desse “capital” humano e incorporou a EaD como modalidade capaz de superar as barreiras espaciais e políticas que tornaram cada vez mais seletivo o acesso à graduação e à pós-graduação no Brasil. No Rio Grande do Norte, a UFRN está presente em polos presenciais de apoio localizados nas mais diferentes regiões, ofertando cursos de graduação, aperfeiçoamento, especialização e mestrado, interiorizando e tornando o Ensino Superior uma realidade que contribui para diminuir as diferenças regionais e o conhecimento uma possibilidade concreta para o desenvolvimento local.

Nesse sentido, este material que você recebe é resultado de um investimento intelectual e econômico assumido por diversas instituições que se comprometeram com a Educação e com a reversão da seletividade do espaço quanto ao acesso e ao consumo do saber E REFLETE O COMPROMISSO DA SEDIS/UFRN COM A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA como modalidade estratégica para a melhoria dos indicadores educacionais no RN e no Brasil.

**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
SEDIS/UFRN**

Atmosfera terrestre

Aula

1



Apresentação

Este é o nosso primeiro encontro. Você será convidado a conhecer a composição da atmosfera, suas camadas e o comportamento radiativo de cada camada. Além disso, você vai perceber que essa é a primeira das aulas que estão dedicadas especificamente à Meteorologia, ou seja, você vai estudar, em Geografia Física II, os diferentes aspectos da Ciência Meteorológica. Esse estudo vai permitir que você compreenda os objetivos da disciplina, dando-lhe, assim, condições de assimilar conteúdos referentes à atmosfera terrestre.

Objetivos

- 1** Compreender o conceito de Meteorologia, assim como um pouco de sua História.
- 2** Entender os tipos de gases que formam a atmosfera e suas respectivas relevâncias.
- 3** Entender o comportamento das camadas atmosféricas.



Breve história da meteorologia

Você já ouviu falar em Meteorologia? Ela está muito presente em nossas vidas, não é mesmo? É comum a gente questionar como será o tempo amanhã, se vai chover, se vai fazer Sol e assim por diante. Meteorologia é o estudo da atmosfera e seu comportamento frente às condições de tempo na superfície da Terra.



Termômetro

Um **termômetro** ou **termómetro** é um aparelho usado para medir a temperatura ou as variações de temperatura. Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Termômetro>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

Barômetro

O **barômetro** ou **barómetro** é um instrumento para medir a pressão atmosférica. Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Barômetro>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

Hidrômetro

Hidrômetro ou **contador de água** é um instrumento de medição da umidade do ar. Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidrômetro>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

Um pouco da História da Meteorologia

O termo Meteorologia vem do filósofo grego Aristóteles, que por volta de 340 a.C. escreveu um livro de Filosofia Natural intitulado *Meteorologica*. Esse trabalho representa a soma do conhecimento sobre o tempo e clima da época, assim como o material astronômico, geográfico e químico. Alguns dos tópicos citados incluem nuvens, chuva, neve, vento, granizo, trovão e furacões.

Naquela época, tudo que caía do céu ou era visto no céu era chamado de meteoro, daí o termo “Meteorologia”. Atualmente, diferenciam-se aqueles meteoros que vêm do espaço (meteoróides) dos que são partículas de água e gelo observados em nossa atmosfera (hidrometeoros).

No livro *Meteorologica*, Aristóteles explica fenômenos atmosféricos de uma maneira indagativa, com pouca argumentação física. Muitas dessas indagações eram errôneas, mas foram aceitas por quase dois mil anos. Na verdade, o nascimento da Meteorologia como uma genuína Ciência Natural não ocorreu até o surgimento dos primeiros instrumentos meteorológicos: o **termômetro**, no final do século XVI, o **barômetro**, em meados do século XVII, e o **hidrômetro**, por volta do século XVIII. Com as observações obtidas dos instrumentos disponíveis, foi possível explicar certos fenômenos usando experiência científica e as leis da física que iam sendo desenvolvidas.

Assim que mais e melhores instrumentos foram desenvolvidos nos anos 1800, a ciência da Meteorologia progrediu. Idéias sobre ventos e tempestades foram surgindo – pelo menos parcialmente entendidas – e os primeiros mapas meteorológicos foram desenhados. Por volta de 1920, os conceitos de massas de ar e de frentes foram formulados na Noruega por Bergeron e Bjerknes, respectivamente. No século XX, precisamente nos anos 40, observações diárias de temperatura, umidade e pressão, através de balões meteorológicos, deram a visão tridimensional da atmosfera.



Figura 1 – A atmosfera terrestre vista do espaço.

A Meteorologia deu mais um passo adiante a partir do século XX, nos anos 50, quando foram desenvolvidos computadores de alta velocidade para solucionar as equações que descrevem o comportamento da atmosfera. Os computadores favoreceram a confecção de mapas de forma otimizada, o que permitiu um avanço na previsão de um estado futuro da atmosfera. Em 1960, foi lançado o primeiro satélite meteorológico, *Tiros 1*, trazendo informações através de fotos tiradas dia e noite de nuvens e tempestades e dando a idéia visual de como circula o vapor d'água em volta do globo. Nos dias atuais, mais satélites com maior grau de precisão e sofisticação estão sendo desenvolvidos para atender a computadores com cada vez mais capacidade de processamento de dados. Isso permite previsões de tempo e clima com mais precisão e por períodos mais longos, desde horas até dias (previsão de tempo) ou o comportamento de uma estação do ano (previsão de clima), mostrando, dessa forma, como deve ser o comportamento futuro da atmosfera.

A pesquisa científica da atmosfera e as aplicações que dela decorrem definem o Universo e a abrangência da Meteorologia. Um dos principais objetivos operacionais da Meteorologia é a previsão do tempo, entendida aqui como a previsão dos fenômenos atmosféricos que ocorrerão em um período futuro de até 15 dias. Além da previsão do tempo, há a determinação da tendência das flutuações climáticas, em geral referida simplesmente como **tendência climática**. Nesse caso, a tendência procura estabelecer as condições das flutuações climáticas do próximo ano ou da próxima estação – se a temperatura, umidade do solo ou precipitação estará acima, abaixo ou próxima do valor esperado. Assim, a previsão do tempo é definida para diferentes escalas temporais e espaciais. Muitos dos sistemas atmosféricos apresentam uma combinação complexa nos fenômenos envolvidos, devido às suas diferentes escalas.

Os prognósticos ou previsões dos fenômenos do tempo local, principalmente daqueles fenômenos associados ao tempo severo (como tempestades, ventanias, rajadas, pancada de chuva e granizo), são muito importantes para uma vasta gama de atividades humanas, assim como para o entendimento das transformações rápidas do Meio Ambiente. Por exemplo, nas grandes cidades, os fenômenos meteorológicos mais críticos definem as condições de salubridade e a qualidade ambiental às quais a população está sujeita. Entre esses fenômenos, estão as inundações, as estiagens, a disponibilidade de água potável, as condições críticas de temperaturas extremas (ondas de calor), em geral associadas a baixos valores de umidade relativa do ar e os eventos críticos de poluição do ar, associados às concentrações de poluentes atmosféricos acima de valores aceitáveis à saúde humana, animal e vegetal. Assim, a população mundial urbana tem hoje uma percepção crescente quanto à sua vulnerabilidade aos riscos ambientais.



Figura 2 – Exemplos de poluição atmosférica e das ações humanas contra o ambiente.

A atmosfera é apenas um dos cinco sistemas que determinam o clima na Terra, além da criosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera. É, também, um dos componentes do chamado Sistema Ambiental do Planeta, do qual também participam o Oceano, a superfície planetária em geral (solos, vegetação) e o conjunto dos seres vivos. Esse Sistema é caracterizado por uma complexa rede de inter-relações, envolvendo processos de trocas de energia. Sua função é promover a distribuição da energia térmica proveniente do Sol, reduzindo as amplitudes entre as temperaturas diurnas e noturnas; portanto, determinando o modo como a energia solar entra e sai do planeta.

A fim de estudar a atmosfera terrestre, a Meteorologia faz uma divisão por camadas segundo seu perfil térmico. Trataremos, então, da composição da atmosfera e das suas diferentes camadas.



Atividade 1

- a)** Como o filósofo Aristóteles, 340 a.C., estudou a atmosfera?
- b)** O que é Meteorologia?
- c)** Pesquise em livros ou sites meteorológicos alguns conceitos fundamentais que indiquem as divisões da Meteorologia. Enumere, também, qual a importância dessa Ciência na nossa sociedade.

Composição da atmosfera

O ar atmosférico é constituído por diferentes gases que estão agregados à superfície terrestre pela atração da gravidade. Não existe um limite superior para a atmosfera no sentido físico, verificando-se apenas uma progressiva rarefação do ar com a altitude. Para estudos em Meteorologia, geralmente se considera que a atmosfera terrestre possui entre 80 e 100 *km* de espessura. Isso significa que ela representa cerca de 1,6% do raio médio do planeta. No entanto, sob o ponto de vista da Meteorologia, a porção mais importante da atmosfera se restringe a apenas 0,3% do raio do planeta, justificando, portanto, a crescente preocupação em preservá-la. A temperatura do ar é a grandeza metrológica utilizada para dividir a atmosfera terrestre em camadas. A relação entre temperatura e altura (assim como os limites entre as diversas camadas) varia, entre outros fatores, em função do local e do período do ano.

Sob o ponto de vista termodinâmico, a atmosfera é um sistema aberto (há intercâmbio de massa com a superfície terrestre e com o espaço), multicomponente, com várias fases envolvidas, tais como ganho e perdas de energia, além da dispersão de massa. A fase dispersante é o ar propriamente dito: uma mistura homogênea de Nitrogênio (N_2), Oxigênio (O_2), Argônio (Ar), Dióxido de Carbono (CO_2) e outros gases que figuram em pequenas porções, chamados constituintes menores, conforme pode ser visto na Tabela I, juntamente com o vapor d'água. As fases dispersas – líquida e sólida – estão representadas por partículas de natureza hídrica ou não, em suspensão ou em queda livre. O estudo das fases dispersas é, por comodidade, feito separadamente.

Para entender bem os processos físicos que se produzem na atmosfera, é necessário, primeiramente, conhecer sua composição. Na análise da composição do ar é conveniente suprimir o vapor d'água exatamente porque sua concentração varia bastante no espaço e no tempo, alterando as proporções dos demais constituintes. Quando se desumidifica o ar, obtém-se o chamado “ar seco”. A composição média do ar seco é praticamente constante até cerca de 25 *km* de altitude (Tabela I).

Você deve perceber que, como se trata de constituintes encontrados em pequenas proporções, é evidente que essas flutuações não são suficientes para alterar de modo expressivo a composição do ar seco.

Tabela 1 – Composição da atmosfera (altitude de 0 a 25 *km*)

Constituinte	Fórmula	% em volume	ppm
Nitrogênio	N_2	78,08	780.800
Oxigênio	O_2	20,95	209.500
Argônio	Ar	0,93	9.300
Dióxido de carbono	CO_2	0,0358	358
Neônio	Ne	0,0018	18
Hélio	He	0,00052	5,2
Metano	CH_4	0,00017	1,7
Criptônio	Kr	0,00011	1,1
Hidrogênio	H_2	0,00005	0,5
Óxido nitroso	N_2O	0,00003	0,3
Ozônio	O_3	0,00004	0,04

Fonte: Masters (1997, p. 22).



358

Em 2000, o CO_2 era de 365 ppm.

Importância dos principais gases atmosféricos

Nitrogênio:

Embora seja o constituinte mais abundante, não desempenha nenhum papel relevante, em termos químicos e energéticos, nas vizinhanças da superfície terrestre. Na alta atmosfera, no entanto, esse gás absorve um pouco de energia solar de pequeno comprimento de onda (no domínio do ultravioleta), passando à forma atômica.

Oxigênio e Ozônio:

O Oxigênio desempenha um papel essencial: do ponto de vista biológico, torna possível a vida aeróbica da Terra. A ele se deve a oxigenação de compostos orgânicos, através do processo fisiológico da respiração. Além disso, possibilita a formação de Ozônio na atmosfera.

Na alta atmosfera, o Oxigênio Molecular (O_2) se dissocia quando absorve energia ultravioleta proveniente do Sol. A energia que provoca a fotodissociação do Oxigênio Diatômico possui comprimento de onda entre $1,3 \times 10^{-4}$ e $2,0 \times 10^{-4}$ cm, aproximadamente. A reassociação fotoquímica em três átomos de Oxigênio é a maior responsável pela formação do Ozônio (O_3) na atmosfera. No entanto, o Ozônio também se forma através das descargas elétricas, mas essa quantidade é insignificante.

O Ozônio (O_3) é encontrado desde níveis próximos da superfície terrestre até cerca de 100 *km* de altitude. Por ser a mais rica em Ozônio, a camada compreendida entre 10 e 70 *km* é conhecida como ozonoesfera. A concentração desse gás varia com a latitude e, em uma dada latitude, com a época do ano, com a hora do dia e ainda com a maior ou menor atividade do Sol. Quando se considera a média espaço-temporal para todo o planeta, a maior concentração de O_3 situa-se em torno de 35 *km* de altitude.

O Ozônio é um gás instável. Ao absorver radiação solar ultravioleta, dissocia-se, produzindo uma molécula e um átomo de Oxigênio.

Graças às propriedades radiativas que possui, o Ozônio se torna um dos mais importantes gases da atmosfera terrestre. Sabe-se que o excesso de radiação solar ultravioleta que passaria a atingir a superfície terrestre caso a concentração de ozônio diminuísse causaria grandes queimaduras na epiderme dos seres vivos, aumentando drasticamente a incidência de câncer de pele. Por outro lado, se a concentração de ozônio aumentasse, ao ponto de absorver toda a radiação ultravioleta solar, não haveria formação de vitamina D no organismo animal; por consequência, a formação óssea ficaria prejudicada. O conhecimento dos perigos causados

pela ação humana tem provocado protestos e movimentos de alerta em todo o mundo. Diversos órgãos governamentais ou não-governamentais têm produzido materiais didáticos e/ou educacionais, em geral baseados em avaliações do *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (traduzindo, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas).



Atividade 2

1

Qual a importância dos principais gases atmosféricos?

2

Cite os elementos que compõem a atmosfera e suas principais características.

3

Faça uma pesquisa e disserte sobre os principais problemas causados pelo homem que alteraram a composição de nossa atmosfera.

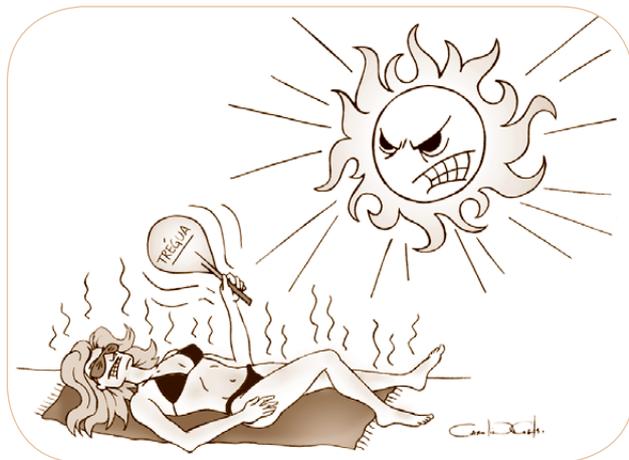


Figura 3 – Exposição excessiva aos raios solares.

Vapor d'água:

A concentração de vapor d'água na atmosfera, embora relativamente pequena, ultrapassa 4% em volume, é bastante variável e, em geral, diminui com a altitude. Em regiões tropicais e úmidas, por exemplo, o vapor d'água pode ser encontrado, próximo à superfície, em uma proporção tão alta quanto 40 gramas por quilograma de ar seco. Nas zonas polares frias e secas, essa cifra pode cair para 0,5 grama por quilograma de ar.

Apesar de sua baixa concentração, o vapor d'água é um constituinte atmosférico importantíssimo por interferir na distribuição da temperatura: em primeiro lugar, porque participa ativamente dos processos de absorção e emissão de calor sensível para a atmosfera; em segundo, atua como veículo de energia ao transferir calor latente de evaporação de uma região para outra, o qual é liberado como calor sensível, quando o vapor se condensa.

Além disso, deve-se ressaltar que o vapor d'água é o único constituinte da atmosfera que muda de estado em condições naturais; em consequência disso, é o responsável pela origem das nuvens e por uma extensa série de fenômenos atmosféricos importantes (chuva, neve, orvalho etc.), e sua proporção na atmosfera determina o nível de conforto ambiental.

Gás Carbônico:

Do total de Dióxido de Carbono existente na Terra, cerca de 98% se encontra dissolvido na água dos oceanos, sob a forma de bicarbonato. Quase todo o restante está na atmosfera, onde sua concentração oscila muito pouco, em torno de 0,5 g por quilograma de ar. Porém, essa concentração pode aumentar consideravelmente nas vizinhanças dos grandes parques industriais e dos aglomerados urbanos de maior porte.

Há um intercâmbio contínuo entre o Gás Carbônico, a atmosfera e os seres vivos (respiração e fotossíntese), os materiais da crosta (combustão e oxidação) e os oceanos. Cerca de 90% dos constituintes vegetais não provêm do solo, mas da atmosfera, através da atividade fotossintética. O Carbono, integrante das moléculas sintetizadas pelos vegetais, provém do Gás Carbônico atmosférico. O CO_2 também desempenha um papel de destaque na energética do sistema globo-atmosfera, absorvendo energia solar e terrestre de determinados comprimentos de onda. Por outro lado, emite energia em direção à superfície terrestre.



Atividade 3

- a) Quais os efeitos da radiação ultravioleta na saúde humana?
- b) Pesquise e enumere quais as principais ações humanas que modificam as questões ambientais, principalmente a qualidade atmosférica do nosso planeta. Aponte, também, quais são suas possíveis consequências.

Camadas da atmosfera

A atmosfera é apenas um dos cinco sistemas que determinam o clima na Terra, além da **criosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera**. Sua função é promover a distribuição da energia térmica proveniente do Sol, reduzindo as amplitudes entre as temperaturas diurnas e noturnas e, portanto, determinando o modo como a energia solar entra e sai do planeta.

Atualmente, os meteorologistas sabem que, para prever a futura evolução da atmosfera, devem considerá-la como um todo. Portanto, utilizam cada vez mais satélites, foguetes e equipamentos eletrônicos para estudar a alta atmosfera, ampliando, ao mesmo tempo, as redes de estações meteorológicas na superfície da Terra.

A temperatura do ar é a grandeza metrológica utilizada para dividir a atmosfera terrestre em camadas. A relação entre temperatura e altura e os limites entre as diversas camadas variam, entre outros fatores, em função do local e o período do ano.

Segundo o critério técnico, a atmosfera está dividida em quatro camadas aproximadamente homogêneas – a troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera – junto com a ionosfera e a exosfera, sendo as primeiras separadas por três zonas de transição: tropopausa, estratopausa e mesopausa. No estudo dessas camadas, não se pode perder de vista que se trata de um meio fluido; assim, não se pode esperar que existam limites definidos entre elas. Tampouco pode ser esquecido que o critério térmico se baseia na distribuição vertical média da temperatura do ar, observada em todo o planeta. Isso quer dizer que, em um dado instante e região da atmosfera, as condições reais podem ser bastante diferentes das correspondentes à média planetária.

Preste atenção. A seguir, você verá as cinco camadas atmosféricas mais extensas e utilizadas em Meteorologia:

Troposfera

É a camada atmosférica que se estende da superfície da Terra até a base da estratosfera, e aquela considerada a mais importante sob o ponto de vista meteorológico. Essa camada responde por oitenta por cento do peso atmosférico, e é a única camada em que os seres vivos podem respirar normalmente. Nela também se concentra quase todo o vapor d'água da atmosfera. A sua espessura média é de aproximadamente 12 km , atingindo até 17 km nos trópicos e reduzindo-se para em torno de sete quilômetros nos polos.

Em termos médios para todo o planeta, a temperatura do ar diminui com a altitude cerca de $-6,5^\circ\text{C}$ por quilômetro. Esse fato é coerente, pois o aquecimento do ar na superfície se efetua basicamente por condução, devido ao aquecimento pela energia solar.

Estratosfera

A estratosfera se caracteriza pelos movimentos de ar em sentido horizontal. Fica situada entre 7 e 17 até 50 *km* de altitude aproximadamente; é a segunda camada da atmosfera, compreendida entre a troposfera e a mesosfera. A temperatura aumenta à medida que aumenta a altura (de -50 a $10^{\circ}C$). Apresenta pequena concentração de vapor d'água e temperatura constante até a região limítrofe, denominada estratopausa. Muitos aviões a jato circulam na estratosfera devido à sua estabilidade. É nessa camada que começa a difusão da luz solar (que origina o azul do céu) e onde encontramos a camada de Ozônio.

Mesosfera

É a camada atmosférica onde há uma significativa queda de temperatura, chegando até $-90^{\circ}C$ em seu topo. Está situada entre a estratopausa (em sua parte inferior) e mesopausa (em sua parte superior), entre 50 e 85 *km* de altitude. É na mesosfera que ocorre o fenômeno da combustão dos meteoritos. A mesosfera é uma região pouco conhecida, mas se sabe que ela concentra a maior parte do Ozônio.

Acima da mesosfera, estende-se uma camada aproximadamente isotérmica, que pode ultrapassar 10 *km* de espessura: a mesopausa. Nessa faixa seriam formadas as nuvens noctilucentes, visíveis, em certas ocasiões, nas regiões próximas ao Polo Norte, quando o Sol se encontra 10 a 15° abaixo do plano do horizonte do observador.

Termosfera

A termosfera se situa para além dos 90 *km* de altitude, e se caracteriza por um contínuo aumento da temperatura média do ar com a altitude. Deve-se ressaltar, porém, que o conceito de média tem significado muito restrito nessa região: entre o dia e a noite, a temperatura do ar pode oscilar várias centenas de graus em torno do valor médio. Essas temperaturas não são medidas diretamente, mas estimadas a partir da pressão e da massa específica, já que o grau de rarefação local não possibilita o uso de processos termométricos convencionais.

Nessa camada, há uma concentração de íons (plasma ionosférico) que aumenta com a altitude; por esse motivo, alguns autores a denominam de ionosfera. A ionosfera se localiza entre sessenta e mil quilômetros de altitude. Devido à sua composição, reflete ondas de rádio até aproximadamente 30 *MHz*.

A aurora polar é um fenômeno óptico composto de um brilho, observado nos céus noturnos em regiões próximas a zonas polares: quando no hemisfério norte, é chamada de aurora boreal; quando no hemisfério sul, é chamada de aurora austral. Acontece em decorrência do impacto de partículas de vento solar no campo magnético terrestre.



Figura 4 – Aurora boreal.

Exosfera

A exosfera é a camada mais externa da atmosfera. Situada acima da ionosfera, mede de 600 a 1600 km , e é zona de transição com o espaço exterior. Extremamente rarefeita, composta de 50% de hidrogênio e 50% de hélio, possui temperaturas em torno de $1000^{\circ}C$, devido à grande presença de plasma. É para atravessar essa camada que as naves espaciais precisam ser construídas com materiais resistentes a altas temperaturas.

A Terra possui, ainda, duas camadas exteriores. São os cinturões de radiação de Van Allen; o mais próximo deles situa-se a cerca de 3600 km de altitude acima do Equador magnético terrestre. Esses cinturões se compõem de partículas subatômicas dotadas de elevada energia, principalmente elétrons. Os cinturões magnéticos de Van Allen protegem a superfície terrestre do incessante bombardeio de raios cósmicos vindos do espaço, altamente nocivos aos seres vivos.

Vale salientar que cada camada apresenta suas próprias características termodinâmicas e de escoamento atmosférico.



Figura 5 – Camadas Atmosféricas.



Atividade 4

1

Com a ajuda de um diagrama, mostre como varia a temperatura em função da altitude. Delimite nitidamente a troposfera, a estratosfera, a mesosfera e a termosfera.

2

Descreva as camadas da atmosfera e disserte sobre as suas características.

Perfil térmico

A Figura 5 mostra a variação de temperatura com a altitude. As temperaturas mais elevadas são observadas na superfície terrestre, na proximidade da estratopausa e na termosfera – resultantes da radiação solar.

A superfície do globo absorve a maior parte da radiação solar, e, portanto, a troposfera está aquecida por baixo. Ao contrário, a fonte de calor da estratosfera encontra-se em sua parte superior, isto é, nos níveis em que o Ozônio absorve as radiações ultravioletas.

A mesosfera é aquecida também por baixo, enquanto que na termosfera as camadas superiores são mais quentes.

As elevadas temperaturas próximas da estratopausa e na parte superior da termosfera indicam que as partículas se movem muito rapidamente. Entretanto, não se deve esquecer que, nesses mesmos níveis, a atmosfera tem uma densidade muito pequena. Como o número de partículas é muito maior próximo da superfície terrestre, a maior parte da energia térmica da atmosfera se concentra na parte inferior da troposfera.

Na troposfera, a temperatura diminui regularmente até o limite da tropopausa. Como esta está mais elevada sob o equador, é precisamente próximo da tropopausa equatorial que se observam as temperaturas mais baixas da atmosfera.

As temperaturas nas partes altas da estratosfera são tão elevadas quanto as próximas da superfície da Terra. Nesses níveis, a atmosfera é pouco densa; portanto, a radiação solar se transfere a um número relativamente pequeno de moléculas, o que faz com que sua energia cinética aumente muito. Desse modo, a temperatura do ar se eleva.

Os fenômenos meteorológicos observados na estratosfera são muito diferentes dos da troposfera. Há menos convecção na estratosfera, já que sua parte superior é quente, enquanto a inferior é fria. Praticamente não se formam nuvens na estratosfera, com exceção das nuvens madrepérolas, que são observadas nas altitudes altas, na ordem de 20 a 30 *km*.

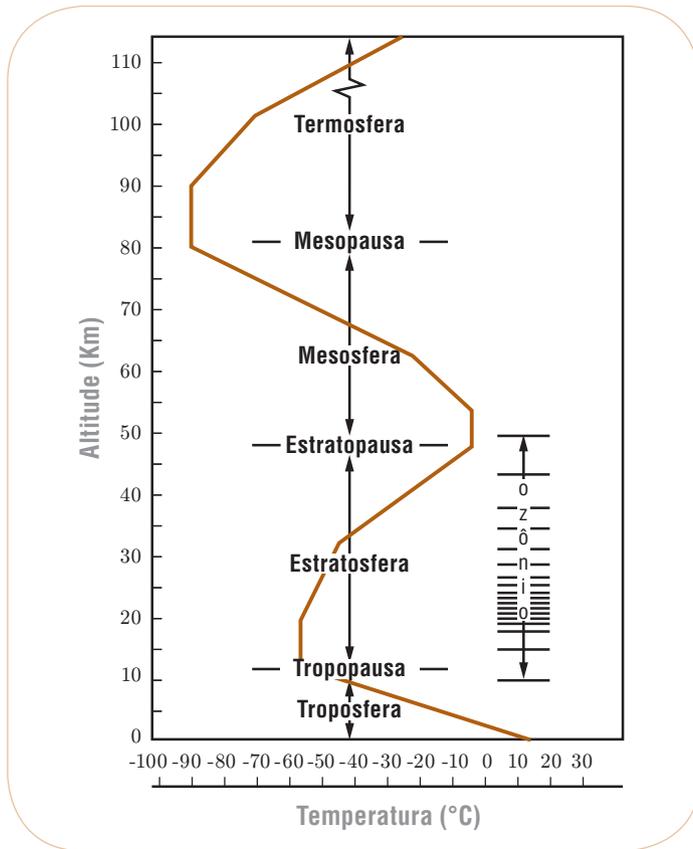


Figura 6 – Perfil vertical médio de temperatura na atmosfera.



Atividade 5

1

Por que a troposfera é a camada mais importante para a Meteorologia?

2

Procure investigar em quais camadas atmosféricas encontramos os seguintes elementos:

- a) Balões meteorológicos;
- b) Aviões comerciais;
- c) Aurora boreal;
- d) Satélites artificiais;
- e) Trovoadas.

Resumo

Nessa aula, você estudou conceitos fundamentais de Meteorologia; conhecemos a origem dessa Ciência e analisamos a atmosfera terrestre. Essa análise evidenciou a constituição atmosférica, composta de gases como o Oxigênio, Nitrogênio, Hidrogênio, vapor d'água, entre outros, além de observar a importância desses gases na biosfera. Você viu, também, as diversas camadas da atmosfera, que compreendem a troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera, que delimitam os limites finais da atmosfera terrestre.

Autoavaliação

1

Conceitue o termo Meteorologia.

2

Indique qual a composição do ar seco a 80 *km* de altitude.

3

A maior parte dos gases atmosféricos se encontra em proporções constantes em uma altitude de até 80 *km*, aproximadamente. Todavia, três gases constituem uma exceção. Cite-os. Indique, para cada um desses gases, os fatores que podem modificar sua concentração.

4

Qual a importância do Ozônio na atmosfera? Quais são as consequências da diminuição desse gás?

5

Qual a composição da termosfera?

6

Por meio de que processos o Dióxido de Carbono é produzido ou extraído da atmosfera?

7

Escreva o que se sabe sobre:

a) O limite superior da atmosfera;

b) A ionização.

8

Escreva resumidamente sobre a troposfera e suas características.

9

Como a temperatura varia com a altitude na troposfera?

10

Dê as características da temperatura na estratosfera.

11

Escreva o que se sabe sobre a exosfera e a ionosfera.

12

Explique o porquê do aumento térmico na estratopausa.

Referências

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Manual de observações meteorológicas**. 3. ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

MASTERS, G. M. **Introduction to environmental engineering and science**. 2nd. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

RESTALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2005.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991.

Sistema de coleta de dados meteorológicos

Aula

2



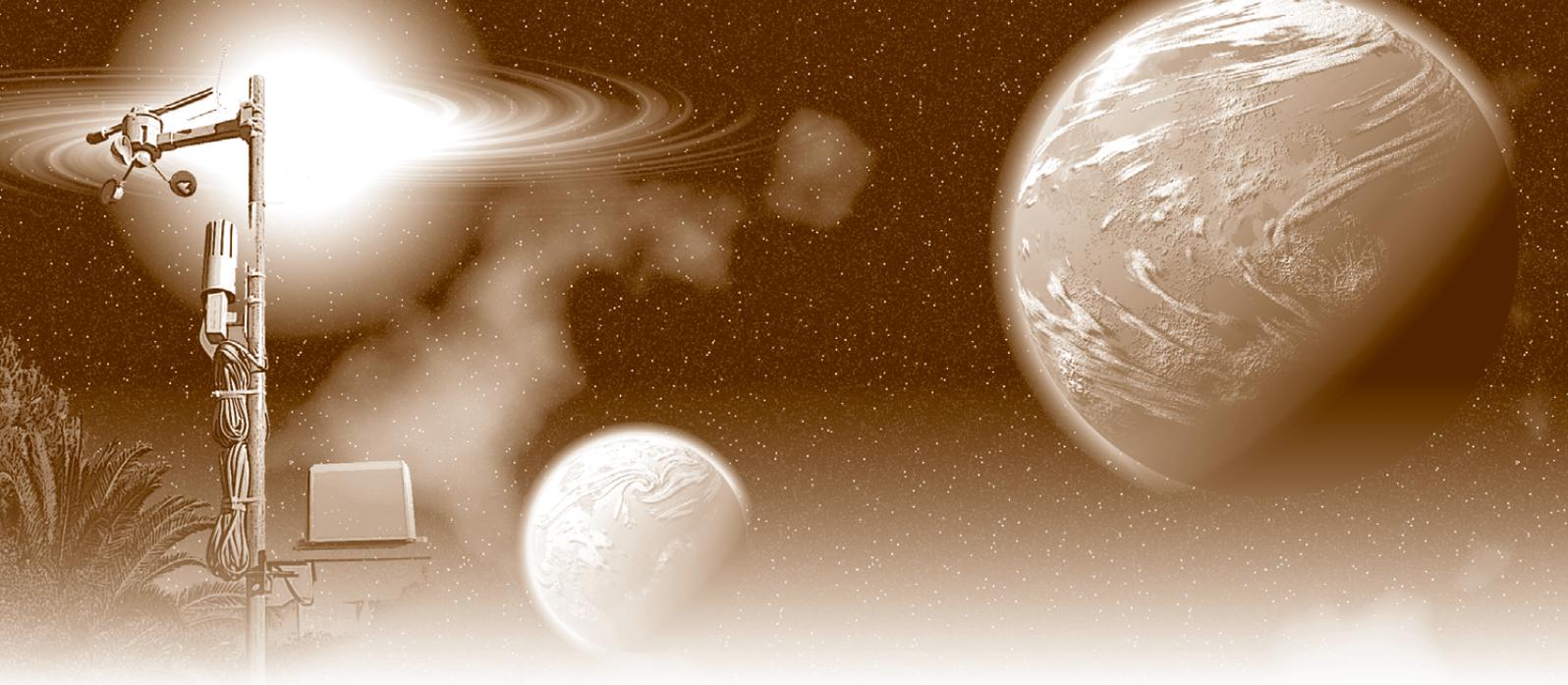
Apresentação

Você deve saber que para o devido estudo e análise das condições atmosféricas, é necessário realizar observações sistemáticas a cerca de suas características. Para tanto, utilizam-se as Estações Meteorológicas. Nesta aula você vai entender e identificar o conceito de Estação Meteorológica e quais as suas subdivisões. Vai estudar também quais os principais instrumentos utilizados nessas estações e suas finalidades. É importante você estudar sobre este tema, pois ele referencia a utilização das estações convencionais e as de ar superior. Vai ver também o modo de como essas estações funcionam e quais são os sistemas normativos necessários a apresentação desses dados. Tenha uma boa aula!!

Objetivos

- 1 Compreender a utilização de estação meteorológica.
- 2 Conceituar estação meteorológica.
- 3 Conhecer quais os principais instrumentos utilizados nas determinadas estações.
- 4 Entender as normatizações de espaço e tempo necessários para a disponibilização dos dados das estações.





Estações meteorológicas

Uma observação meteorológica de superfície consiste de procedimentos sistemáticos e padronizados, visando à obtenção de informações medidas pelo homem (qualitativas) e as medidas por instrumentos meteorológicos (quantitativas) referentes aos parâmetros da atmosfera, capazes de caracterizar plenamente o estado instantâneo da atmosfera, sendo esses parâmetros analisados por uma

Estação meteorológica

Estação meteorológica de superfície é o local onde o observador faz a avaliação de um ou de diversos elementos meteorológicos em um determinado momento da observação.

A padronização, fielmente seguida, foi determinada pela OMM (Organização Meteorológica Mundial), tendo em vista os diversos estudos meteorológicos feitos em todo o planeta. Tal padronização inclui: tipos de equipamentos usados, técnicas de calibração, aferição, ajustes, manuseios e procedimentos observacionais. Além disso, os horários das observações, o tratamento dos dados observados, as correções efetuadas, as estimativas indiretas de outros parâmetros derivados, a transmissão e o uso operacional são igualmente realizados segundo padrões rígidos. Sem tais cuidados, a representatividade temporal e espacial não seria alcançada; muito menos a comparatividade entre os dados seria viável. Aliás, vale frisar que os cuidados acima são igualmente válidos para as observações de ar superior, independente das técnicas utilizadas.

Identificação das estações meteorológicas

A identificação física das estações meteorológicas é feita por meio de sua posição geográfica expressa em latitude, longitude e altitude. Independente disso, toda estação meteorológica, oficialmente reconhecida, possui um número de identificação internacional composto de cinco algarismos. No Brasil temos como exemplo dois blocos meteorológicos identificados pelos numerais iniciais 82 ou 83, dependendo de sua localização geográfica. A mudança de uma determinada estação de uma posição geográfica para outra, representa a fundação de uma nova estação e não uma transferência da mesma. Assim, uma estação meteorológica, do ponto de vista climatológico, não pode ser transferida de local.

No próximo tópico, veremos possíveis localizações e exposições dos instrumentos meteorológicos.

Localização e exposição dos instrumentos

A avaliação de variáveis meteorológicas depende da exposição dos instrumentos. A fim de que as observações em diferentes estações possam ser comparáveis, as exposições devem ser semelhantes. Uma área de terreno cercada, coberta de grama curta, é satisfatória para os instrumentos externos, contanto que estejam convenientemente localizados. Os instrumentos devem estar longe da ação imediata das árvores e edifícios e numa posição que garanta uma representação correta das condições de meio ambiente. A estação não deve, tanto quanto possível, estar localizada sobre ou próximo a margem de rios, ladeiras, cordilheiras, penhascos ou pequenos vales. É também importante evitar a imediata proximidade de grandes edifícios. Uma estação climatológica deve ser localizada de maneira a ser representativa da área na qual está situada. Sua localização deve obedecer a uma disposição que atenda a uma operação contínua, durante pelo menos 10 anos, e não modifique a exposição por longo período, a menos que sirva a um objetivo especial que justifique o seu funcionamento por um período mais curto.

Unidades legais de medidas e constantes

Todos os fenômenos da natureza manifestam-se em “tempo” e “espaço”, através do agente “matéria”. É natural, então, que as medidas fundamentais adotadas como base do sistema de medidas usadas em Meteorologia, sejam as unidades de tempo, comprimento e massa. De acordo com a **legislação vigente**, são consideradas legais no Brasil, as unidades baseadas no Sistema Métrico Decimal. Essa lei regula as definições e símbolos das diversas grandezas, assim como os nomes e símbolos dos seus múltiplos e submúltiplos. É considerado erro técnico empregar-se símbolos diferentes destes, quando não autorizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.



Legislação vigente

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 5. ed. Geneva, 1983.

As seguintes unidades deverão ser empregadas nas estações meteorológicas:

- Pressão atmosférica em milímetro de mercúrio ($mm\ Hg$) e hectopascal (hPa);
- Temperatura em graus Celsius ($^{\circ}C$);
- Velocidade do vento em metros por segundo ($m\ |s$) e nós (kt);
- Direção do vento em graus e nº de rosa dos ventos de 1 a 8 a partir do nordeste; e a escala 00-36, indicando de onde o vento sopra que atinge ou passa na estação;
- Umidade relativa em percentagem (%);
- Precipitação em milímetros (mm);
- Evaporação centímetro cúbico (cm^3), milímetro (mm), mililitro (ml);
- Pressão do vapor em hectopascal (hPa).

As seguintes constantes foram adotadas para serem empregadas em Meteorologia:

- A temperatura absoluta do ponto de congelação da água é igual a $273,16\ K$ (Graus Kelvin);
- Valor padrão da aceleração da gravidade normal (constante convencional) é igual a $9,80665\ m\ |s^2$;
- A densidade do mercúrio a $0\ ^{\circ}C$ é igual a $13,5951\ g\ |cm^3$.



Fusos horários

Um dos elementos fundamentais para com o conhecimento do estado instantâneo da atmosfera e êxito na operação do Sistema de Coleta de Dados Meteorológicos é a uniformidade dos horários em que se fazem as observações. Para tanto, é necessário que se conheça o horário correto, devendo isso ser determinado pelas autoridades do órgão competente. Para melhor conhecimento dos sistemas horários, convêm alguns esclarecimentos sobre o Tempo Médio de Greenwich.

Como já visto em leituras cartográficas e em Astronomia, nos Fusos Horários, as horas astronômicas, de lugares situados em meridianos diferentes são, necessariamente, diferentes. A convenção dos fusos horários adotada em quase todos os países proporciona a unificação das horas em todas as localidades existentes em um fuso. Esse sistema chamado de “Hora Legal” consiste na divisão da esfera terrestre em 24 fusos de 15° cada um. Por convenção, o fuso inicial para contagem do tempo é o que limita um meridiano central. O meridiano de Greenwich, conforme regulamento vigente, que fixou a hora legal do Brasil de acordo com o sistema de fusos, procurou a melhor uniformização distributiva da hora no território nacional, mediante uma conveniente demarcação dos limites horários.

O Tempo Médio de Greenwich é quando há necessidade de se universalizar a marcação do tempo. Emprega-se, por convenção, o Tempo Médio de Greenwich (TMG), também conhecido como “Tempo Universal”. A hora legal de Brasília, por exemplo, é atrasada três horas sobre o Tempo Universal por se encontrar essa localidade no 3º fuso a oeste de Greenwich.

A hora legal no Brasil está em vigor desde 1 de janeiro de 1914. O território nacional está dividido, no que diz respeito à Hora Legal, em quatro fusos distintos (Figura1).



Figura 1 – Fusos do Brasil

O **primeiro fuso**, em que a Hora Legal é igual à de Greenwich diminuída de duas horas, compreende o arquipélago de Fernando de Noronha e a ilha de Trindade;

O **segundo fuso**, em que a Hora Legal é igual à de Greenwich diminuída de três horas, compreende todos os Estados das regiões Nordeste, Sudeste e Sul, bem como o Estado de Goiás, Tocantins, Amapá e uma parte do Pará. Está a leste de uma linha que parte do Monte *Crevaux*, na fronteira com a Guiana Francesa, seguindo pelo leito do Rio Pecuari até o Jari, pelo leito deste até o Amazonas e, ao Sul, pelo leito do Xingu até a divisa com o Estado do Mato Grosso;

O **terceiro fuso**, em que a Hora Legal é igual à de Greenwich diminuída de quatro horas, compreende o Estado do Pará a oeste da linha precedente; compreende os Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Roraima, e parte do Amazonas que fica a leste de uma linha (círculo máximo) que, partindo de Tabatinga, vai até o Porto-Acre (incluídas estas duas localidades no terceiro fuso);

O **quarto fuso**, em que a Hora Legal é igual à de Greenwich diminuída de cinco horas, compreende o Estado do Acre, assim como a área a oeste da linha precedentemente descrita.



Atividade 1

Represente em um mapa o horário em que o seu município está nesse momento e quais seriam os possíveis horários das outras regiões ou estados cujos fusos são diferentes do seu município. Coloque esses horários no mapa junto dos limites de cada fuso do Brasil.

Hora de observações

Como princípio geral, a estimativa ou medida dos elementos concernente à observação, deve ser feita dentro de um período de tempo o mais breve possível. Qualquer cálculo detalhado ou rotinas observacionais climatológicas devem ser efetuados fora da hora de observação. A Hora Padrão para as observações, com fins sinóticos, deve ser feita em função do Tempo Médio de Greenwich. As horas padrões são estipuladas como UTC do inglês (*Universal Time Coordinated*), ou seja, Coordenada de Tempo Universal, e não hora local. Convém salientar que o Horário de Verão é um sistema horário em que os relógios são ajustados para fazer o máximo uso da luz do dia. O Governo Brasileiro poderá decretar o “horário de verão” durante um certo período de tempo a ser estipulado no referido decreto. Como as observações meteorológicas são realizadas de acordo com a Coordenada de Tempo Universal (UTC), o horário de verão não é para fins observacionais.

As observações climatológicas e sinóticas são feitas às 00:00, 06:00, 12:00 e 18:00 UTC, respectivamente, com observações intermediárias de 03:00, 09:00, 15:00 e 21:00 UTC, respectivamente. A observação da pressão atmosférica é um referencial do horário UTC e por isso deve ser feita exatamente no início do horário padrão, para as observações climatológicas e sinóticas de superfície.

As **Estações Climatológicas Principais** realizarão observações às 00:00, 12:00 e 18:00 UTC, respectivamente; as estações que operam, porém, na Vigilância Meteorológica Mundial (VMM) realizarão as observações às 00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC, ou observações horárias, a critério da direção do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As **Estações Climatológicas Auxiliares** realizarão observações às 12:00 UTC; quando dispuser do instrumento mínimo e, também, realizarão às 00:00 UTC e 18:00 UTC, quando houver equipamento complementar.

As **Estações Agroclimatológicas** condicionaram suas observações às necessidades dos estudos agroclimáticos. Normalmente, porém, realizarão obrigatoriamente observações às 00:00, 12:00 e 18:00 UTC, respectivamente.

Nas **Estações de Ar Superior** os horários padrões de observações sinóticas são as horas sinóticas principais (00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC, respectivamente). Quando se dispõe de recursos, somente para duas observações de ar superior, estas podem ser feitas diariamente nos horários de 00:00 UTC e 12:00 UTC. No Brasil, por razões econômicas, faz-se apenas uma observação diária às 12:00 UTC.

Tipos de estações meteorológicas

A qualidade e a confiabilidade das operações meteorológicas são propriedades que devem ser perseguidas pelo sistema de coleta de dados. Para atender a essas exigências, dois pressupostos tornam-se necessários: a disponibilidade de recursos financeiros e a existência de pessoal técnico-operacional, quantitativa e qualitativamente adequados. Os recursos financeiros são indispensáveis para a aquisição de instrumentos e para a instalação e manutenção da rede de observações. Acima de tudo, ou seja, principalmente em países de grande expansão territorial como o Brasil, os investimentos necessários são ponderáveis. Lamentavelmente, os recursos até hoje utilizados em nosso país têm-se mostrado insuficientes para atender às necessidades operacionais, resultando, por isso, em uma rede de observações quantitativamente escassa, o que se agrava ainda mais por sua manutenção precária. Quanto aos recursos humanos, é indispensável que os observadores meteorológicos possuam nível técnico e operacional compatíveis com a responsabilidade que têm.

Os dados meteorológicos podem ser obtidos mediante leituras ou registros contínuos, diretamente dos instrumentos (temperatura, pressão atmosférica, direção e velocidade dos ventos, etc.); outros, porém, são identificados pelo próprio observador, daí a necessidade de profissionais bem preparados (a quantidade de nuvens, altura e tipo de nuvens, a visibilidade e fenômenos anômalos são alguns exemplos). Outros dados são estimados ou derivados dos primeiros (a temperatura do ponto do orvalho, a pressão ao nível do mar, a temperatura potencial, dentre outros).

As observações meteorológicas são realizadas em locais tecnicamente escolhidos e preparados para tais fins; trata-se das Estações Meteorológicas. No INMET, é adotada a seguinte classificação de estações:

Estação de superfície:

a) Estação Climatológica Principal (ECP): são as que realizam observações climatológicas e sinóticas pelo menos três vezes ao dia, além das leituras, registro contínuo de dados (Figura 2).

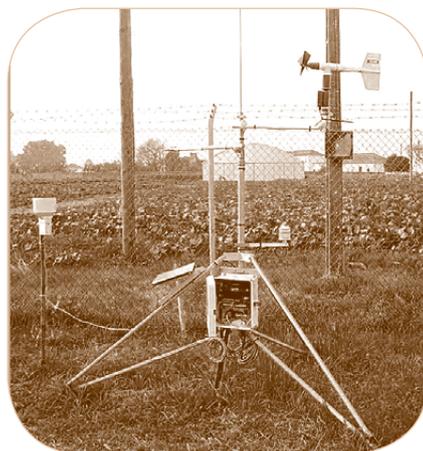


Figura 2 – Estação Meteorológica Automática ou Plataforma de Coleta de Dados

Fonte: <<http://www.esac.pt/estacao/instru15.jpg>>. Acesso em: 3 mar. 2009.

Tabela 2 - Equipamentos mínimos para uma ECP

Equipamento mínimo para as estações climatológicas principais	
- Abrigo termométrico;	- Hidrógrafo;
- Termômetro de máxima;	- Pluviógrafo;
- Termômetro de mínima;	- Heliógrafo;
- Psicrômetro;	- Termômetros de solo;
- Pluviômetro;	- Barômetro;
- Barógrafo;	- Catavento;
- Termógrafo ou Termohigrógrafo;	- Evaporímetro de Piche.
- Anemômetro e/ou anemógrafo;	

b) Estação Climatológica Auxiliar (ECA): são as que realizam observações, pelo menos uma vez por dia, das temperaturas extremas e da precipitação e, sendo possível, de alguns dos demais elementos observados nas estações principais.

Tabela 3 – Equipamento mínimo para ECA

Equipamento mínimo para as estações climatológicas auxiliares
- Abrigo termométrico;
- Termômetro de máxima;
- Termômetro de mínima;
- Pluviômetro.

c) Estação Agroclimatológica (EAG): estação que fornece dados meteorológicos e biológicos com a finalidade de estabelecer relações entre o tempo e a vida das plantas e dos animais.



Figura 3 – Estação Agroclimatológica

Fonte: <www.ufpel.tche.br>. Acesso em: 3 mar. 2009.

Tabela 4 – Equipamento mínimo para estação Agroclimatológica

Equipamento mínimo para a estação agroclimatológica	
- Abrigo termométrico;	- Termógrafo;
- Termômetro de máxima;	- Higrógrafo;
- Termômetro de Mínima;	- Pluviógrafo;
- Psicrômetro;	- Piranômetro;
- Potenciômetro;	- Pluviômetro;
- Heliográfico;	- Geotermômetro;
- Evaporímetro de Piche;	- Tanque de evaporação
- Anemômetro de 2 e 10 metros;	- Termômetro de relva.

d) Estação Meteorológica Automática(AT) ou Plataforma de Coleta de Dados: estação na qual os instrumentos efetuam, transmitem ou registram automaticamente as observações, realizando, em caso necessário, diretamente a conversão ao código correspondente ou realizando essa conversão em uma estação descodificadora. Também deve ser possível inserir dados por procedimentos puramente manuais. Os sensores medem os parâmetros normais de uma estação meteorológica.

A Plataforma de Coleta de Dados (PCD) é um dispositivo eletrônico com capacidade de transmitir para um certo satélite, parâmetros ambientais captados pelo uso de sensores. A necessidade de obter informações regulares, colhidas em locais remotos ou regiões vastas, como por exemplo, dados meteorológicos (temperatura, pressão, direção e velocidade do vento, umidade, etc.), para aplicações em previsão de tempo por especialistas, levou à instalação de aparelhos de registros dessas informações.

No entanto para a coleta destes registros, havia a necessidade de visitas periódicas aos locais ou ainda a manutenção de pessoas residentes aos locais que fizessem as leituras e as transmitissem de alguma forma a uma central de tratamento, tornando estes métodos dispendiosos e pouco eficientes. Diante dessas necessidades de aumentar a eficiência na coleta dos dados, de aperfeiçoar a qualidade destes dados, bem como de automatizar a coleta para um tratamento mais imediato e com isso aumentar a eficiência nas previsões de fenômenos da natureza, surgiram as Plataformas de Coleta de Dados Automáticas. Inicialmente utilizavam transmissores de rádio, para comunicação com uma base receptora. No entanto para regiões vastas o emprego de transmissores de rádios era inviabilizado pelas potências necessárias para transmitir as informações a uma distância razoável, seja pelo tamanho das antenas ou pela vida útil das baterias que alimentariam estes transmissores.

Com o surgimento dos satélites artificiais passou-se a utilizá-los como “elos” ou “pontes” entre as PCDs e as estações receptoras, podendo então utilizar-se transmissores bem menores e de potências bastante reduzidas. Vejamos na Figura 4:

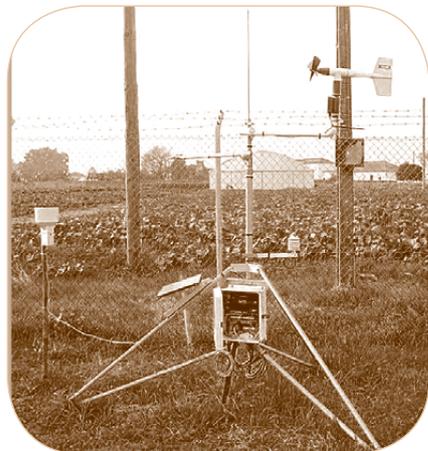


Figura 4 – Estação Meteorológica Automática ou Plataforma de Coleta de Dados

Fonte: <<http://www.esac.pt/estacao/instru15.jpg>>. Acesso em: 3 mar. 2009.

Portanto, as modernas PCDs sistematizadas com satélites são equipamentos extremamente eficientes para instalação em locais remotos que se valem de células solares para recarga de suas baterias e que funcionam da seguinte forma: as informações dos sensores são coletadas e transmitidas pela PCD diretamente ao satélite que as retransmite para a estação receptora e esta processa os dados e os envia para os usuários da informação através dos diversos meios de comunicação: fax, telefone, internet ou outro.

Tabela 5 – Sensores utilizados nas PCDs

Sensores usuais
- Pressão atmosférica;
- Direção e velocidade;
- Temperatura;
- Umidade;
- Precipitação;
- Insolação;
- Radiação.

Estação de ar superior

As estações de ar superior destinam-se a processar a observação de dados meteorológicos referente a vários níveis da atmosfera terrestre, a partir da superfície. Essas observações conjugadas com as observações de superfície fornecem a imagem tridimensional da estrutura da atmosfera.

Os dados de ar superior são de suma importância na previsão do tempo, na localização de massas de ar, na segurança e eficiência das operações das aeronaves, na medição da poluição atmosférica, nos vôos de aviões a jato e foguetes e na exploração espacial.

A observação de ar superior consiste no lançamento de um balão de látex cheio com gás hélio ou hidrogênio unido a um rádio transmissor, composto de diversos sensores. À medida que o balão sobe, o transmissor vai enviando os sinais de sensores de bordo, a uma estação de recepção em terra que coleta os dados para serem enviados ao centro de tratamento.

As informações oriundas das radiossondagens realizadas numa estação terrestre não podem referir-se a quaisquer níveis atmosféricos. Elas devem restringir-se apenas ao número de níveis suficientes para permitir a correta visualização das condições atmosféricas, possibilitando ainda, determinar os parâmetros meteorológicos que caracterizam o ar em cada nível.

As estações de ar superior estão dotadas de um conjunto de sensores acoplados em uma pequena sonda, tais como:

- pressão atmosférica em hPa;
- temperatura, em $^{\circ}C$;
- umidade relativa, em %;
- direção do vento, em graus, a partir do norte verdadeiro (0 a 360°);
- velocidade do vento, em nós (Kt), para a codificação da mensagem TEMP/PILOT e em metro por segundo (m/s).

A sonda também contém um transmissor de sinais que em conjunto com os sensores complementam as informações meteorológicas coletadas e transmitidas para um receptor na superfície da Terra.

Equipamentos e componentes

1. Equipamentos

Uma radiossonda possui equipamento de voo, também chamado conjunto ou trem de voo (sensores e transmissores), um conjunto de terra que é composto pelos equipamentos de recepção, além de processamento e registro das informações.

2. Gás

Os dois gases mais apropriados para encher balões meteorológicos são o Hidrogênio e o Hélio, sendo este último o mais recomendado, pois seu uso não implica em risco de explosão nem incêndio. O empuxo (força de ascensão total) do Hélio é de $1.115Kg/m^3$ na pressão de $1013 hPa$ e a $^{\circ}C$.

O hélio é considerado um dos gases raros da atmosfera e como propriedades específicas podemos destacar: ser inerte, inodoro, incolor, não inflamável, menos denso que o ar, ter boa condutividade térmica e quando liquefeito atinge temperaturas próximas do zero absoluto.

3. Balão meteorológico

Os balões meteorológicos são empregados para transportar a sonda que contém os sensores e transmissor para as observações de rotina em altitude, são usualmente do tipo extensivo e de forma esférica. Devem ser de tamanho e qualidade tal que assegurem o transporte do peso necessário (habitualmente 1 a 2 *Kg*) até altitudes de até 30 *Km*, com razão de ascensão suficientemente rápida para garantir uma razoável dos elementos de medição. Além disso, os balões devem ser capazes de se expandir até atingir 6 (seis) vezes o seu tamanho inicial.

Radiosonda

As radiossondas (sensores e transmissor) são usualmente usadas principalmente para a medida de pressão, temperatura e umidade. Frequentemente são usadas para a determinação de ventos superiores a 30 *Km*. Também podem ser construídas para medir outras propriedades da atmosfera. Vejamos, por exemplo, um modelo de radiossonda (Figura 5):



Figura 5 – Tipo de radiossonda

Fonte: <www.hobeco.net>. Acesso em: 3 mar. 2009.

Tem sido recomendado também que os métodos de sondagem sejam desenvolvidos de forma que se torne possível medições para níveis muito mais altos que os níveis de 16 a 20 *Km*.

Além da precisão, as principais características desejadas em um modelo de radiossonda são: a fidelidade, robustez, pouco peso e volume pequeno. Salientamos que uma radiossonda é usada, apenas, uma única vez em uma sondagem completa.

Uma radiossonda deve ser capaz de transmitir um sinal perceptível a uma distância de pelo menos 200 *Km*. Como a voltagem de uma bateria varia tanto com o tempo e com a temperatura, a radiossonda deve ser projetada para aceitar tais variações sem afetar as exigências de precisão. O equipamento de terra, associado, não deve ser excessivamente complicado nem exigir com frequência uma manutenção altamente qualificada.

Uma radiossonda geralmente compreende três partes principais:

- elementos meteorológicos sensíveis, os quais respondem às variações das propriedades a serem medidas;
- dispositivo para medição a distância, permitindo à conservação dos indicadores dos elementos uma forma elétrica capaz de serem transmitidas;
- um módulo de transmissão de dados para receptor na superfície.

Transmissão de Dados

As estações têm um sistema, via satélite, para transmissão de dados coletados. Esse sistema é composto de um transmissor, antena e teclado para entrada e controle de dados.

Os procedimentos para o lançamento do balão variam ligeiramente de lugar para lugar. Cumpre observar que não haja risco do conjunto (balão e sonda) colidir com obstáculos nas vizinhanças da estação antes de subir. O balão deve ser mantido no abrigo até que tudo esteja pronto para o lançamento.



Atividade 2

Procure em livros, revistas ou sites, outros tipos de instrumentos utilizados nas várias estações meteorológicas e sua determinada finalidade.

Preenchimento do boletim meteorológico

Trata-se de um formulário que, uma vez concluída a observação, é posto numa forma para transmissão (caso a estação seja sinótica), quando então, transforma-se em um boletim meteorológico. O boletim pode ser em forma de grupos de algarismos, em linguagem clara ou qualquer forma aprovada para transmissão.

Equipamentos utilizados nas estações meteorológicas

Evidentemente, os equipamentos usados variam com as características das estações. Em meteorologia, utiliza-se desde simples cata-ventos mecânicos até sofisticadíssimos radares e satélites de última geração. A Tabela 6 mostra a relação de alguns instrumentos usados nas estações meteorológicas de superfície e suas respectivas finalidades:

Tabela 6 – Tipos de equipamentos meteorológicos e suas finalidades

Equipamentos	Variável
Termômetro de máxima	Temperatura máxima do ar
Termômetro de mínima	Temperatura mínima do ar
Psicrômetro: Term. Bulbo Seco	Temperatura do ar
Psicrômetro: Term. Bulbo Úmido	Temp. da água em evaporação
Termógrafo	Temperatura do ar
Geotermômetro	Temperatura do solo
Termômetros do Tanque	Temperatura da água (Mx e Mn)
Higrógrafo	Umidade relativa do ar
Higrômetro	Umidade relativa do ar
Pluviômetro	Precipitação
Pluviógrafo	Precipitação
Evaporímetro de Piche	Evaporação
Tanque de Evaporação Classe A	Evaporação
Barômetro	Pressão Atmosférica
Barôgrafo	Pressão Atmosférica
Heliógrafo	Insolação
Piranômetro	Radiação solar
Anemômetro Totalizador	Vento (próximo a superfície do solo)
Anemômetro Universal	Direção e Velocidade do Vento

Algumas fotografias de instrumentos utilizados em estações meteorológicas:



Figura 6 – Termômetro de Mercúrio



Figura 7 – Termohigrógrafo



Figura 8 – Piranômetro



Figura 9 – Pluviômetro

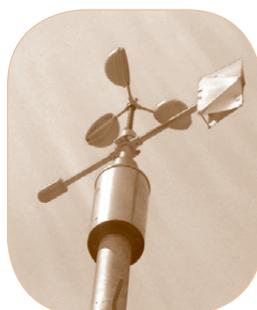


Figura 10 – Anemógrafo Universal



Figura 11 – Abrigo Meteorológico

Como você já viu os equipamentos que formam a Estação Meteorológica, trataremos da conceituação de Altura e Altitude para a devida padronização na coleta de dados:

Conceitos de Altitude e Altura

- **Altitude:** Representada por H (maiúsculo), é a distância no sentido vertical, entre um determinado ponto e o nível médio do mar;
- **Altura:** representado por h (minúsculo), é a distância no sentido vertical, entre dois pontos, sendo um considerado referência, não sendo essa referência o nível do mar;
- **Altitude de Estação (H_p):** é a distância vertical acima do nível médio do mar, escolhida como nível de referência, ao qual os boletins climatológicos se referem, designando a altitude da estação.
- **Altitude da Cuba do Barômetro (h_z):** é a distância vertical acima do nível médio do mar, escolhida como nível de referência, ao qual as leituras Barométricas são reduzidas, isto é, a altitude da cuba do barômetro.

Resumo

Nesta aula você viu que para a observação das condições meteorológicas de uma localidade, faz-se necessário uma série de instrumentos que utilizem tecnologia e precisão na determinação instantânea do tempo presente. Você viu também a importância das Estações Meteorológicas, seus tipos, finalidades, instrumentos e como coletar dados conforme normas técnicas da Organização Mundial de Meteorologia - OMM.

Autoavaliação

1

Conceitue “Estações Meteorológicas”.

2

Cite as principais unidades de medidas usadas nas estações.

3

Relacione o modo como funcionam os sistemas horários e os fusos.

4

Cite os principais equipamentos utilizados em uma estação meteorológica e sua determinada função.

5

O que é uma estação agroclimatológica? Quais as suas finalidades?

6

Como funciona uma radiossonda?

Referências

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Manual de observações meteorológicas**. 3. ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

RETALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

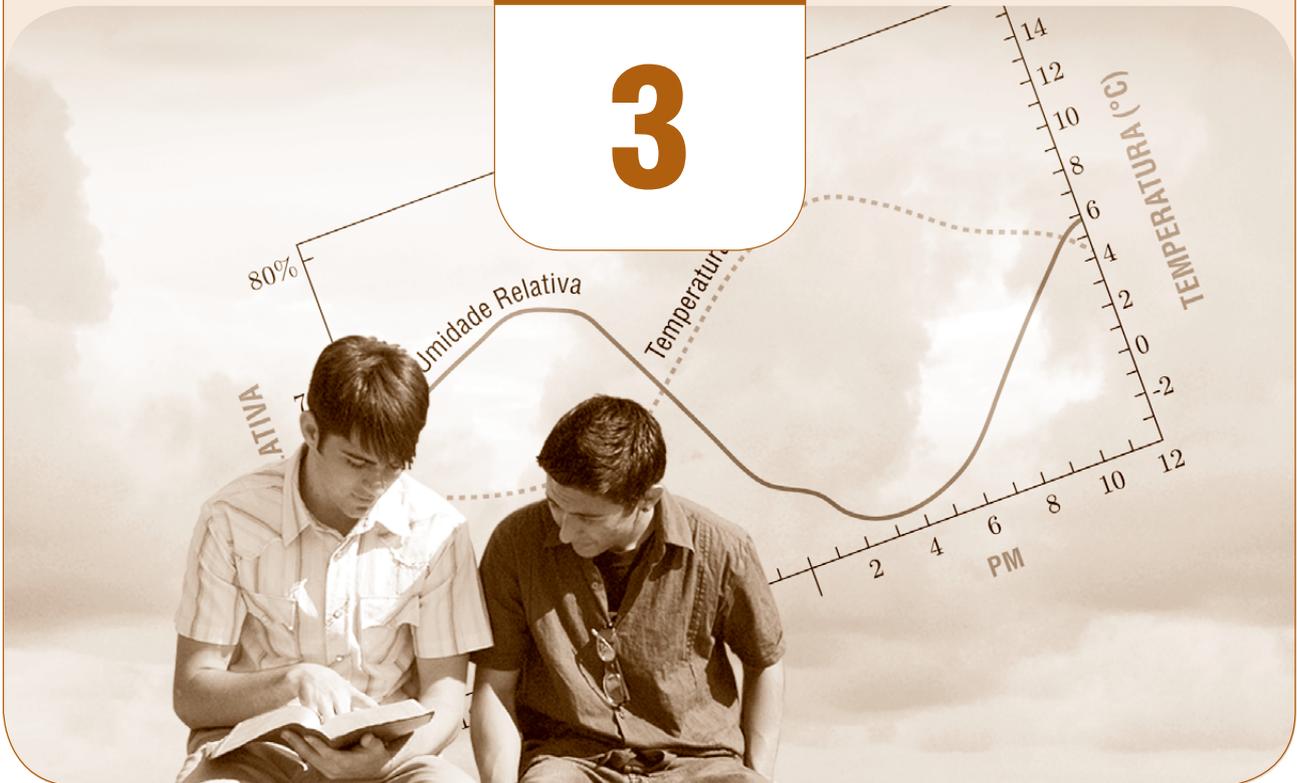
SILVA, M. A. V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2005.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991.

Variáveis meteorológicas

Aula

3



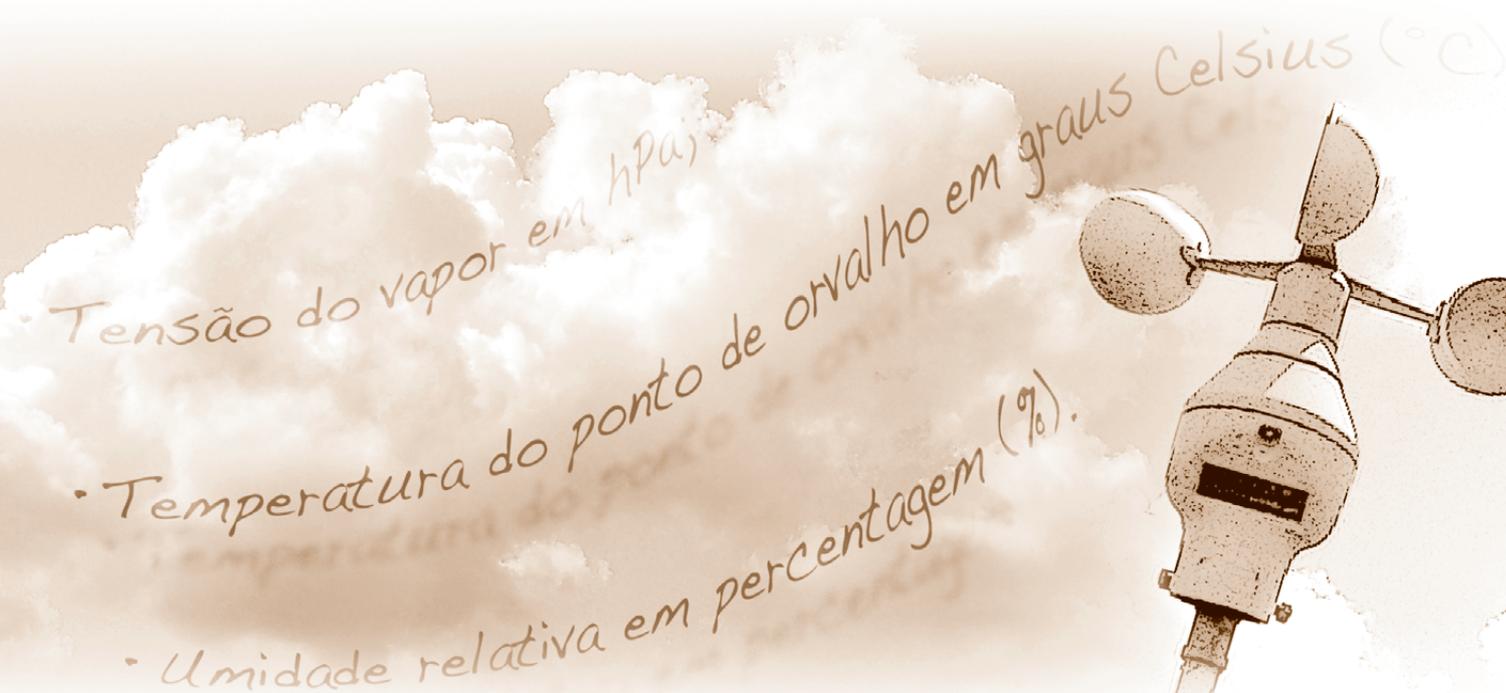
Apresentação

As variáveis meteorológicas estão diretamente associadas ao comportamento do tempo e clima de uma determinada região. Ainda mais, influenciam na dinâmica dos ecossistemas, estando inseridas nos processos biológicos da superfície terrestre.

Como a interação na superfície (solo-vegetação-atmosfera) demanda trocas de calor e massa, no entendimento de seu comportamento, faz-se necessário o uso de diversas variáveis meteorológicas, conforme veremos a seguir.

Objetivos

- 1 Analisar os diversos tipos de variáveis meteorológicas.
- 2 Entender a importância desse estudo para a avaliação climatológica.
- 3 Compreender quais os instrumentos utilizados para a medição dessas variáveis e suas unidades de medida, bem como a funcionalidade destes nas estações meteorológicas.



Variáveis meteorológicas

Nessa aula, vamos explicar as principais variáveis físicas que influenciam no comportamento termodinâmico da atmosfera, também chamadas de variáveis meteorológicas, tais como temperatura, umidade do ar, radiação, pressão, vento, evaporação, insolação e precipitação.

Temperatura

O conceito mais elementar de temperatura é o resultado de uma sensação térmica. De fato, quando se toca um corpo, diz-se que está quente ou frio segundo a sensação que se experimenta. Porém, essa ideia é insuficiente. A temperatura de um corpo é a condição que determina se o mesmo tem capacidade para transmitir calor a outros ou para receber calor transmitido por estes.

Em um sistema composto por dois corpos, diz-se que um deles tem maior temperatura quando cede calor ao outro.

Princípios básicos da medida de temperatura

Com o aperfeiçoamento dos métodos científicos, atualmente é necessário medir a temperatura com muita precisão. Observa-se que quando aumenta a temperatura de um corpo, modificam-se certas características físicas do mesmo. Por exemplo: os corpos líquidos e sólidos se dilatam. Ocorrem também mudanças de estados – sólidos liquefazem-se e líquidos entram em ebulição.

O termômetro é o instrumento que serve para medir a temperatura. Um grande número de propriedades físicas da matéria é utilizado nos termômetros, principalmente a dilatação dos corpos, dos líquidos e dos gases, além da variação da resistência elétrica em função da temperatura.

Tipos de instrumentos termométricos

A temperatura é medida por meio de instrumentos especiais chamados “termômetros”. Seus equivalentes registradores são os “termógrafos”. Estes instrumentos utilizam as propriedades térmicas de diferentes substâncias e as indicam de modo diversos. Os termômetros também variam de construção conforme o tipo de observação a que se destinam, a precisão desejada e as características do próprio fabricante ou exigências dos serviços que os empregam.

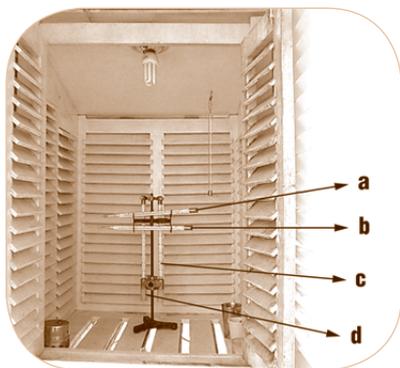


Figura 1 – Termômetros: (a) máxima, (b) mínima, (c) bulbo seco, (d) bulbo úmido.



Atividade 1

Quando um corpo sofre um aquecimento ou resfriamento, algumas de suas propriedades físicas mudam de estado. Pesquise e faça a distinção entre fusão, evaporação, condensação e solidificação.

Umidade

O elemento água existe na atmosfera sob três estados físicos: sólido, líquido e gasoso. Isso devido ao fato de que a umidade do ar é inversamente proporcional à temperatura do ar, conforme mostra o Gráfico 1.

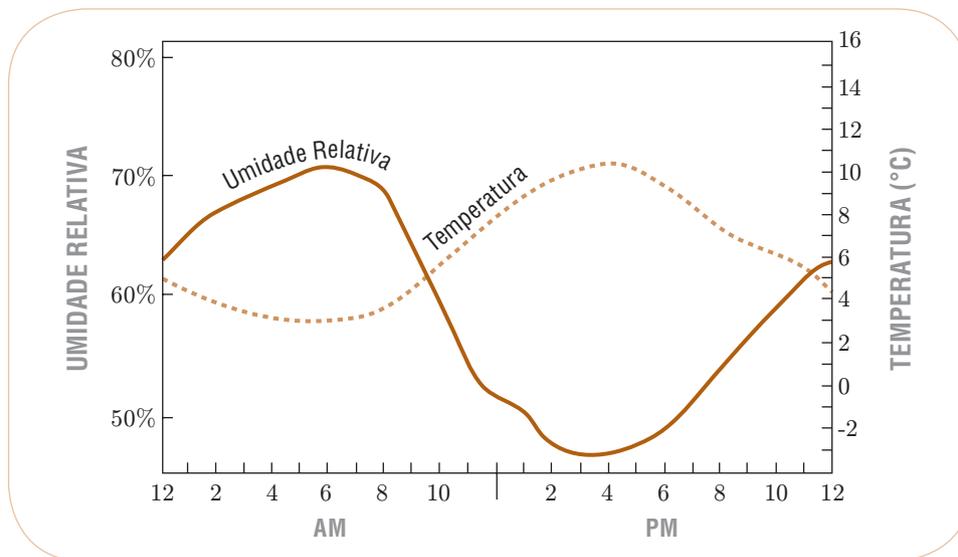


Gráfico 1 – Variação diária da umidade do ar em função da temperatura.

Desta forma, o estado gasoso, ou o vapor de água atmosférico, é definido como “umidade”. Ao contrário do que acontece com os demais gases que compõem o ar seco, o vapor de água apresenta-se na atmosfera em proporções muito variadas e em mistura com o ar seco, devido à facilidade com que a proporção de umidade atmosférica pode variar, ora aumentando por evaporação, ora diminuindo por condensação. A medida da quantidade de umidade existente a cada momento torna-se elemento de grande importância meteorológica. Essa importância torna-se ainda maior devido às características termodinâmicas do vapor de água.

Unidades de medidas

As seguintes unidades são empregadas, em geral, para exprimir as diversas quantidades associadas ao vapor de água na superfície:

- Tensão do vapor em hPa;
- Temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius (°C);
- Umidade relativa em porcentagem (%).

Instrumentos higrométricos

Quando se trata em quantificar a umidade do ar, diversos instrumentos são utilizados; entretanto, sua mensuração é complexa. Para se ter um valor apreciável, essa observação deve ser medida por meio de instrumentos especiais chamados “higrômetros”. Seus equivalentes registradores são os “higrógrafos”. Esses instrumentos empregam as propriedades higrométricas de diferentes substâncias. Os higrômetros também variam de construção de acordo com o tipo de observação a que se destinam. No entanto, na prática, as observações mais precisas de umidade do ar são feitas por instrumentos chamados “psicrômetros”.

▪ Psicrômetros

O psicrômetro compõe-se de dois termômetros idênticos: o primeiro, com o bulbo seco, e o segundo, com o bulbo envolvido em cadarço de algodão, mantido constantemente molhado. O primeiro termômetro é denominado bulbo seco, ao passo que o segundo termômetro é o bulbo úmido. Eles são montados verticalmente, lado a lado, em um suporte localizado no abrigo meteorológico, conforme a Figura 2(b). O psicrômetro mede a umidade do ar indiretamente e, por seu intermédio, obtemos, através de tabelas apropriadas, a umidade relativa, a tensão do vapor e a temperatura do ponto de orvalho. Os valores dos dois termômetros citados correspondem, respectivamente, à temperatura do ar (bulbo seco) e à temperatura da água em processo de evaporação (bulbo úmido).

Se a temperatura do bulbo úmido for maior que a temperatura do ar (bulbo seco), o cadarço que envolve o bulbo úmido está seco e deve ser imediatamente umedecido; além disso, as leituras devem ser refeitas, fazendo-se novas observações. Existem dois tipos de psicrômetros, que são:

- a)** Psicrômetro sem ventilação artificial: sob o termômetro úmido, preso também ao suporte; existe um vaso com água e um cadarço para manter úmido o outro tecido que cobre o termômetro (psicrômetro ordinário).
- b)** Psicrômetro de ventilação artificial: entre os psicrômetros dessa categoria, podemos distinguir os do tipo Assmann, como na Figura 2(b), Aspiração e Elétrico.

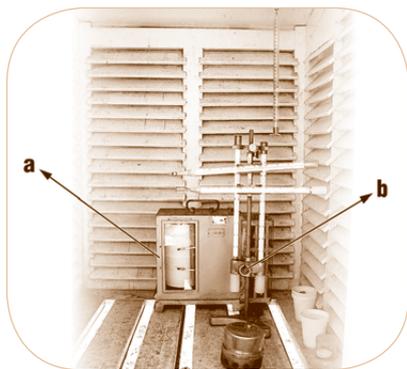


Figura 2 – Medidores de umidade do ar: (a) termo-higrógrafo; (b) psicrômetro Assmann.

- **Higrômetros**

São instrumentos que utilizam como elemento sensível o “cabelo humano”. O cabelo é uma substância que, quando livre de gorduras, sofre variações em seu comprimento de acordo com as variações de umidade do ar. Como as condições de temperatura também influem no coeficiente de alongamento do cabelo, os higrômetros construídos com ele medem diretamente a umidade relativa do ar.

- **Higrógrafos**

São higrômetros registradores. Têm a vantagem de prestar uma informação gráfica e contínua de todas as observações de umidade. Algumas vezes, os higrógrafos têm montagem conjugada com os termógrafos, registrando as informações num mesmo diagrama, e são denominados de termo-higrógrafos (Figura 2). Os modelos mais comuns de higrógrafos utilizam como elemento sensível um feixe de cabelos especialmente tratados para esse fim. A outra parte do instrumento é um tambor que recebe o papel registrador (diagrama). A rotação do tambor é realizada por um sistema de relógio instalado em seu interior. A velocidade de rotação pode ser de uma volta completa em 24 horas ou 7 dias.



Atividade 2

Por que a temperatura do bulbo úmido deve ser igual ou menor que a temperatura do bulbo seco?

Radiação

O Sol envia para o espaço uma grande quantidade de energia, que se propaga em todas as direções, denominada energia radiante ou radiação. Daí a designação de radiação solar à energia proveniente do Sol, cuja energia é recebida pela Terra na forma de ondas eletromagnéticas. Esse tipo de radiação é a fonte primária de energia que o globo terrestre dispõe, e a sua distribuição variável no tempo e no espaço é a geratriz de todos os processos atmosféricos.

No Instituto Nacional de Meteorologia/INMET, algumas estações Climatológicas Principais (CP) medem a radiação solar direta e difusa a fim de dar subsídios ao estudo das transformações de energia, distribuição de radiação na superfície do globo e principalmente à aplicação às necessidades do setor agrícola.

Instrumentos radiativos

Há uma gama de instrumentos desenvolvidos para a medição da radiação solar. Esses instrumentos têm denominações especiais, de acordo com sua finalidade. No INMET adota-se o piranógrafo ou actinógrafo e o piranômetro.

a) Piranógrafo ou actinógrafo:

Consiste em um elemento sensível, que é uma placa de metal montada horizontalmente, constituída de outras três placas, uma negra no centro e duas brancas laterais. Esse conjunto é conhecido como bimetalico; é conjugado a um sistema de alavancas que, por sua vez, movimenta a pena do aparelho sobre o tambor da relojoaria. O tambor de relojoaria é idêntico aos já descritos anteriormente, só que em alguns modelos fica em posição horizontal. A parte sensível do aparelho é protegida de poeiras, de umidade e de precipitação por uma semiesfera de vidro (Figura 3).



Figura 3 – Piranógrafo ou actinógrafo bimetalico

b) Piranômetro

O piranômetro mede a radiação solar global ou a radiação difusa. Para medir a radiação difusa, um anteparo especial é acoplado ao piranômetro, a fim de evitar que a radiação solar direta atinja o elemento sensível do instrumento.

O tipo de piranômetro mais utilizado na rede solarimétrica do INMET é o **piranômetro de Eppley**, tendo como princípio de funcionamento o diferente aquecimento das superfícies branca e preta, detectado por junções termoeletricas. Essas junções produzem uma corrente elétrica quando submetidas à ação da radiação, que é registrada em um totalizador integrador digital.

Unidade de medida

A radiação solar é medida em calorias por centímetro quadrado de superfície por minuto, representada por ($cal.cm^{-2}.min^{-1}$) ou em ($watt.m^{-2}$) de superfície.

Uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água pura de $14,5^{\circ}C$ a $15,5^{\circ}C$.

A equivalência entre as duas unidades é:

$$1 \text{ cal.cm}^{-2}.min^{-1} = 797,3 \text{ Wm}^{-2}$$



Atividade 3

Pesquise o que seria “balanço de radiação” e discuta como medir cada termo desse balanço.

Insolação

Dá-se o nome de insolação ao número de horas de brilho solar livre de quaisquer nuvens capazes de interrompê-lo. A sua observação sistemática, além de valiosa à agricultura, contribui poderosamente para a determinação dos climas.

Instrumento

O instrumento adotado pelo INMET destinado a medir a insolação é o heliógrafo do tipo Stokes-Campbell (Figura 4). O aparelho compõe-se de uma perfeita esfera de vidro, suspensa em um sólido suporte semicircular, tendo por baixo uma armação metálica em forma de concha, em cuja face interna existem vãos formados por seis ranhuras independentes e concêntricas com a esfera. Os raios solares focalizados convergem, através do vidro, sobre uma tira de cartolina (heliograma), conforme a época do ano, de modo que os raios do Sol vão queimando progressivamente a cartolina, desde que não haja nuvens capazes de interceptar os raios solares.



Figura 4 – Heliógrafo.

Pressão

A atmosfera exerce sobre o homem uma pressão permanente devido ao peso dos gases que a compõem. O estudo da **pressão atmosférica** constitui uma parte fundamental da meteorologia. As diferenças de pressão, dentro da atmosfera, originam as grandes correntes atmosféricas, tais como os ventos, e, finalmente, toda a dinâmica da atmosfera tem como origem as diferenças no campo da pressão.

Natureza da pressão atmosférica

Em Física, os cientistas fazem uma distinção entre força e pressão. Pressão é a força exercida por unidade de superfície. As moléculas e os átomos de nitrogênio, de oxigênio e de todos os demais gases atmosféricos bombardeiam, em grande velocidade, todos os corpos que entram em contato com eles. A força que exercem por unidade de superfície é denominada de pressão atmosférica.

Nas proximidades da superfície da Terra, a pressão é sempre maior, uma vez que seu valor é igual ao peso da coluna de ar acima da unidade de superfície sobre a qual atua. À medida que aumenta de altitude, o número de moléculas e de átomos de ar acima do observador diminui; portanto, a pressão atmosférica decresce com a altitude.



Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é o peso da atmosfera posicionada verticalmente acima do local por unidade de área horizontal.

As unidades de pressão representam o comprimento de uma coluna de mercúrio necessária para equilibrar a pressão atmosférica, e são principalmente o milímetro de mercúrio (mmHg), o milibar (mB) ou o hectopascal (hPa). As unidades de pressão, em termos de comprimento de coluna de mercúrio, provêm do experimento de Torricelli, em 1643. Torricelli mostrou que, no nível do mar, sob gravidade normal e a 0°C, a altura h vale 760 mm, de modo que o valor 760 mmHg é adotado como uma referência padrão.

Modernamente, foi adotada uma unidade internacional de pressão atmosférica, o hectopascal (hPa), para facilitar a representação sinóptica. A relação de equivalência com o milímetro de mercúrio é de $1 \text{ hPa} = 0,75 \text{ mmHg}$.

Medição da pressão atmosférica

Os instrumentos usados para a medição da pressão atmosférica são o barômetro de mercúrio, o barômetro aneróide e o barógrafo aneróide.

O princípio de funcionamento do barômetro de mercúrio (Figura 5) é igual ao de Torricelli, e é o instrumento mais preciso na medição de pressão atmosférica. É constituído de uma pequena cuba ou cisterna, que é o reservatório do mercúrio, e de uma coluna de aproximadamente 90 cm de comprimento. A pressão atmosférica é dada pelo comprimento da coluna de mercúrio entre o nível da cisterna e o topo (menisco) da coluna de mercúrio no tubo. A leitura é feita em uma escala graduada inscrita no próprio instrumento, com a complementação através de um vernier. Solidário ao barômetro, existe um termômetro que indica a temperatura do instrumento.



Figura 5 – Barômetro de Mercúrio.

O barômetro aneróide consiste basicamente em uma cápsula de metal, flexível, selada e com vácuo interno parcial. A cápsula é impedida de ser esmagada pela pressão atmosférica por uma mola interna, mas responde às variações de pressão, variando sua dimensão. Tais variações são transmitidas a um ponteiro, que indica a pressão sobre uma escala. Esse instrumento é compensado para variações de temperatura. É, entretanto, menos preciso que o barômetro de mercúrio, devendo ser frequentemente aferido com este. São portáteis e têm transporte e manuseio mais fácil que o barômetro de mercúrio.

O barógrafo é um barômetro registrador que dá um registro contínuo, ou seja, registra sem interrupções o comportamento da pressão atmosférica em um determinado intervalo de tempo. O elemento sensível está constituído por um dispositivo aneróide, isto é, constituído de uma série de cápsulas aneróides sobrepostas, compensadas para variações de temperatura. A deformação é amplificada mecanicamente e registrada sobre um tambor rotatório, movido por mecanismo de relojoaria. Deste modo, obtém-se um registro contínuo da pressão atmosférica em uma estação considerada.

Variação da pressão com a altitude

A pressão atmosférica na superfície da Terra é igual ao peso por unidade de superfície de uma coluna vertical de ar que se estende da superfície da Terra ao limite superior da atmosfera. À medida que se sobe, a pressão diminui, já que diminui a altura da coluna de ar que se encontra sobre o observador.

Determinação da pressão atmosférica

O barômetro e o barógrafo aneróides fornecem diretamente, através de suas leituras, a pressão real ou estática.

Entretanto, a leitura do barômetro de mercúrio deve sofrer algumas correções. Essas correções são as seguintes: correção instrumental (C_i), correção da temperatura (C_t) e a correção da gravidade (C_g).



Atividade 4

O que se entende por redução da pressão ao nível médio do mar?

Vento

O vento é o movimento horizontal do ar em relação à superfície terrestre. É gerado pela ação de gradientes de pressão atmosférica, mas sofre influências modificadoras do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície terrestre. Dessa maneira, parte da radiação solar que alcança a Terra se transforma, posteriormente, em energia cinética dos gases da atmosfera. Em consequência, as moléculas da atmosfera estão sempre em movimento.

Princípios gerais da medida do vento na superfície

O vento é uma grandeza vetorial definida através de uma velocidade e uma direção. A direção do vento indica a direção de onde o vento provém. Este sofre, geralmente, flutuações rápidas. O grau de perturbação oriundo dessas flutuações é expresso pelo termo **rajada**.

A velocidade, a direção e a rajada do vento são medidas preferencialmente com a ajuda de instrumentos; porém, quando for impossível, deve-se determiná-las por avaliação. Isto é, por exemplo, o que ocorre quando a velocidade do vento é inferior a 1 m/s, pois com velocidades fracas, os instrumentos são poucos sensíveis e deixam de ser precisos. Calmo é a ausência de todo o movimento perceptível do ar.

Exposição dos instrumentos para medir o vento na superfície

Às vezes é difícil medir a velocidade e a direção do vento na superfície com precisão. O movimento do ar é afetado por fatores como a rugosidade do solo, a natureza da superfície, as fontes de calor, a presença de edifícios, entre outros.

Além disso, por regra geral, a velocidade do vento aumenta com a altitude sobre a superfície terrestre. Por conseguinte, para obter medidas comparáveis em lugares diferentes é necessário especificar uma altitude padrão para a medida do vento na superfície.

A altura padrão dos instrumentos de medida do vento na superfície é de dez metros sobre o terreno plano e descoberto. Terreno descoberto é aquele em que a distância entre os instrumentos e qualquer obstáculo é, no máximo, igual a dez vezes a altura desse obstáculo.

A adoção de uma altura padrão tem importância particular nos aeroportos. Quando não for possível adotar as regras para a instalação de instrumentos, estes devem ser instalados a uma altura tal que suas indicações não sejam muito influenciadas pelos obstáculos vizinhos, e de forma que indiquem, tanto quanto possível, o que seria o vento a dez metros de altura na ausência de obstáculos.

Direção do vento na superfície

A direção do vento se define como aquela de onde o vento sopra. É expressa em graus, contados no sentido dos ponteiros do relógio a partir do Norte geográfico, e aplicando-se a teoria da rosa dos ventos.

Medida da direção do vento na superfície

Em geral, a direção do vento na superfície é medida com a ajuda de um cata-vento. Para um bom funcionamento, deve-se ter cuidado para que o eixo do cata-vento esteja perfeitamente vertical e que a orientação em relação ao Norte verdadeiro seja precisa. Para as observações sinóticas, é necessário determinar a direção média do vento durante o intervalo de 10 minutos anteriores à hora da observação. Um registrador de direção do vento é adequado a esta finalidade.

A palavra “calmo” deverá ser registrada quando a velocidade do vento é inferior a meio metro por segundo.

A força do vento é a força exercida pela massa de ar, em decorrência de sua velocidade, sobre um obstáculo perpendicular à sua direção. Dentre os instrumentos de medição do vento, três são os mais utilizados: cata-vento tipo *Wild*, anemômetro de canecas e anemógrafo universal.

O cata-vento tipo *Wild* mede a direção e a força do vento. A força do vento é dada pelo ângulo de deflexão que a placa retangular móvel forma com a vertical, quando voltada para a direção do vento. A leitura da força do vento é feita sobre uma escala formada por sete pinos colocados sobre um arco de metal. Os valores de força do vento podem ser transformados em velocidade instantânea do vento.

A direção do vento é dada por uma haste horizontal, orientada por um par de aletas em relação a quatro hastes fixas que indicam os pontos cardeais. As aletas também mantêm a placa de medição de força do vento sempre perpendicular à direção do vento.

O anemômetro totalizador de canecas é o instrumento mais utilizado na determinação da velocidade média do vento (Figura 6). Possui um conjunto de três ou quatro canecas metálicas solidárias a um eixo. O vento faz com que as canecas girem em torno de um eixo, e o espaço percorrido por elas é acumulado em um hodômetro. A diferença entre duas leituras consecutivas indica o vento percorrido no período. A velocidade média do vento nesse período é o vento percorrido corrigido por unidade de tempo. A transformação do vento percorrido em vento corrigido é feita através da equação de calibração do aparelho.



Figura 6 – Anemômetro totalizador.

O anemógrafo universal registra a direção do vento, a velocidade instantânea, as rajadas de vento e o vento percorrido em um mesmo diagrama (Figura 7). A direção do vento é medida por um conjunto haste-aletas. A velocidade instantânea do vento é medida através das pressões estática e dinâmica exercidas pelo vento em dois orifícios situados na haste indicadora da direção do vento. O vento percorrido é medido por um sistema de canecas semelhantes ao do anemômetro totalizador.



Figura 7 – Anemógrafo universal.

Atividade 5

Pesquise e comente o que é “vento geostrófico” e “movimento ciclônico”.

Precipitação

Precipitação é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre. A precipitação ocorre sob as formas pluvial (de chuva), de granizo e de neve.

As precipitações se originam de nuvens formadas pelo resfriamento por expansão adiabática de massas de ar que se elevam na atmosfera. De acordo com o mecanismo que origina a elevação de massa, as precipitações podem ser de três tipos: orográficas, convectivas ou frontais.

As precipitações orográficas ocorrem nas regiões que apresentam grandes variações de altitude, podendo abranger o ano todo ou qualquer época dele. As precipitações convectivas acontecem na época de maior ganho de energia do ano. As precipitações frontais concentram-se no período do ano em que ocorre a penetração de massas de ar de origem polar.

Medição da precipitação

A medida da precipitação é feita por pluviômetros e por pluviógrafos. Ela consiste em determinar a espessura da camada de água líquida que se depositaria sobre a superfície horizontal, em decorrência da precipitação, se não ocorresse evaporação, escoamento superficial e infiltração. Essa espessura, denominada altura de precipitação, é determinada pela medida do volume de água captado por uma superfície horizontal de área conhecida, através da expressão:

$$h = 10 (V/A), \quad \text{Eq.1}$$

onde h é a altura da precipitação em mm , V é o volume de água captada em ml e A é a área da superfície coletora em cm^2 .

O pluviômetro consiste de duas peças cilíndricas que se encaixam. A peça superior define a área da captação na parte superior e possui um funil na parte inferior. Cada pluviômetro

contém uma proveta graduada para receber e medir o volume de água coletada. A proveta pode ser graduada, diretamente, em milímetros de precipitação, baseado na Equação 1. Dessa forma, uma proveta graduada em mm de precipitação é específica de um dado valor de área de captação. A Figura 8 mostra o pluviômetro padrão *Ville* de Paris.



Figura 8 – Pluviômetro *Ville* de Paris.

O pluviógrafo é basicamente um pluviômetro no qual se substitui a proveta graduada por um conjunto medidor-registrador. Este é formado por um recipiente com boia e um mecanismo de relojoaria. A água coletada vai sendo armazenada no recipiente com boia. Uma haste fixa a essa boia transmite e registra o nível de água no recipiente sobre o tambor de relojoaria. Completando o volume do recipiente, atua um sifão de descarga que o esvazia. A água de descargas sucessivas pode ser acumulada em um reservatório. A Figura 9 mostra um pluviógrafo tipo Helmann.



Figura 9 – Pluviógrafo Helmann.



Existem outros instrumentos que podem quantificar a precipitação, tais como o radar e o satélite.

Hidrometeoros

Hidrometeoro – é um meteoro que consiste em um conjunto de partículas de águas líquidas ou sólidas, em queda ou em suspensão na atmosfera.

Características dos diversos tipos de precipitação

A fim de que **hidrometeoros** atinjam o solo em seu estado primitivo, é necessário que o ar sob a nuvem não seja nem seco e nem quente demais; de outro modo, as gotas de água podem evaporar e as partículas de gelo podem se liquefazer ou sublimar.

O chuvisco consiste em uma precipitação bastante uniforme, composta unicamente de finas gotas de água bem próximas uma das outras. Por definição, admite-se que chuvisco é uma precipitação pluvial cujo diâmetro das gotas de água é inferior a 0,5 mm. O chuvisco provém de nuvens estratiformes, cuja espessura não excede algumas centenas de metros.

A chuva é formada geralmente por gotas de água de uma dimensão maior que as do chuvisco, ou seja, superior a 0,5 mm de diâmetro. As grandes gotas de chuvas se formam em nuvens que têm, em geral, vários quilômetros de espessura. O máximo de intensidade de precipitação resulta normalmente da formação de gotas relativamente grandes em nuvens cumuliformes. Às vezes, essas nuvens podem ter uma dimensão vertical de 10 km ou mais, e ocorrem violentas correntes verticais em seu interior.

A neve é a precipitação de cristais de gelo. A maior parte dos cristais é ramificada, e às vezes estrelada. As aglomerações de cristais de gelo constituem os flocos de neve. Os grãos de neve caem usualmente em quantidades muito pequenas e, preferencialmente, de nuvens estratiformes.

Granizo é a precipitação de pequenas bolas ou pedaços de gelo. É chamado de pedra de granizo quando seu diâmetro é da ordem de 5 a 50 mm (às vezes superior). As partículas de diâmetro inferior, mas de origem análoga, classificam-se como pelotas de gelo.

As nuvens cumulonimbus constituem um meio favorável à formação de granizo. Essas nuvens se caracterizam por fortes correntes ascendentes, um conteúdo elevado de água líquida, gotas de grandes dimensões e uma grande dimensão vertical.



Atividade 6

Pesquise, reflita e responda:

1

Por que são necessárias nuvens com grande desenvolvimento vertical para a formação de granizo?

2

Pesquise o que é o fenômeno “virga”.

Evaporação, transpiração e evapotranspiração

A evaporação e a transpiração são componentes naturais do ciclo hidrológico pelas quais a água, precipitada pelas chuvas e pela neve, retorna à atmosfera. Já a evapotranspiração é a perda de água na forma de vapor para a atmosfera que a vegetação apresenta. O conhecimento da evaporação e da evapotranspiração constitui-se num parâmetro importante no estudo da economia de água em reservatórios expostos, na secagem natural de produtos, e é elemento de grande influência ecológica, animal e vegetal. Também podemos relacioná-los ao fato de que, associado com o ganho de água através das precipitações, o estudo desses fatores permite determinar a disponibilidade hídrica de uma região. A seguir, explicaremos apenas a evaporação.

Evaporação

O vapor d'água contido na atmosfera – que, por condensação, precipita-se ou deposita-se sobre a Terra em diversas formas – provém dos oceanos, rios, lagos e de toda a superfície umedecida. O processo pelo qual se dá essa conversão do estado líquido em gasoso é denominado **evaporação**. Para se medir com rigor este elemento, seria necessário considerá-lo em toda a parte: sobre a água, o solo, a vegetação e o próprio corpo animal. Infelizmente, é impossível obter medidas verdadeiramente representativas das condições naturais. Os instrumentos disponíveis não são plenamente satisfatórios. Uma pequena vasilha com água e um solo argiloso, por exemplo, evaporam mais por unidade de superfície que um grande reservatório d'água e um solo arenoso, embora estejam todos em condições idênticas de exposição.

A água evapora-se da superfície da Terra através dos seguintes meios: evaporação da água líquida em vapor d'água; sublimação do gelo em vapor d'água; transpiração das plantas.

Unidade de medida para a evaporação

A razão (proporção) de evaporação é definida como a quantidade de água evaporada de uma unidade de área de superfície por unidade de tempo.

Por ser representada como a massa ou o volume de água líquida evaporada por área na unidade de tempo, mais comumente como a altura equivalente por unidade de tempo de toda a área, a unidade de tempo é, normalmente, um dia, e a altura pode ser expressa em milímetros (*mm*).

Fatores que afetam a evaporação

A medida de evaporação é mais difícil de determinar do que a precipitação. Valores absolutos e fidedignos da perda de água da superfície da água sobre áreas de extensão apreciável ainda não foram obtidos.

Os fatores abaixo relacionados afetam a razão de evaporação de qualquer corpo da superfície:

- Radiação total, solar e terrestre;
- Temperatura do ar e da superfície de evaporação;
- Velocidade do vento da superfície;
- Umidade relativa do ar na superfície;
- Pressão atmosférica;
- Natureza da superfície;
- Total de umidade na superfície disponível para a evaporação.

Além dos valores de temperatura, velocidade do vento e umidade na superfície, a variação desses valores com a altitude é também importante. A razão de evaporação, portanto, varia apreciavelmente em áreas menores. A evaporação nas superfícies líquidas também é afetada pelo estado da superfície líquida. Impurezas e vegetação na água também afetam a evaporação.

A evaporação no solo depende de outros fatores além das condições meteorológicas. Estes incluem o teor de umidade, propriedades físicas e composição química do solo, bem como a profundidade do nível do lençol d'água.



Atividade 7

Procure em livros, sites e artigos científicos o modo como os meteorologistas calculam e estimam a evaporação potencial. Procure entender como determinam e estimam a evaporação potencial da cidade onde você mora.

Instrumentos

No INMET, adotam-se dois tipos de instrumentos para medir a evaporação:

- Evaporímetro de piche;
- Tanque de evaporação de Classe A.

O evaporímetro de piche consiste em um pequeno tubo de vidro fechado em uma de suas extremidades, e graduado em milímetro e décimos de milímetro. O aparelho fica instalado no abrigo meteorológico. Esse instrumento tem a vantagem de ser fácil e de simples manuseio; porém, suas indicações são seriamente afetadas pelo depósito de poeira ou areia na superfície porosa.

O tanque de Evaporação Classe A (Figura 10) consiste em um tanque de forma circular, de aço inoxidável ou galvanizado. Complementando o aparelho, existe um conjunto de termômetro de máxima e de mínima, um sistema de medição de água evaporada (micrômetro) e um anemômetro. O tanque e seus acessórios ficam localizados no cercado da estação ao ar livre.



Figura 10 – Tanque de Evaporação Classe A.

Resumo

Nesta aula, você estudou as diversas variáveis que usamos na meteorologia. Dentre essas variáveis, destacamos a temperatura, umidade, radiação, insolação, pressão, vento, precipitação e evaporação. Conceituamos esses termos, determinamos sua importância e apontamos os instrumentos utilizados na medição desses parâmetros. Dessa forma, as variações que ocorrem na atmosfera terrestre e suas consequências no planeta são fisicamente entendidas.

Autoavaliação



O que você entende sobre temperatura? Exemplifique.

2

O que você entende por umidade relativa? Descreva o princípio de funcionamento do hidrômetro de cabelo e o psicrômetro.

3

Cite e explique quais os principais instrumentos usados para medir a radiação solar.

4

O que é insolação? Como pode ser medida?

5

Descreva a estrutura e o funcionamento de um barômetro aneróide, mencionando algumas causas de erros nas medições desse tipo de barômetro.

6

Descreva o experimento de Torricelli. Qual a semelhança com o barômetro de mercúrio?

7

A quantos litros por metro quadrado corresponde 1 mm de precipitação?

8

Cite e explique quais os instrumentos meteorológicos que são utilizados para medir evaporação.

Referências

INMET. **Manual de Observações Meteorológicas**. 3.ed., Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

OLIVEIRA, S. L. **Dados Meteorológicos para Geografia**. Monografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1981.

RESTALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

SILVA, M,A,V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INEMET, 2005.

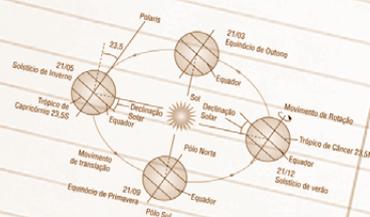
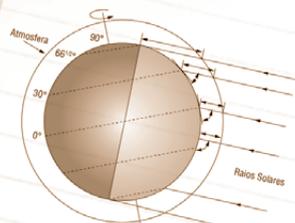
TUBELIS, Antônio. **Meteorologia Descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991.

Trocas de calor na atmosfera

Aula

4



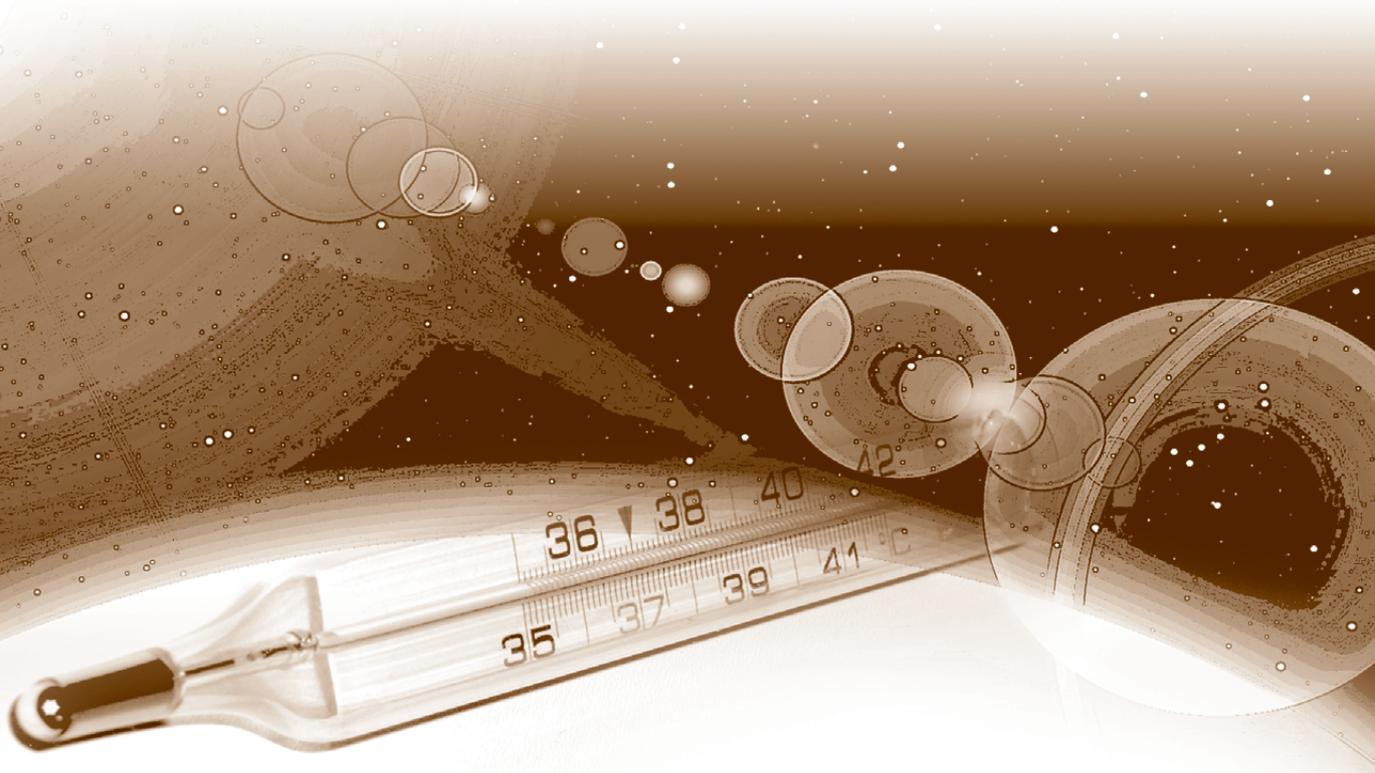
Apresentação

A enorme quantidade de energia contida na atmosfera manifesta-se claramente durante as trovoadas, assim como nas intensas correntes de ar sobre os continentes e oceanos. Praticamente toda essa energia provém do Sol em forma de radiação eletromagnética. As quantidades de energia emitidas pelo centro quente da Terra e pelas estrelas são totalmente insignificantes.

Nesta aula, você estudará o que acontece quando a radiação solar chega à atmosfera, e examinará certos processos de trocas de calor no sistema Terra-atmosfera.

Objetivos

- 1** Conhecer as formas de trocas de calor da atmosfera, entendendo como ocorrem essas relações, bem como sua dissipação na atmosfera e superfície terrestre.
- 2** Compreender os aspectos que envolvem a radiação do sistema Sol-Atmosfera-Terra, apontando quais os processos envolvidos nesse sistema.





Trocas de calor na atmosfera

Nas aulas anteriores, você já viu tópicos sobre a atmosfera. Nessa aula, a atmosfera será vista sob a ótica das trocas de calor.

A atmosfera terrestre recebe energia cuja fonte primária é o Sol. Mas essa energia chega à atmosfera sob diversas formas, ou seja, por radiação de onda curta, radiação de onda longa, calor sensível e calor latente. Se somássemos todas essas contribuições, teríamos a quantidade total de energia trocada entre a atmosfera e o meio com a qual está em contato (superfície do solo, águas oceânicas, espaço exterior, entre outros) num processo tipicamente diabático, ou seja, a atmosfera recebe ou cede calor do meio que está em contato.

Principalmente no verão, a atmosfera se acha mais “fria” que a superfície sobre os continentes, o que significa que a superfície irá fornecer calor para a atmosfera, aquecendo-a. Neste caso, a superfície age como fonte de calor para a atmosfera. Em outras regiões, entretanto, a atmosfera poderá estar mais aquecida que a superfície; assim, a atmosfera irá perder calor para a superfície. Em tais circunstâncias, haverá a formação de verdadeiros sumidouros de calor. Dependendo da distribuição das fontes e desses sumidouros de calor, as propriedades termodinâmicas da atmosfera irão se modificar, e tais modificações provocarão variações no tempo e no clima de um determinado ecossistema.

Relações astronômicas entre o Sol e a Terra

O Sol se desloca no espaço em direção a um ponto da esfera celeste, próximo da posição atualmente ocupada pela estrela Vega, arrastando consigo os demais corpos que congregam o sistema solar. Tendo em vista esse deslocamento do Sol, o movimento da Terra descreve uma hélice elíptica.

Em Meteorologia, porém, o importante é conhecer o movimento da Terra em relação ao Sol e analisar as consequências desse movimento. Para isso, pode-se considerar o Sol imóvel, ocupando um dos focos da elipse que representa a trajetória da Terra em seu movimento em torno do Sol. Em virtude da forma elíptica da órbita terrestre, a distância Terra-Sol varia ao longo do ano em torno de um valor médio de 149,6 milhões de quilômetros. A distância mínima Terra-Sol é de aproximadamente 147,1 milhões de quilômetros, e a máxima de $152,1 \times 10^6 \text{ km}$. O ponto da trajetória da Terra que se acha mais próximo se chama periélio, e o mais distante, afélio. A Terra passa pelo periélio em 3 de janeiro, e pelo afélio em 4 de julho.

Enquanto efetua seu movimento de translação em torno do Sol, a Terra também gira em torno de seu eixo (movimento de rotação). Esse movimento tem importantes consequências meteorológicas, pois é o responsável pela sucessão dos dias e das noites. Além da rotação e da translação, a Terra possui ainda outros movimentos que, embora fundamentais para os astrônomos, não são relevantes para fins meteorológicos.



Atividade 1

1

Quais são os movimentos da Terra em relação ao Sol?

2

Que consequências tais movimentos apresentam para o planeta?

3

Pesquise e responda: a Lua apresenta alguma influência sobre a Terra? Qual(is)?

As estações do ano

Para um observador fixo na Terra, o Sol se movimenta na esfera celeste, e esse movimento tem duração de aproximadamente um ano. O movimento aparente do Sol na esfera celeste é helicoidal, em consequência de o eixo terrestre ser inclinado em relação ao Plano da Eclíptica (plano que contém a trajetória da Terra em torno do Sol), como pode ser visualizado na Figura 1.

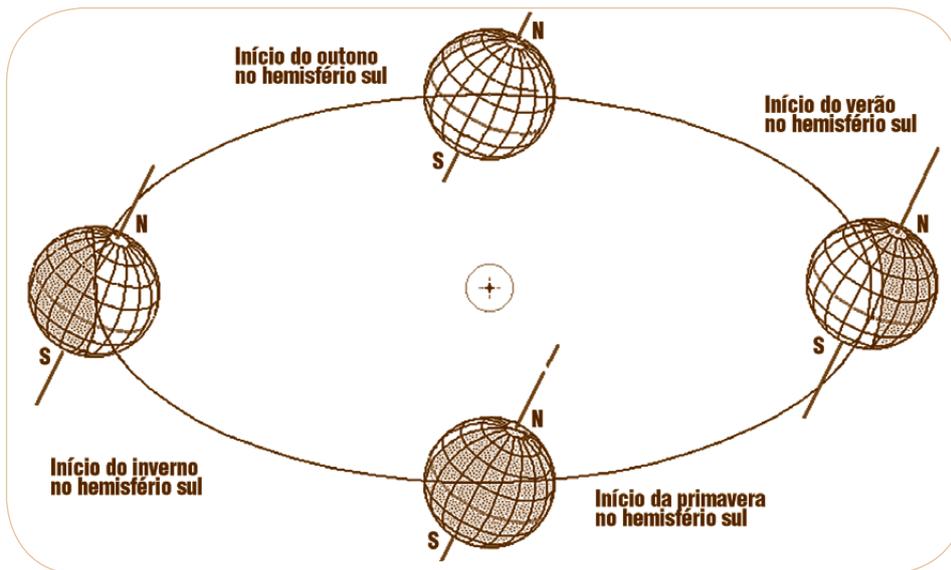


Figura 1 – Estações do ano.

Atualmente, o ângulo entre o Plano da Eclíptica e o Plano Equatorial Celeste é de aproximadamente $23^{\circ}27'$, e tal posição-situação é conhecida, em astronomia, como **obliquidade da eclíptica**. A combinação da obliquidade da eclíptica e a translação da Terra causam a impressão de que o Sol se desloca na direção Norte-Sul ao longo do ano, dando origem às estações do ano, como pode ser facilmente observado na Figura 2.

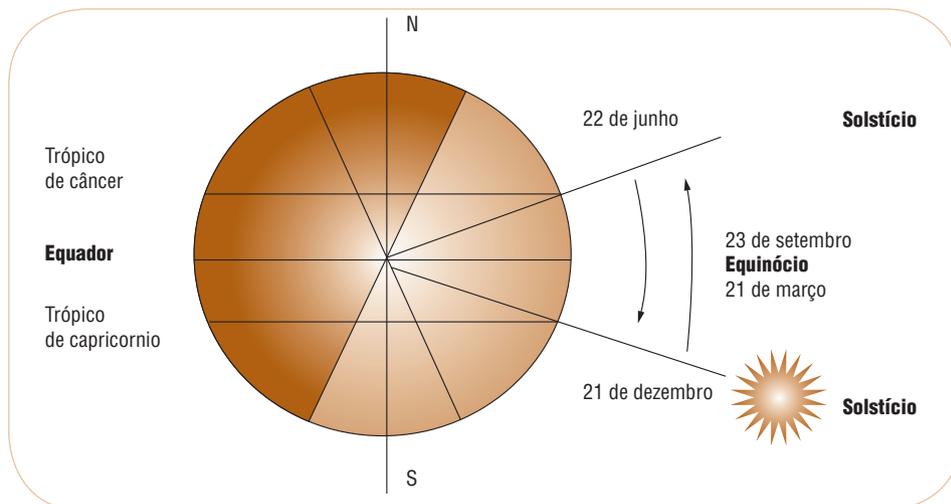


Figura 2 – Estações do ano.

De forma análoga, devido ao movimento de rotação da Terra, para um observador na superfície terrestre tem-se a impressão de que o Sol se desloca de Leste para Oeste ao longo do dia. É o que a Meteorologia denomina de **movimento aparente do Sol**, conforme Figura 3.

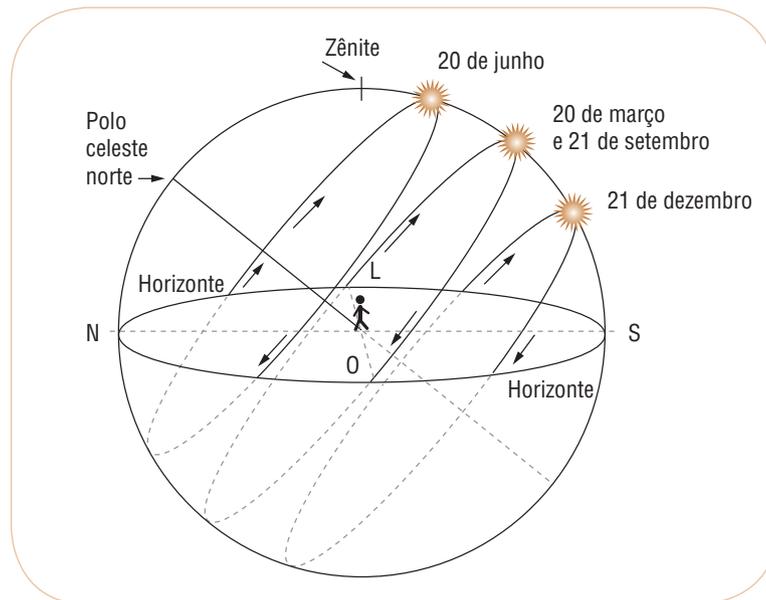


Figura 3 – Movimento aparente do Sol.



Atividade 2

- 1 Com suas próprias palavras, explique o que significa movimento aparente do Sol.
- 2 Quais as consequências desse movimento?

Radiação solar

No sistema atmosfera-superfície terrestre, a energia irradiada pelo Sol é captada durante o dia pela superfície curva e diferenciada da Terra e por seu envoltório gasoso, que refletem ou absorvem as radiações em diferentes proporções. A maior parte da radiação é absorvida e convertida em calor pela superfície terrestre, que o cede à atmosfera na forma de raios infravermelhos. A atmosfera é, assim, aquecida pela base e, como não se deixa atravessar facilmente pelas radiações emitidas pela superfície terrestre, dificulta a dissipação de calor nas altas camadas e impede que os resfriamentos noturnos sejam muito acentuados.

A atmosfera e a superfície terrestre formam, portanto, um verdadeiro sistema de recepção da energia radiante do Sol e trocas de calor entre si. Do balanço dessas trocas decorrem as características térmicas fundamentais de cada região.

Teoricamente, qualquer ponto da superfície terrestre recebe 4.384 horas anuais de radiação solar, o que não significa que o balanço da radiação seja idêntico em todos. Devido à curvatura da Terra, os raios solares que incidem nas latitudes maiores são mais inclinados, o que acentua a reflexão e aumenta a absorção pela própria atmosfera. Nas altas latitudes, a energia solar se reparte por superfícies maiores. Ambos os fenômenos concorrem para que essas regiões recebam insolação menos intensa, conforme visto na Figura 4:

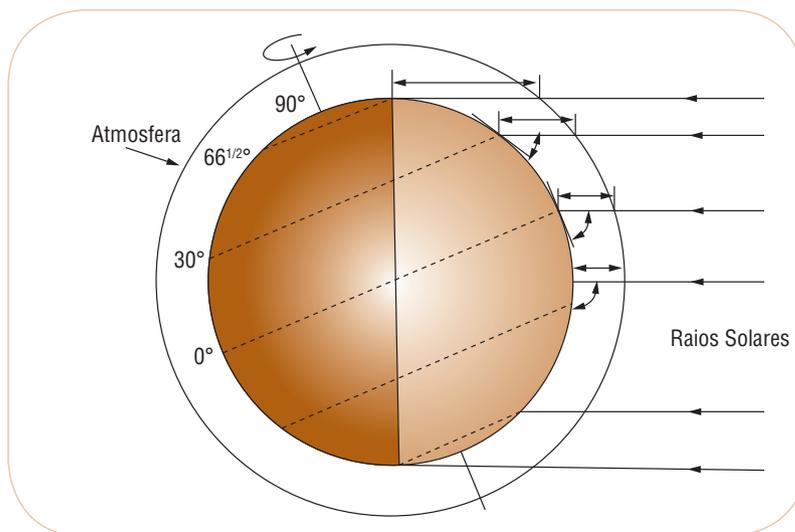


Figura 4 – Variação da altura zenital do Sol com a latitude. Se a altura do Sol é pequena, os raios que atingem a Terra percorrem uma distância maior na atmosfera.

A duração da insolação não é a mesma nas diferentes latitudes. Nas zonas temperadas e frias, onde as noites são curtas no verão e longas no inverno, os contrastes entre as estações do ano são notáveis e a amplitude térmica anual é maior que a amplitude térmica diária. Isso significa que as temperaturas variam mais de estação para estação do que de acordo com a hora do dia. Nas zonas intertropicais, onde os dias e noites têm quase a mesma duração o ano todo, as estações se diferenciam pouco e a amplitude térmica diária é maior que a amplitude térmica anual.

Captação e conversão

Como foi visto anteriormente, a Terra, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano inclinado de $23^{\circ}27'$ com relação ao plano equatorial. Isso dá origem às estações do ano e dificulta os cálculos da posição do Sol para uma determinada data, como você pode ver na Figura 5 adiante.

A posição angular do Sol, ao meio-dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo) é chamada de Declinação Solar (α). Esse ângulo, que pode ser visto na Figura 5, varia, de acordo com o dia do ano, dentro dos seguintes limites:

$$-23,45^{\circ} < \alpha < 23,45^{\circ}.$$

A soma da declinação com a latitude local determina a trajetória do movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma dada localidade na Terra.

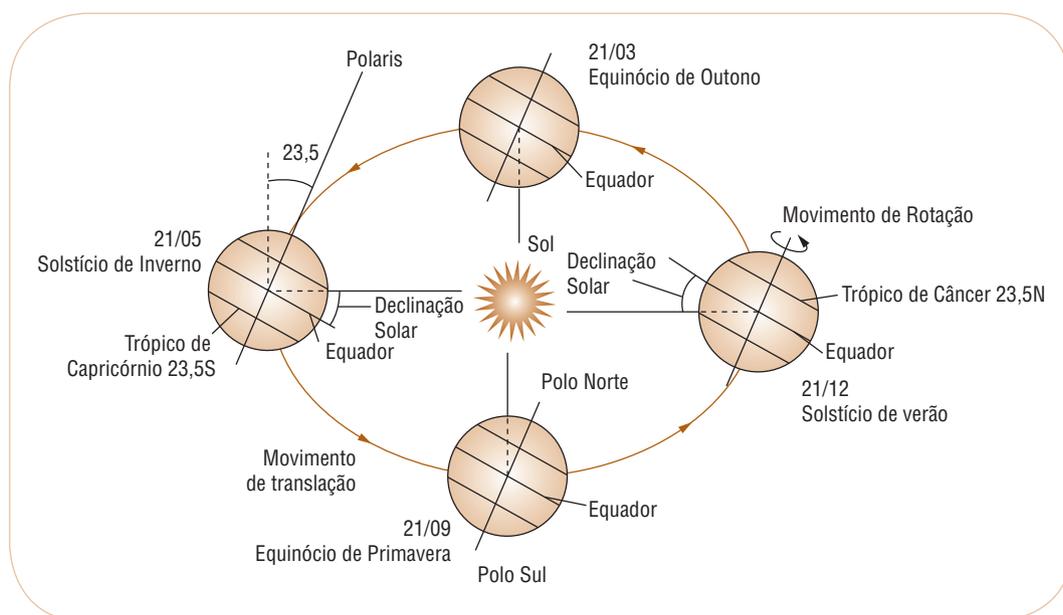


Figura 5 – Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de $23^{\circ}27'$.

A radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre provém da região da fotosfera solar, que é uma camada tênue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial da ordem de 5800°K . Porém, esta radiação não se apresenta com regularidade, pois há a influência das camadas externas do Sol (cromosfera e coroa), com pontos quentes e frios, além das erupções solares.

A radiação eletromagnética solar propaga-se a uma velocidade de 300.000 km/s , podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares. Em termos de comprimentos de onda (λ), 99% da radiação solar que chega ao topo da atmosfera ocupa a faixa espectral de $0,3\mu$ a 4μ , tendo uma máxima densidade espectral em $0,5\mu$, que é a luz verde (Figura 6).

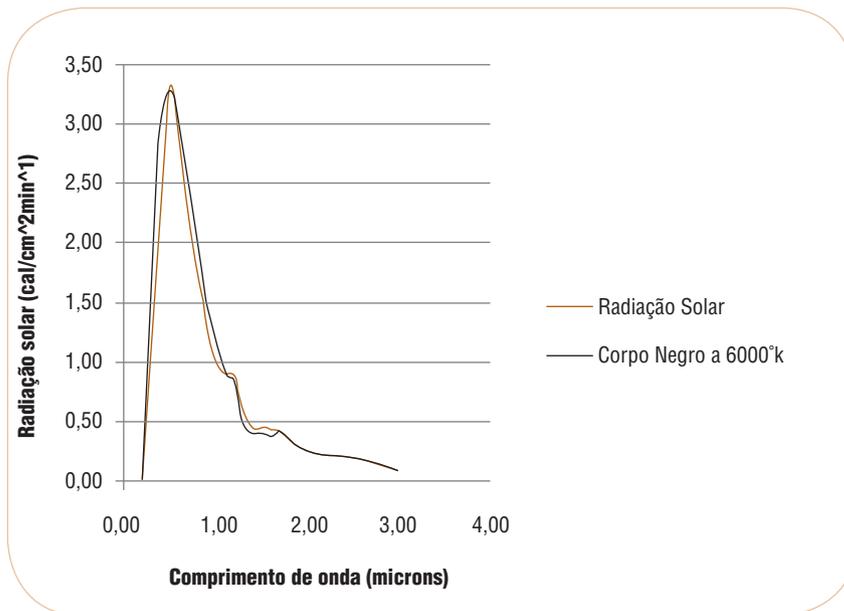


Figura 6 – Distribuição espectral da radiação solar.

É através da teoria ondulatória que as propriedades na faixa solar de absorção e reflexão são definidas para os diversos meios materiais. Três faixas são definidas no espectro: a primeira é a radiação ultravioleta ($\lambda < 0,4\mu$); a segunda, o espectro do visível ($0,4\mu \leq \lambda \leq 0,7\mu$); e a terceira, o espectro infravermelho ($\lambda > 0,7\mu$).

A energia solar incidente no meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida. A parcela absorvida dá origem, conforme o meio material, aos processos de fotoconversão e termoconversão.



Atividade 3

- 1 Explique, com suas palavras, o porquê de algumas regiões receberem insolação menos intensa e com menor duração que outras regiões.
- 2 O que é Declinação Solar?
- 3 Qual a relação entre a latitude local e a declinação solar?

Radiação terrestre

De toda a radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fração atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Essa fração que atinge o solo é constituída por uma componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa, conforme observado na Figura 7.

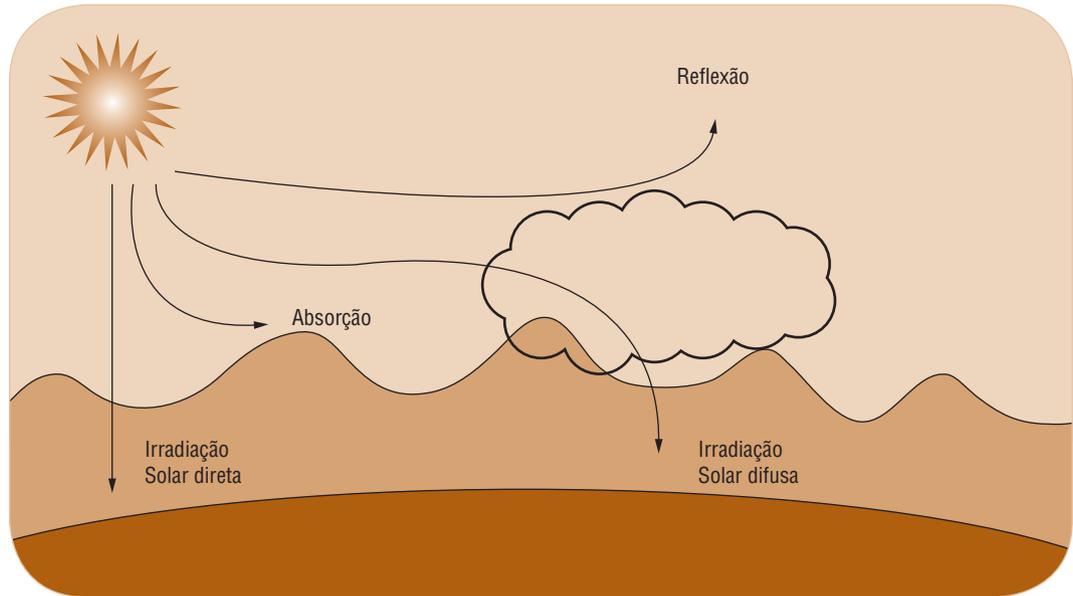


Figura 7 – Componentes da radiação solar ao nível do solo.

Notadamente, se a superfície receptora estiver inclinada com relação à horizontal, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente do entorno (solo, vegetação, obstáculos, terrenos rochosos, entre outros). O coeficiente de reflexão destas superfícies é denominado de **albedo**.

Antes de atingir o solo, as características da radiação solar (intensidade e distribuição espectral) são afetadas por interações com a atmosfera devido aos efeitos de absorção e espalhamento. Essas modificações são dependentes da espessura da camada atmosférica, do ângulo Zenital do Sol (localize o Zênite na Figura 3), da distância Terra-Sol e das condições atmosféricas e meteorológicas.

Cerca de 99% da radiação solar é transportada em faixa de longitudes de onda compreendidas entre $0,15\mu$ e $4,0\mu$. Dessa radiação, 9% pertencem à parte ultravioleta, 45% ao espectro visível e 46% ao infravermelho. Por isso, diz-se que a radiação solar é uma radiação de onda curta.

A radiação de onda curta emitida pelo Sol que é absorvida pela superfície do globo se transforma em calor. A temperatura média da superfície da Terra é de $15^{\circ}C$, aproximadamente. Essa temperatura é, evidentemente, muito inferior à temperatura da fotosfera solar, que é da

ordem de $6.000^{\circ}C$. Portanto, a Terra emite radiação de onda longa, principalmente na faixa entre $4,0\mu$ a 80μ , que é o que se chama **radiação terrestre** ou **irradiação**.

Aproximadamente a 10μ a Terra irradia uma quantidade de energia maior. Essa radiação terrestre está melhor situada na parte infravermelha do que na parte visível, o que a diferencia da radiação solar, cuja intensidade máxima está na parte visível, com comprimento de onda de $0,5\mu$.

Em média, somente cerca de 43% da radiação de onda curta emitida pelo Sol é absorvida pela superfície do globo. Três processos atmosféricos – absorção, reflexão e difusão – respondem pelo restante da radiação.

O ozônio contido na estratosfera absorve a maior parte da radiação ultravioleta. O vapor d'água é o único gás que absorve a radiação visível em quantidades importantes. As nuvens e poeiras absorvem quantidades que variam de acordo com as condições predominantes. Quando há nuvens, seus topos podem refletir uma grande parte de radiação solar, que, desta forma, é devolvida ao espaço. Uma parte da radiação que chega ao solo também pode ser refletida. Podemos observar esses processos na Figura 8:

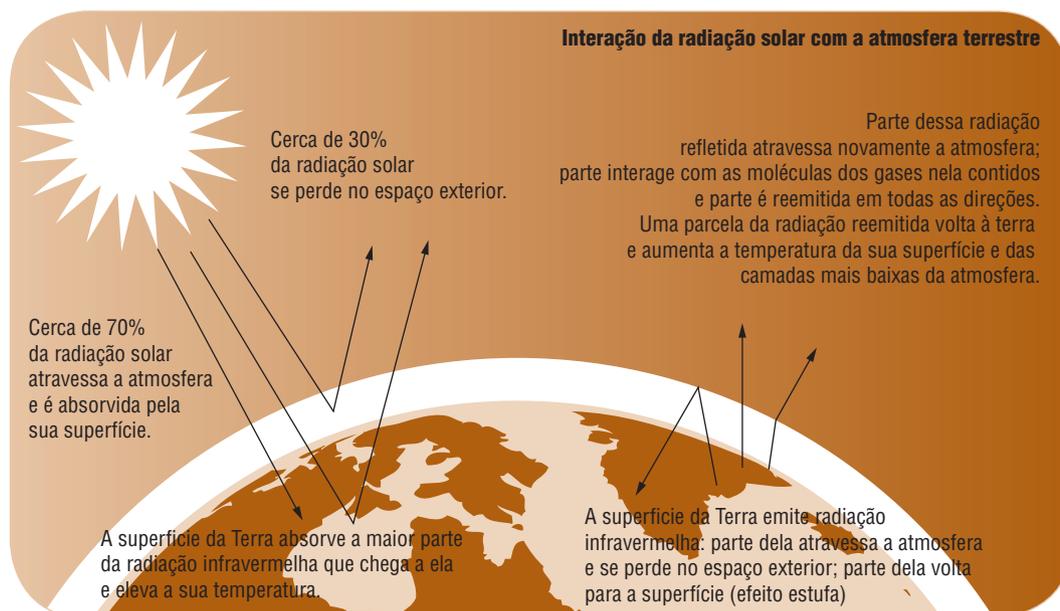


Figura 8 – Radiação solar e a atmosfera terrestre.

Como já mencionado, a radiação solar é atenuada por três processos ao atravessar a atmosfera terrestre.

O primeiro é o espalhamento pelas partículas da atmosfera, tais como moléculas dos gases, cristais e impurezas. Na porção do espectro solar, a luz azul é espalhada mais que luz vermelha, pois a primeira tem um comprimento de onda menor. Esse fenômeno é responsável pela coloração azul do céu.

O segundo processo de atenuação é a absorção seletiva por certos constituintes atmosféricos para determinados comprimentos de onda. Oxigênio, ozônio, gás carbônico e vapor d'água são os principais absorvedores. A radiação ultravioleta é praticamente absorvida pelo O_2 e O_3 , evitando os efeitos prejudiciais que essa radiação provocaria sobre as plantas e os animais; o vapor d'água e o gás carbônico possuem várias faixas de absorção dentro do infravermelho.

O terceiro processo é a reflexão e absorção pelas nuvens. A reflexão pelas nuvens depende principalmente de sua espessura, estrutura e constituição, podendo chegar até a 90%. A absorção pelas nuvens é muito pequena: chegam a 7%, no máximo.

A radiação solar também pode ser difundida em todas as direções pelos gases e partículas contidos na atmosfera. Uma parte dessa radiação difundida é, portanto, devolvida ao espaço, enquanto que outra parte atinge a superfície da Terra e é chamada de radiação difusa. Em consequência, a radiação total que alcança a superfície do solo é a soma da radiação direta e da radiação difusa. A essa soma se dá o nome de **radiação solar global**.

As substâncias que não absorvem mais do que pequenas quantidades de radiação solar são, ao contrário, bons absorventes e bons emissores da radiação de onda longa da Terra. Cada gás atmosférico é um absorvente seletivo da radiação terrestre. Absorve algumas longitudes de onda, mas deixa passar outras. Por exemplo, o ozônio absorve moderadamente a radiação infravermelha na faixa de $9,6\mu$ a 15μ .

O vapor d'água e o dióxido de carbono são absorventes importantes da radiação terrestre. Os dois absorvem a maioria das longitudes de onda dessa radiação. Todavia, uma parte da radiação atravessa diretamente esses dois gases: são as longitudes de onda compreendidas na faixa de 8μ e 13μ , que se conhecem com o nome de **janela atmosférica**. Se houver nuvens presentes, elas constituirão importantes absorventes da radiação de onda longa. A radiação terrestre que elas refletem é praticamente insignificante; ao contrário, a radiação solar refletida é de suma importância.

A absorção da radiação terrestre aquece o vapor d'água, o dióxido de carbono e as nuvens da atmosfera, os quais, por sua vez, emitem uma radiação própria de onda longa. Parte dessa energia retorna à superfície do globo, de modo que a Terra recebe simultaneamente a radiação de onda curta que provém do Sol e a radiação de onda longa que vem da atmosfera.

Quando o céu está totalmente encoberto, uma parte da radiação terrestre escapa para o espaço através da janela atmosférica. Outra parte dessa radiação, absorvida pelo vapor d'água, dióxido de carbono e pelas nuvens, também é irradiada depois para o espaço exterior. Durante a noite, a radiação solar cessa, mas os outros processos continuam. Portanto, há uma perda de energia, em contraste com o ganho energético durante o dia.



Atividade 4

1

Pesquise na biblioteca do seu polo e na Internet e procure identificar quais fatores são responsáveis pelo aumento da incidência de radiação solar que chega à superfície terrestre, sabendo que tais fatores são temas de grande repercussão nas nações de todo o mundo.

2

Explique o significado de Albedo.

3

Cite qual a importância dos gases atmosféricos, dando ênfase ao ozônio.

Processos de condução e convecção

A troca de calor entre a superfície do globo e a atmosfera não se deve unicamente à radiação; a condução e a convecção também estão envolvidas. No processo de condução, o calor passa de um corpo mais quente a outro mais frio, sem que haja transferência de matéria. Os choques moleculares que são produzidos quando as moléculas mais rápidas e mais quentes golpeiam as mais frias e lentas resultam numa aceleração destas últimas.

Os gases são maus condutores de calor. Consequentemente, a condução, como meio de troca de calor, não é importante senão nas camadas muito finas de ar que estão em contato direto com a superfície do globo. Em geral, a espessura dessas camadas não passa de alguns centímetros, e fora delas a transferência de calor por condução é insignificante.

A Figura 9 mostra a propagação do calor na atmosfera por convecção. Nesse processo, é o próprio corpo que transporta calor quando se desloca. Se a temperatura da atmosfera aumenta, a pressão varia. Portanto, o ar quente se eleva e o ar frio desce para substituí-lo. Então, são produzidas correntes de convecção que misturam o ar.

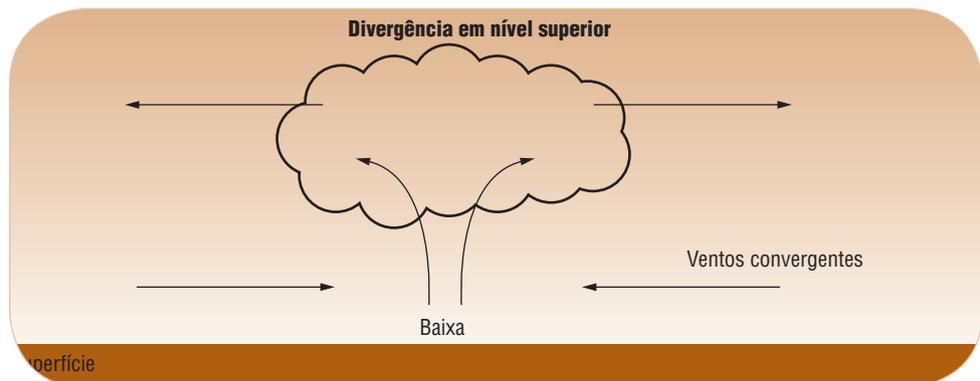


Figura 9 – Trocas de calor por convecção.

Os meteorologistas fazem uma distinção entre calor latente (aquele que não pode ser percebido diretamente) e calor sensível (que pode ser sentido). O calor latente ou “calor oculto” é o que se adiciona a uma substância para que passe do estado sólido ao líquido, ou do líquido ao gasoso, sem mudanças de temperatura. As correntes ascendentes de convecção que se produzem na atmosfera não transportam unicamente calor sensível, mas também calor latente armazenado no vapor d’água. Esse calor latente entra na atmosfera quando a água se evapora da superfície terrestre, e se liberta nas camadas superiores quando o vapor d’água se condensa para formar as nuvens.

Balço energético da atmosfera

Há séculos a temperatura média da superfície terrestre permanece em torno de 15°C , aproximadamente. Portanto, isso implica que a Terra se encontra em equilíbrio radiativo, já que emite a mesma quantidade de energia recebida.

A radiação solar proporciona a energia necessária às correntes da atmosfera e dos oceanos. Porém, essa radiação não se perde, simplesmente se transforma em calor ou em energia cinética de partículas em movimento. Na realidade, a energia solar pode se transformar várias vezes durante os diferentes processos de troca de calor entre a Terra e sua atmosfera, conforme se discutiu nos parágrafos anteriores.

As correntes oceânicas constituem outro fator determinante das variações de temperatura, pois atuam como transportadoras de calor. Assim, por exemplo, a corrente do Golfo (*Gulf Stream*), que vai do golfo do México ao mar da Noruega, é responsável por diferenças positivas de temperatura de até 15°C apresentadas por algumas localidades litorâneas norueguesas em relação a outras de mesma latitude (Figura 10).

No processo de evaporação da água, que ocorre principalmente nas zonas oceânicas quentes, há absorção de calor. Antes de se condensar com desprendimento de energia térmica, o vapor d'água formado por evaporação interage com a circulação geral da atmosfera, podendo se deslocar e percorrer milhares de quilômetros. Desse modo, produz-se transferência de calor das zonas onde há maior evaporação (oceanos) que precipitações para outras onde ocorre o contrário (continentes).



Figura 10 – Principais correntes oceânicas. Correntes que se movem para os polos são quentes e correntes que se movem para o Equador são frias.

Em certos casos, a energia solar absorvida pelo sistema Terra-atmosfera é novamente irradiada ao espaço. Porém, emitindo uma quantidade de energia igual a que se recebe, esse sistema permanece em um equilíbrio radiativo. Todavia, esse equilíbrio não ocorre em todas as latitudes. Na região compreendida entre os paralelos $35^{\circ}N$ e $35^{\circ}S$, a energia absorvida é maior do que a irradiada ao espaço, conforme a Figura 11(a). Essa região se caracteriza, pois, por um excesso de energia. Ao contrário, nas regiões compreendidas entre 35° e os polos, existe um déficit de energia, como você pode ver nas Figuras 11(b) e 11(c).

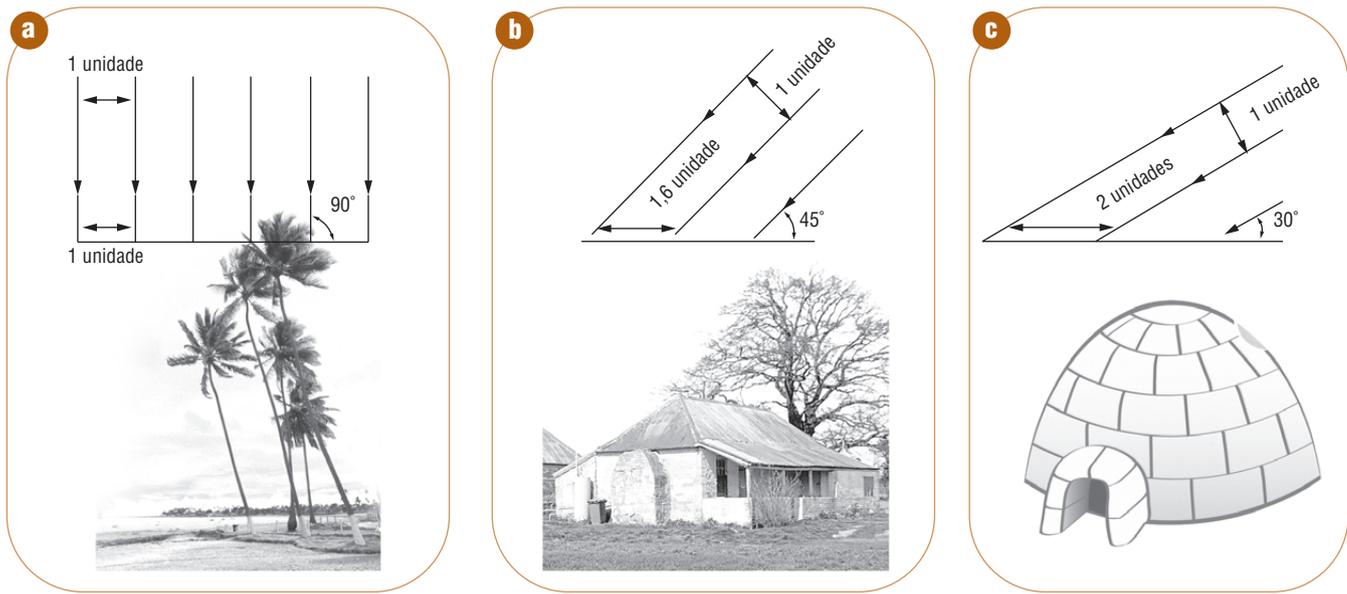


Figura 11 – Diferenças quantitativas na radiação solar que atinge a superfície da Terra: (a)trópicos; (b) extratropical; (c) polos.

Os meteorologistas calcularam as temperaturas que ocorreriam se em cada latitude ocorresse o equilíbrio radiativo, sem troca de calor entre as diferentes latitudes. Nesse caso, a variação espacial no campo de temperatura (gradiente térmico) seria muito alta. Na realidade, esse gradiente médio observado é muito menor, pois se reduz principalmente devido à transferência de calor que ocorre entre as baixas e as altas latitudes, tanto na atmosfera como nos oceanos.

A propagação meridional da energia é facilitada pela ação dos vórtices de grande escala (altas e baixas) que se desenvolvem nas regiões de forte gradiente horizontal de temperatura. As correntes oceânicas também transportam energia dos trópicos para os polos, o que será discutido com maiores detalhes na próxima aula.

Como já vimos na Aula 3 (Variáveis meteorológicas), o balanço de radiação ou suas componentes podem ser medidas através de instrumental específico. No Brasil, a medição da radiação solar é feita extensivamente por três tipos de instrumentos: o actinógrafo bimetálico,

o piranômetro e o heliógrafo. O actinógrafo e o piranômetro medem a radiação solar global, enquanto o heliógrafo mede a insolação diária ou o número diário de horas de brilho de Sol (medindo indiretamente a radiação solar direta).



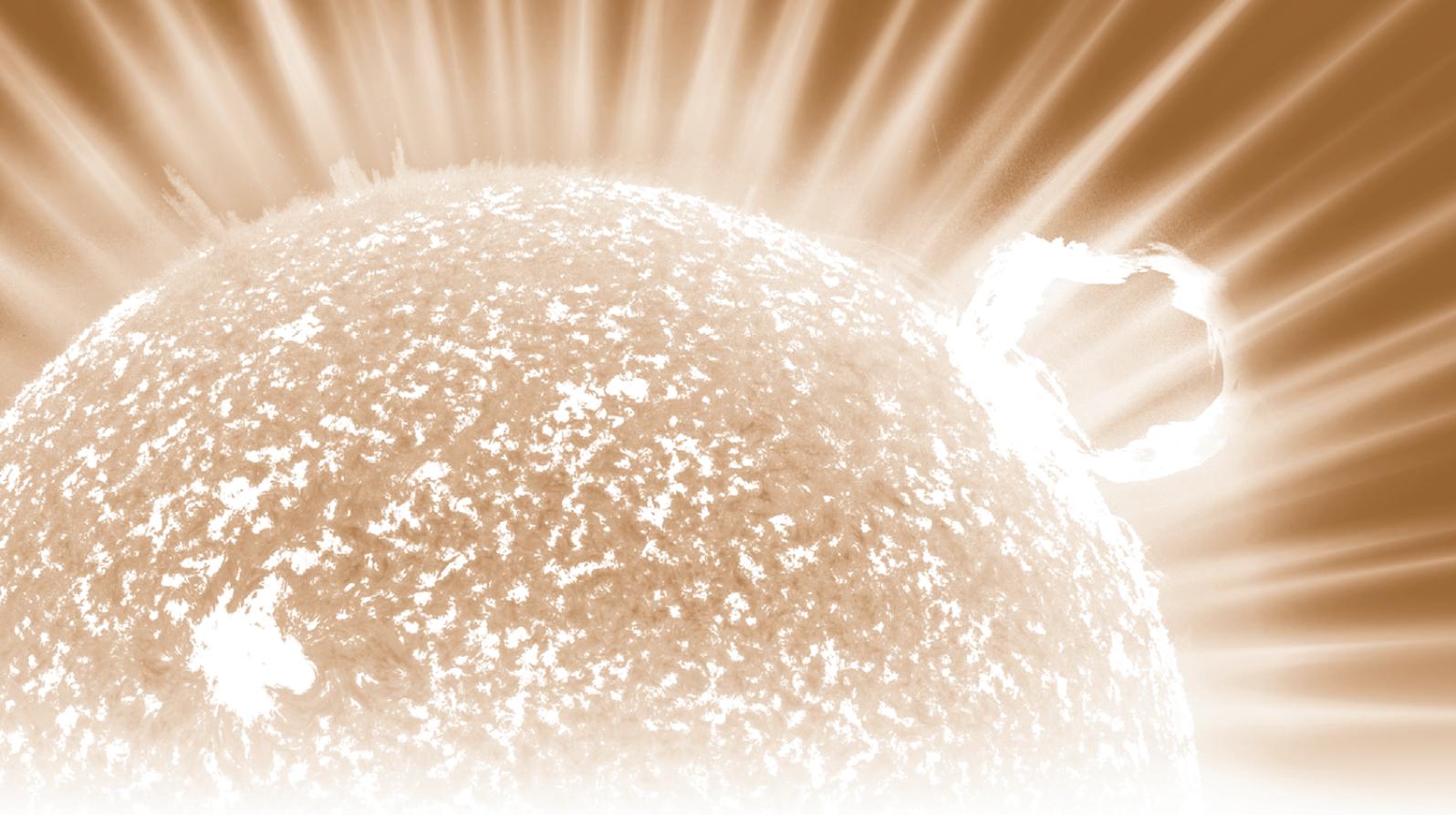
Atividade 5

1

Que processos atmosféricos são relacionados à radiação emitida pelo Sol?

2

Explique o porquê do equilíbrio radioativo que existe na Terra.



Apresentação do albedo da superfície do globo

Como já vimos, a radiação solar que chega à superfície da Terra sofre diversas influências, podendo ser refletida em sua totalidade ou quase que inteiramente absorvida. Essas influências dependem em muito da natureza da superfície que recebe a radiação.

O albedo de uma superfície é definido como a razão entre uma quantidade de radiação global refletida pela superfície e a radiação global incidente, ou seja:

$$(\text{Albedo de uma superfície}) = \frac{\text{Radiação global refletida pela superfície}}{\text{Radiação global incidente}}$$

A neve reflete uma grande parte da radiação que recebe. O albedo das superfícies cobertas de neve varia entre 0,80 (quando a neve é fria e recente) e 0,50 (quando for velha e turva).

As superfícies terrestres mais comuns, tais como florestas, prados, campos cultivados e desertos rochosos, têm um albedo compreendido entre 0,10 e 0,20. O albedo de uma superfície arenosa pode alcançar 0,30, enquanto que o de uma região coberta por bosques sombrios não passa de 0,50, aproximadamente. A água absorve uma grande parte da radiação incidente quando o Sol está no alto do céu. Ao contrário, reflete a maior parte quando o Sol está próximo do horizonte.

Diferenças de temperatura entre os continentes e os mares

O aumento da temperatura da superfície do globo devido à radiação é variável. Depende, por um lado, da profundidade na qual penetra a radiação e, por outro lado, do calor específico do material.

O calor específico de uma substância é a quantidade de calor necessária para elevar de um grau centígrado a temperatura de sua unidade de massa. Com exceção do hidrogênio, a água tem o maior calor específico entre as substâncias, ou seja, é necessário uma quantidade importante de calor para elevar a temperatura de sua unidade de massa em $1^{\circ}C$.

A areia, dependendo de sua cor, absorve a radiação em quantidades variáveis. Seu calor específico é baixo; portanto, sua temperatura aumenta rapidamente com o calor. Além disso, é um mau condutor de calor, já que apenas uma fina camada de areia absorve a radiação. O resultado, então, é que a temperatura de sua unidade arenosa eleva-se rapidamente durante o dia.

À noite, como não há radiação incidente, a areia perde seu calor pela radiação, e se esfria gradativamente. Essa é a razão pela qual as oscilações diárias de diferença de temperatura das superfícies arenosas são tão importantes. A insolação produz os mesmos efeitos sobre as superfícies rochosas ou de terras.

A água absorve uma grande parte da radiação incidente quando o Sol está em sua posição mais alta no céu. Porém, como o seu calor específico é elevado, sua temperatura se eleva lentamente. Parte da radiação incidente penetra na água a uma profundidade de alguns metros. Logo, por efeito da mistura que se produz nas camadas superficiais, o calor se propaga até uma profundidade considerável. Além disso, uma parte da energia absorvida pela água se transforma em calor latente durante o processo de evaporação.

Durante o dia, a temperatura da superfície do ar se eleva tão rapidamente quanto a da superfície continental. À noite, na ausência de radiação incidente, a água perde calor por irradiação. Todavia, como a quantidade de calor armazenada em profundidade é geralmente importante, a variação de temperatura na superfície é fraca. As oscilações entre as temperaturas diurnas e noturnas da superfície do mar são, portanto, muito pequenas. Já a temperatura dos gases atmosféricos está influenciada diretamente pela temperatura da superfície do globo.

Conforto térmico

Conhecer o clima é uma das mais importantes variáveis no relacionamento do homem com o meio ambiente, uma vez que está relacionada com a saúde humana, com a energia e com o conforto ambiental. Nesse sentido, o ambiente térmico pode ser definido como o conjunto das variáveis térmicas ou meteorológicas do local em questão que influenciam as trocas de calor entre o meio e o organismo humano. Sendo assim, o ambiente térmico é um fator que intervém, de forma direta ou indireta, na saúde e bem-estar dos indivíduos e na realização de suas tarefas diárias.

Do ponto de vista biometeorológico, diz-se que o homem está confortável quando a relação homem-ambiente está em equilíbrio termodinâmico, ou seja, quando as condições ambientais permitem a manutenção da temperatura interna do homem sem a necessidade de mecanismos termorreguladores.

O conforto térmico depende essencialmente de processos físicos, sejam trocas de calor por radiação, convecção, condução e das condições de evaporação. Desse modo, conhecer as variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar é de grande valia para a avaliação do diagnóstico e prognóstico nas relações de conforto térmico homem-meio ambiente.

Existem vários modelos de quantificação e qualificação de conforto térmico. A maioria procura sintetizar em um índice as muitas variáveis; porém, na sua maioria, são desenvolvidos com base em duas formas de abordagem:

- a)** Índices biofísicos, que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, com técnicas de correlação entre trocas de calor e variáveis do conforto;
- b)** Índices fisiológicos, que são montados em reações indicadoras de homeostasia, relacionando-se com as variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar, temperatura do globo, umidade do ar e/ou velocidade do vento.

Os seres vivos respondem de maneira complexa às condições de tempo e clima, as quais não são ainda perfeitamente entendidas. Estudos biometeorológicos têm demonstrado que a produção, o estado de saúde e a qualidade de vida estão frequentemente ligados à variabilidade dos elementos meteorológicos. Para serem eficientes, as medidas mitigadoras (amenizadoras) dependem essencialmente da precisão dos modelos de conforto térmico, que por sua vez estão intrinsecamente dependentes de uma precisão na medição, coleta e análise de variáveis meteorológicas.

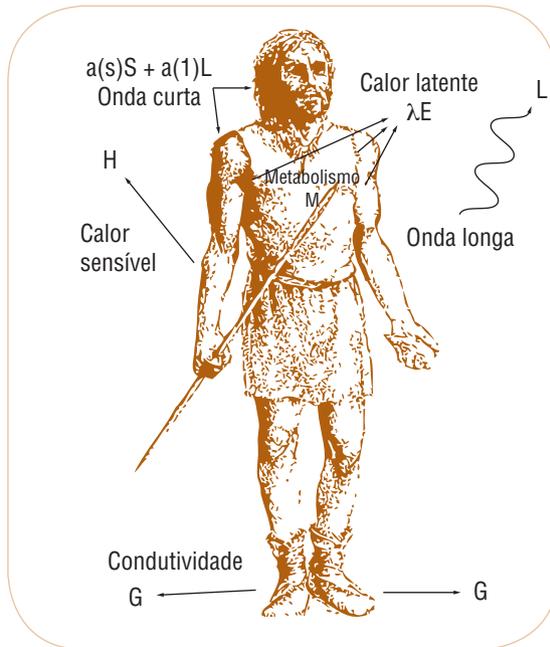


Figura 12 – Trocas de calor homem-ambiente

Fonte: <www.master.iag.usp.br/.../parametros_do_CT.html>. Acesso em: 19 mar. 2009.



Atividade 6

O que podemos entender da Figura 12 quanto ao equilíbrio térmico?

Resumo

Nesta aula, você compreendeu os processos de troca de calor entre a atmosfera e a superfície terrestre e sua importância para o conforto térmico e as relações climáticas. Você observou que o globo recebe energia primária do Sol em forma de ondas eletromagnéticas. Foram desenvolvidas questões quanto à radiação solar, captação e conversão de energia, balanço térmico, processos de condução, convecção e balanço energético.

Autoavaliação

1

O que se entende por radiação terrestre? Quais os efeitos da atmosfera sobre essa radiação?

2

Diferencie calor sensível de calor latente. Explique a transferência de calor desde uma superfície líquida até as regiões da atmosfera onde se formam as nuvens.

3

Escreva o que você sabe sobre:

a) Albedo;

b) Janela atmosférica.

4

Explique como a atmosfera absorve, reflete e difunde a radiação solar.

5

Explique a variação diurna da temperatura nos seguintes casos:

a) Superfície oceânica;

b) Deserto arenoso.

6 Cite e explique os três processos de atenuação da radiação solar quando atravessa a atmosfera terrestre.

7 Explique o que se entende por radiação terrestre.

8 Pesquise sobre os modelos de conforto térmico.

Referências

BERTULANI, C. S. **Ensino de física a distância**. Disponível em: <www.novafisica.net>. Acesso em: 19 mar. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Manual de observações meteorológicas**. 3. ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

RETALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2005.

TUBELIS, Antônio. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991.

Anotações

Massas de ar e circulação da atmosfera

Aula

5



Apresentação

O sistema terra-atmosfera envolve interações de massa e calor que dependem da natureza da superfície terrestre. Assim, sua heterogeneidade influencia o comportamento termodinâmico da atmosfera, conforme o tipo de superfície, quais sejam: oceanos, desertos, campos de neve, florestas, lagos, ecossistemas ou mesmo ambiente construído.

Nesta aula você vai estudar diferentes tipos de massa de ar e de comportamento da dinâmica do escoamento do ar atmosférico, também denominado de circulação da atmosfera. Esse entendimento permitirá a você compreender os objetivos da disciplina, dando-lhe, assim, condições de assimilar conteúdos referentes às massas de ar, circulação global e local da atmosfera.

Objetivos

- 1 Compreender o conceito de massas de ar e de circulação da atmosfera, seja em esfera local ou global.
- 2 Entender a dinâmica do tipo de ar na atmosfera.
- 3 Discernir acerca da distribuição das massas de ar na América do Sul e das células de circulação na baixa e alta atmosfera.



Massas de ar e circulação da atmosfera

Como foi visto nas aulas anteriores, há variações de temperatura dos polos ao equador e do oceano ao continente. Essas variações refletem no ar atmosférico local, gerando um ar com características da superfície e com movimentos característicos. É o que a literatura denomina de massas de ar e circulação da atmosfera, como veremos a seguir.

Massas de ar

Quando o ar atmosférico estaciona ou se desloca lentamente por vários dias ou semanas sobre uma extensa região uniforme, tende a adquirir determinadas características que dependem das propriedades da superfície terrestre sob esse ar. Se o ar é mais frio que a superfície, será aquecido e o calor é transferido para cima através de uma camada de vários quilômetros de espessura. Da mesma forma, o ar que estaciona sobre o oceano torna-se gradativamente mais úmido. Existe uma tendência a se manter um equilíbrio calórico e mássico, ou seja, tanto a temperatura como a umidade do ar tendem a ficar em equilíbrio com a superfície referida.

Quando o ar possui propriedades semelhantes em uma extensa área denomina-se massa de ar; em cada nível, a temperatura e a umidade têm, aproximadamente, os mesmos valores sobre grandes distâncias horizontais.

Origens das massas de ar

Para que uma massa de ar adquira propriedades uniformes, é necessário que permaneça mais ou menos durante certo número de dias sobre uma grande região, cuja superfície tenha, também, características bastante uniformes. Essa região é chamada de região de origem da massa de ar.

A **radiação**, a **convecção**, a **turbulência** e a **advecção** fazem com que o ar, gradativamente, adquira propriedades decorrentes da superfície subjacente.

Classificação das massas de ar

Uma maneira de classificar as massas de ar é relacioná-las às suas regiões de origem. Porém, tratando-se de vastas partes do globo, é impossível conservar essa denominação por longo tempo. O ar, ao se deslocar de uma região a outra, pode trocar de propriedades, ou

seja, ser seco ou úmido, frio ou quente, e, em consequência, essa designação baseada em sua região de origem se aplica apenas considerando os aspectos da última superfície por onde interagiu a massa de ar.

Uma classificação adotada pela literatura tem seu critério baseado na sua região de origem, levando unicamente em consideração a temperatura e a umidade. Supõe-se que as massas de ar tropical (T) e polar (P) são relativamente quentes ou frias, respectivamente. As massas de ar marítimo (m) são consideradas úmidas e as continentais (c), secas.

Em consequência, quatro tipos de massas de ar podem ser distinguidas, e os símbolos abaixo são usados para designá-las:

- Tropical marítima – Tm
- Tropical continental – Tc
- Polar marítima – Pm
- Polar continental – Pc

As massas de ar, entretanto, quando deixam as regiões de origem, sofrem modificações. O ar frio que passa sobre uma superfície quente será aquecido por baixo. Inversamente, o ar quente perde calor quando se desloca sobre uma superfície mais fria.

Essas mudanças de temperatura atuam sobre a variação vertical do campo de temperatura e, por conseguinte, sobre a estabilidade. Quando o ar se torna instável, o vapor d'água é levado a níveis mais altos. Ao contrário, a formação de uma inversão de temperatura pode impedir o transporte vertical do vapor d'água.

Pelo fato de existirem mecanismos de trocas de vapor d'água muito intensos entre a superfície e a massa de ar, mesmo em região continental, como é o caso da floresta amazônica, alguns autores distinguem as massas de ar de origem equatorial (E), tropical (T) e polar (P), que por sua vez podem se subdividir em continental (c) ou marítima (m).

Massas de ar predominantes na América do Sul

Como vimos nas seções anteriores, as massas de ar originam-se em regiões de grandes extensões, levando em consideração a distribuição dos centros de pressão. Assim, as seguintes massas de ar ocorrem na América do Sul, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação das massas de ar de acordo com símbolo e regiões de origem.

Massa de ar	Símbolo	Regiões de origem
Equatorial Continental	Ec	Região Amazônica
Equatorial Marítima	Em	Oceanos Atlântico e Pacífico
Tropical Continental	Tc	Região do Chaco
Tropical Marítimo	Tm	Anticiclones subtropicais
Polar Marítimo	Pm	Região subantártica
Polar Continental	Pc	Continente Antártico

Fonte: Retallack (1977, p. 122).

Dessa forma, podemos concluir que as massas de ar podem ser: fria e seca ou fria e úmida, quente e seca ou quente e úmida, conforme sua região de formação. Se ela se formar no trópico é quente, se for no oceano é úmida, logo a massa de ar tropical marítima é quente e úmida. De forma análoga podemos analisar todas as massas de ar que atuam na superfície da terra.

A Figura 1 mostra a distribuição espacial e sazonal das massas de ar predominantes na América do Sul. Você deve prestar atenção ao comportamento estacional da massa de ar equatorial continental (Ec), que se desloca do noroeste da região Norte, no inverno, à região Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste no verão. Nesse sentido, em geral, as chuvas torrenciais no Brasil ocorridas nos meses de Novembro a Fevereiro são chuvas decorrentes da atuação da Ec. O litoral leste do Nordeste fica sob a predominância da massa de ar tropical marítima (Tm) com chuvas de pouca intensidade.

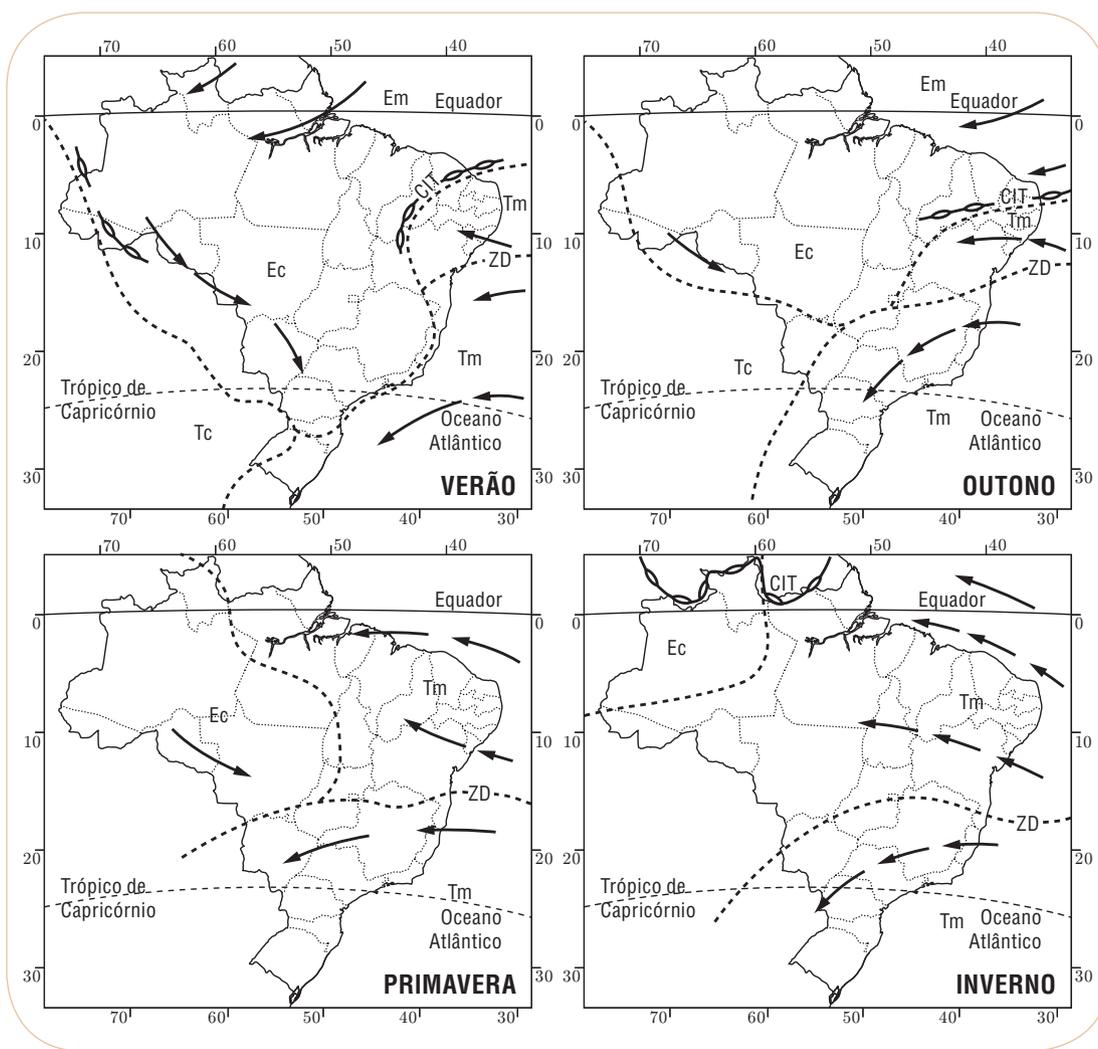


Figura 1 – Domínio médio das massas de ar nas quatro estações do ano no Brasil

Fonte: Tubelis e Nascimento (1980, p. 131).

Dinâmica das massas de ar

Quando uma massa de ar se desloca sobre uma superfície mais quente que ela própria, é aquecida por baixo. Em consequência, a instabilidade térmica ocorre nos níveis baixos e se estende para cima. Se o ar inicialmente continha inversões, estas serão destruídas e se estabelece uniformemente, na baixa troposfera, uma forte variação de temperatura ou gradiente de temperatura.

Quando a massa de ar se desloca sobre a água, sua umidade aumenta. A convecção transporta o vapor d'água a níveis mais altos, onde se condensa formando **nuvens cumuliformes**. Podem originar-se sucessivamente *cumulus*, *cumulus congestus* e *cumulunimbus* acompanhadas de chuvas e trovoadas.

Já quando a massa de ar se desloca sobre o continente, absorve menos umidade, e a formação de nuvens convectivas pode ser retardada até que o aquecimento na base estenda a instabilidade a altitudes maiores.

Ao contrário, ao deslocar-se sobre uma superfície mais fria que ela própria, uma massa de ar perde calor nos níveis baixos e torna-se estável. Isso poderá impedir completamente a convecção.

O resfriamento na base provoca a formação de uma camada de ar frio na superfície. Todavia, o ar acima da inversão não experimenta, em seu conjunto, nenhuma modificação, exceto pelo lento resfriamento causado pela radiação. Eventualmente, o ar próximo da superfície pode ser resfriado abaixo de seu ponto de orvalho, e existe a possibilidade da formação de nuvens estratiformes e de nevoeiro, podendo ocorrer também pouca visibilidade e chuvisco.

Em geral, supõe-se que as características das massas de ar modificam-se lentamente. Por exemplo: o ar polar que penetra nas regiões tropicais e aí permanecendo semiestacionário experimenta lentas modificações antes que possa ser denominado de ar tropical.

As massas de ar, geralmente, estão associadas aos grandes anticiclones semiestacionários ou aos que se deslocam lentamente. Na proximidade de seu centro, a variação de pressão é fraca, havendo a predominância de ventos fracos ou de calmarias sobre extensas áreas da superfície.



Atividade 1

Explique com suas próprias palavras como se originam as massas de ar e como atuam sua dinâmica e as principais massas da América do Sul.

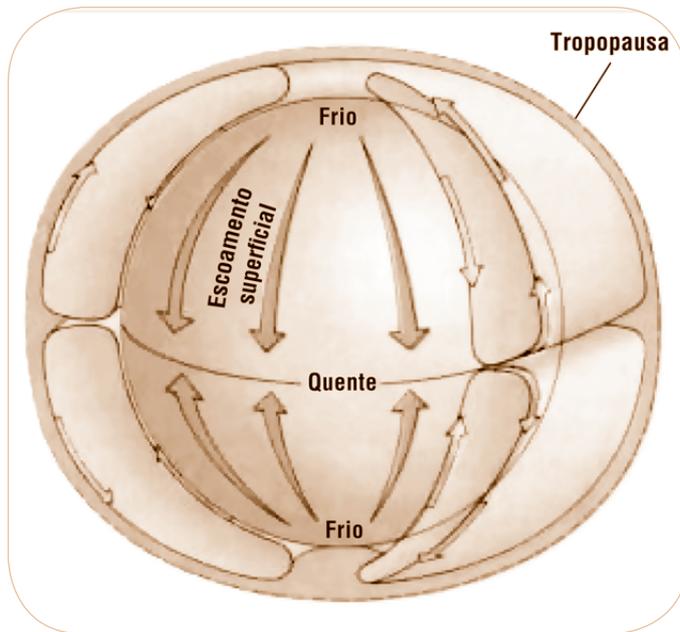


Figura 2 – Circulação global numa Terra sem rotação

Fonte: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap8/cap8-1.html>>. Acesso em: 19 mar. 2009.

Como se pode perceber na Figura 2, cada hemisfério tem apenas uma célula de circulação, ou seja, apenas um sistema de circulação ou deslocamento de massa de ar.

Em 1928, Bergeron, meteorologista sueco, propôs um modelo de circulação composto de três células. Esse modelo foi modificado por Rossby em 1947, e está representado a seguir:

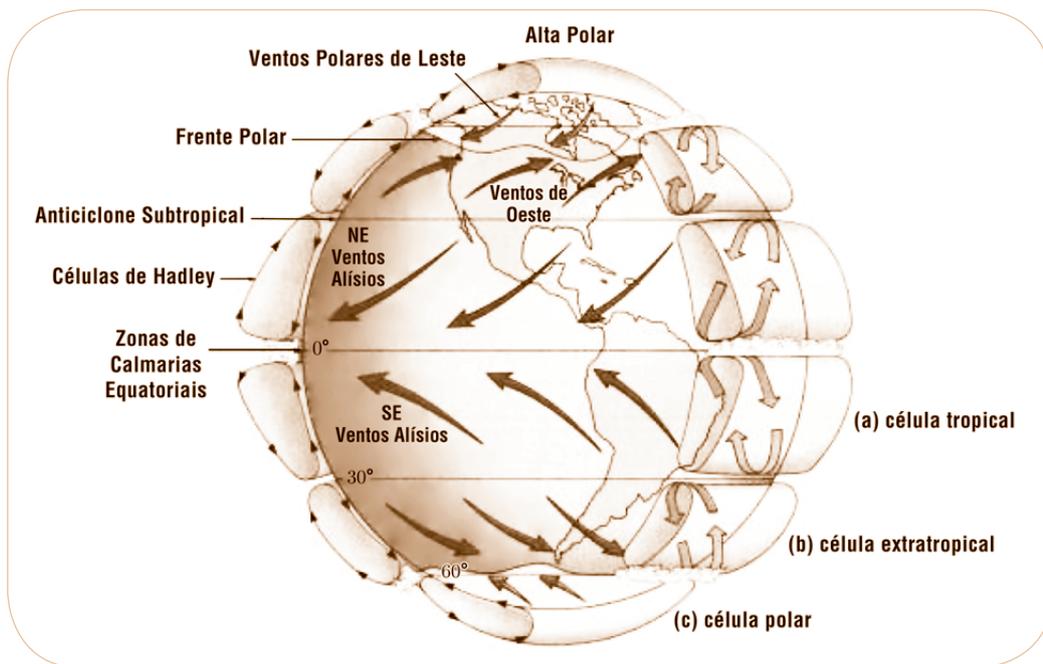


Figura 3 – Circulação global idealizada no modelo de circulação de três células.

Fonte: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap8/cap8-1.html>>. Acesso em: 19 mar. 2009.

A vantagem desse modelo é que ele indica a existência de uma zona em cima da posição média do cinturão de altas pressões temperadas e equatoriais. Explica igualmente os movimentos ascendentes e o tempo nublado ou chuvoso em torno da posição média das baixas pressões temperadas e equatoriais.

As três células da Figura 3, que são encontradas em cada hemisfério, compreendem:

- a) Uma célula tropical, análoga a da Figura 2 (célula a);**
- b) uma célula extratropical (ou célula da frente polar, célula b); e**
- c) as regiões situadas do lado polar das depressões temperadas (célula c).**

A célula tropical é mais complexa do que a polar, em particular devido às complicações que introduz a natureza migratória da frente polar. Além disso, a circulação média, nessa célula, é mais fraca do que a célula tropical. As partes das frentes frias representadas por traços correspondem a alturas cujos contrastes frontais estão frequentemente atenuados.

Em particular, uma mistura de ar polar se produz nas partes mais baixas das frentes, sobretudo quando penetra nas regiões subtropicais. Esse processo leva à dissipação das frentes frias quando chegam a essas regiões.

A circulação do lado polar nas latitudes de 60° é ainda mal conhecida. Deduz-se, por meio de observações, que a circulação ali é mais fraca do que nas latitudes médias e baixas. Todavia, é de se esperar que ocorram movimentos ascendentes na proximidade das depressões temperadas em relação à convergência das camadas baixas em torno dos 60° de latitude.



Correntes de Jato

Troposfera

Primeira camada atmosférica, que vai da superfície da Terra até a base da Estratosfera.

A Figura 4 mostra, também, que os ventos do oeste ocupam, na alta **troposfera**, uma área de maior extensão, comparada com a do nível do mar. A componente oeste do vento também aumenta de velocidade até o nível de 200hPa (aproximadamente 12 km) e então diminui. A velocidade máxima do vento no inverno é quase o dobro da velocidade no verão.

A distribuição vertical da velocidade do vento indica a presença de uma corrente de jato, isto é, uma forte corrente de ar que circula em um “tubo” relativamente estreito (chamada freqüentemente “corrente de jato” ou simplesmente “jato”). Sua posição latitudinal é muito variável, posto que segue os deslocamentos das frentes frias até os pólos ou até o equador. Em certas partes se confundem com a corrente de jato subtropical, cuja posição é mais constante. Confunde-se também com essa corrente de jato nos cortes de vento zonal, tal como indicado na Figura 4.

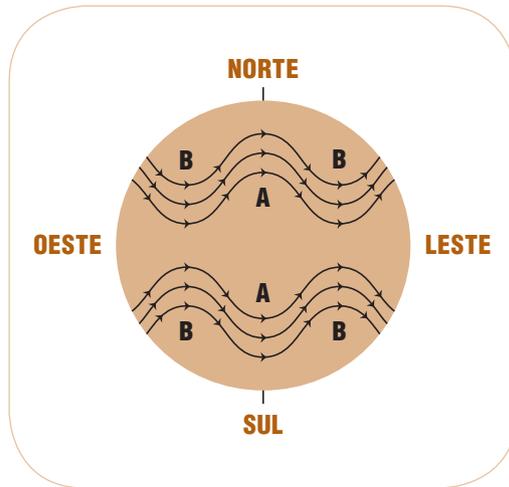


Figura 4 – Em ar superior, na média e alta Troposfera, os ventos de oeste apresentam uma trajetória ondulada, de cristas(A) e cavados(B).

Recentemente, tem-se feito uso de computadores para efetuar uma série de cálculos necessários para determinar o estado futuro da atmosfera, partindo das condições iniciais conhecidas. Contudo, ainda é necessário fazer hipóteses simplificadas sobre os processos que se produzem na atmosfera. Têm sido conseguidos resultados bastante satisfatórios e espera-se conseguir, no futuro, um quadro muito mais detalhado da circulação atmosférica.

O êxito dessas tentativas dependerá, em grande parte, da possibilidade de se dispor de observações precisas da atmosfera em toda superfície do globo. A Organização Meteorológica Mundial vem se esforçando intensamente no sentido de obter esses resultados ao organizar um Sistema de Vigilância Meteorológica Mundial.

Segundo Retallack (1977), a Organização Meteorológica Mundial define a corrente de jato da seguinte maneira: “A corrente de jato é uma corrente estreita de vento forte, cujo eixo é quase horizontal e situado na alta troposfera ou na estratosfera, e que pode apresentar várias velocidades máximas. Esta velocidade do vento deve ser superior a 60 nós ou aproximadamente 120m/s”.



Atividade 2

1

Dê o significado das seguintes expressões:

- a) Circulação global da atmosfera.
- b) Anticiclone subtropical.
- c) Vento médio de oeste.
- d) Anticiclone polar.

2

Escreva o que se sabe sobre as correntes de jato.

3

Trace o esquema do modelo de circulação geral da atmosfera, vigente atualmente.

Circulação local: conceituação

Como o próprio nome demonstra, trata-se do movimento do ar localizado, advindo de aspectos geográficos locais. Apesar de ser um sistema local, também depende das trocas de calor e heterogeneidade no campo da temperatura e do campo de pressão.

Modelos de circulação local

Como vimos anteriormente, a natureza da superfície terrestre é muito variável. Os oceanos, desertos, campos de neve, florestas, lagos, cidades, etc., cobrem varias partes da superfície da Terra. Nos continentes, a altitude varia de um ponto ao outro devido aos vales, às montanhas, às serras, às colinas, etc.

Em qualquer dessas localidades, a natureza da corrente atmosférica é influenciada pelas características da superfície sobre a qual o ar se desloca e pelas variações de altitude da superfície terrestre. A seguir, estudaremos alguns desses efeitos.

▪ **Brisa marítima**

Próximo da costa, geralmente no final da manhã, se estabelece um vento que sopra do mar, alcança sua intensidade máxima no começo da tarde, diminui progressivamente e cessa à noite. A intensidade desse vento é maior em dias quentes, podendo ser fraca sob condições de nebulosidade. Esse vento é denominado de brisa marítima.

A causa básica desse movimento de ar é a diferente razão de aquecimento das superfícies do mar e da terra, causada pela radiação solar. Durante o dia, a temperatura da superfície do mar se eleva tão rapidamente quanto a da superfície do solo terrestre e, portanto, as camadas da atmosfera se tornam cada vez mais quentes sobre a terra do que sobre o mar.

A Figura 5 representa o comportamento da brisa marítima, que no período diurno, o ar quente sobre a terra, tende a se elevar e se expandir, ao passo que na superfície marítima, o ar tendo uma menor temperatura e um campo de pressão superficial maior que na superfície da terra, tende a se deslocar em direção a superfície terrestre; em altitude a situação se inverte. A circulação é completada por um movimento descendente do ar sobre o mar, para substituir o ar que se desloca para o continente.

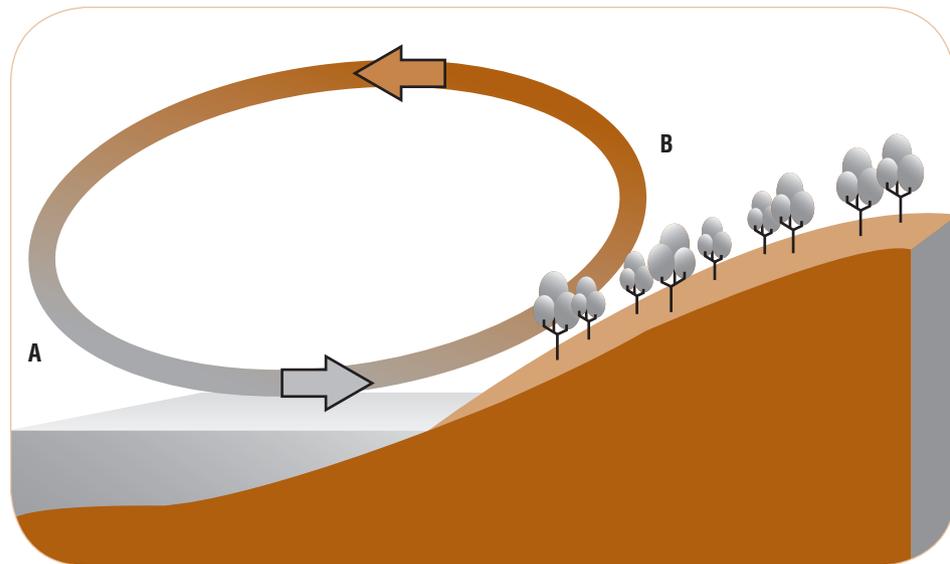


Figura 5 – Brisa Marítima

Nos trópicos, os contrastes entre as temperaturas sobre o mar e sobre a terra são bem marcantes. Há uma forte tendência à formação de instabilidade sobre as terras excessivamente aquecidas. A brisa marítima, portanto, tende a ser mais intensa nessas regiões. Quando o ar situado sobre o continente é úmido e instável, até mesmo tempestades poderão se formar depois que se estabelece uma brisa marítima.

No início da tarde, as diferenças de temperaturas se tornam mais acentuadas, e a variação de pressão local entre o mar e a terra se intensifica. O resultado é um aumento da velocidade da brisa marítima.

Na vizinhança dos grandes lagos se produz um fenômeno semelhante que provoca a formação de uma **brisa lacustre**, ocorrendo, naturalmente, em menor escala do que a brisa marítima.

Na Índia, existem os fenômenos de monção, que são resultantes das diferenças de aquecimento, porém em grande escala. Não se trata de ventos locais, mas sim de ventos que se formam entre o oceano e todo um continente.

▪ Brisa terrestre

Análogo a brisa marítima, temos a brisa terrestre, que à noite, nas regiões litorâneas, pode estabelecer-se, nas camadas baixas, sendo dirigida da terra para o mar. É consequência do resfriamento noturno pela radiação que atua mais rapidamente sobre o solo do que sobre o mar. A temperatura do solo pode chegar a ser mais baixa do que a temperatura do mar, e o ar nas camadas baixas se torna mais frio que o ar sobre o mar. Portanto, por ser mais frio, será mais denso, e o ar sobre o solo tenderá a descer. Como a pressão na altitude sobre o solo torna-se menor do que a pressão no mesmo nível sobre o mar, o ar se desloca na direção do mar para a terra, conforme Figura 6.

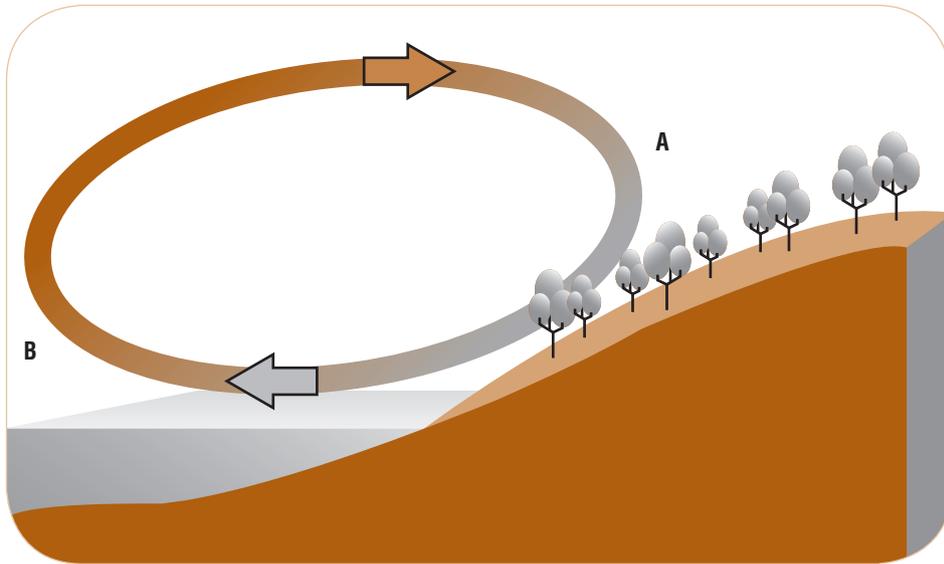


Figura 6 – Brisa Terrestre

Geralmente, a brisa terrestre é mais fraca que a brisa marítima, já que as diferenças de temperatura e, portanto, a variação local de pressão é menor. Esse tipo de brisa é mais forte nas regiões tropicais, onde podem forçar o ar úmido e instável a se elevar, provocando a formação de trovoadas sobre o mar ao amanhecer.

▪ **Brisa de montanha**

Em noites claras, o ar começa a fluir ao longo das encostas das montanhas e morros, e desce aos vales, onde continua a se deslocar até as planícies. Esse tipo de fluxo de ar se chama brisa de montanha. Forma-se à noite, quando o solo se esfria pela radiação. O ar em contato com esse solo frio se resfria e se torna mais denso do que o ar que o rodeia, então a gravidade o impele a descer a encosta do terreno, conforme ilustração na Figura 7.

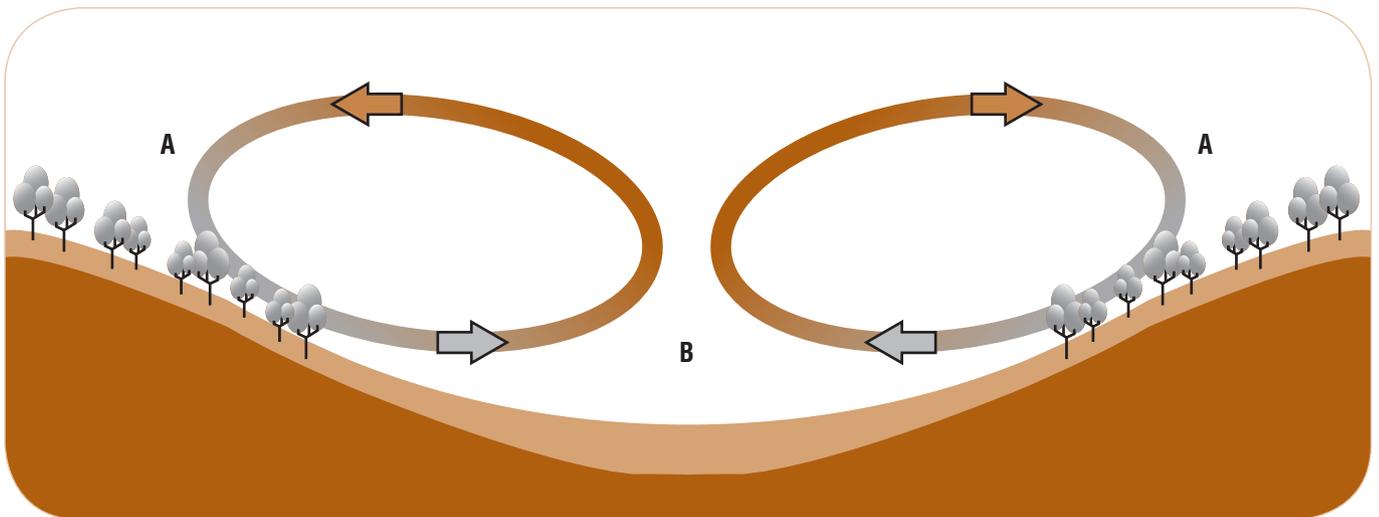


Figura 7 – Brisa de Montanha

Em geral, a brisa da montanha é muito fraca. Em certos casos, todavia, quando a encosta é forte e lisa, pode atingir uma velocidade considerável. Esse é particularmente o caso quando a superfície está coberta de neve ou de gelo. Quando as montanhas se encontram próximas da costa, a brisa da montanha pode reforçar a brisa terrestre à noite, provocando ventos fortes que sopram da terra para o mar.

▪ Brisa de vale

A brisa de vale resulta do processo inverso ao que provoca a brisa de montanha. É um fluxo de ar de velocidade moderada que sobe as encostas de montanhas ou de colinas em dias quentes. Em um dia quente e claro, as encostas se aquecem devido à radiação solar, e a temperatura do solo se torna maior que a do ar. Por sua vez, o ar que está em contato com o solo se aquece e se torna mais quente do que o ar no mesmo nível na atmosfera livre.



Adiabático

Adiabático: estado relativo a ausência de troca de energia entre uma parcela de ar e a atmosfera.

Devido aos fatores citados anteriormente, o ar quente, menos denso, tende a se tornar instável e a se elevar, e é substituído pelo ar mais frio e mais denso que o cerca. À medida que ascende ao longo da encosta, o ar se expande e se esfria. Se essa expansão fosse **adiabática**, o movimento cessaria; porém, na realidade, o contato com a encosta aquecida provoca um aquecimento contínuo que compensa o resfriamento, com movimentos convectivos e instáveis, como mostra a Figura 8.

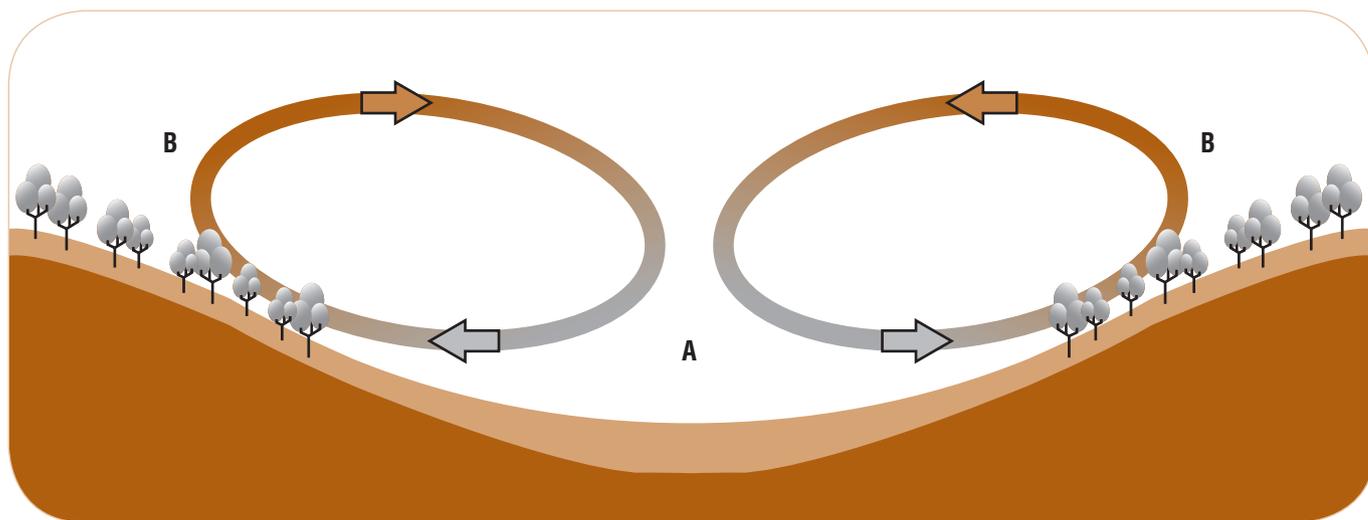


Figura 8 – Brisa de Vale



Atividade 3

Descreva quais as principais características das brisas de vale e de montanha e quais suas diferenças.

Os ventos locais são os responsáveis pela maioria das particularidades dos climas em uma determinada localidade em que a superfície da terra não seja uniforme. Seus efeitos, frequentemente, são muito marcados, particularmente quando provém de outros fenômenos meteorológicos.



Atividade 4

Descreva o comportamento da variação de temperatura e de pressão em uma brisa marítima.

Resumo

Nesta aula você estudou as consequências das trocas de calor entre o solo e a atmosfera, formando o que a literatura denomina de massas de ar. Dentre essas massas de ar destacamos aquelas que predominam na América do Sul: tropical (continental ou marítima), equatorial (continental ou marítima) e polar (continental ou marítima). A partir desses termos, você teve contato com a conceituação e importância dessas massas. Como segunda abordagem, estudamos os tipos de escoamento do ar atmosférico, suas características em escala global e local, conceituada como circulação da atmosfera. Utilizou-se de figuras e tabelas para apresentar o conteúdo. Dessa forma, entende-se a dinâmica das variações do ar atmosférico e suas relações com as suas sazonalidades.

Autoavaliação

1

Descreva a formação da brisa marítima e da corrente de retorno em altitude. Represente-as em um diagrama.

2

Dê o significado das seguintes expressões:

a) circulação geral da atmosfera.

b) altas pressões subtropicais.

c) vento zonal.

3 Descreva a brisa de montanha e brisa de vale. Represente em um diagrama a formação desses tipos de brisa.

4 Escreva o que você entende sobre cada um dos fenômenos abaixo:

a) brisa lacustre

b) brisa terrestre

5

Trace um esquema de circulação geral da atmosfera, com células zonais e meridionais.

Referências

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Manual de observações meteorológicas**. 3. ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

OLIVEIRA, S. L. **Dados meteorológicos para geografia**. 1981. Monografia - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1981.

RESTALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNEMET, 1977.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2005.

VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1991.

TUBELIS, Antônio. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

Sistemas sinóticos e classificação climática

Aula

6



Apresentação

Nesta aula, descreveremos sistemas sinóticos e citaremos aqueles predominantes no Nordeste do Brasil que são monitorados nos centros de previsão de tempo. Estudaremos, também, um método de classificação climática, o método de Köppen, bem como sua aplicação no Estado do Rio Grande do Norte.

Objetivos

- 1** Conhecer o comportamento de sistemas sinóticos atuantes no Nordeste do Brasil.
- 2** Compreender o método de classificação climática de Köppen.



Sistemas sinóticos e classificação climática

Nesta aula veremos que o clima de uma localidade, espaço ou região é caracterizado pela atuação de sistemas causadores ou não de chuvas – sistemas sinóticos - e que a frequência desses sistemas estão relacionados a um comportamento climático característico dessa região. Como há uma heterogeneidade na superfície do globo, é necessário classificar os diversos tipos de climas, como veremos a seguir.

Sistemas sinóticos

O termo *sistemas sinóticos* é empregado para designar um aglomerado de nuvens que interagem entre si, em escala sinótica (1000 a 10000 Km), podendo está associado a altos índices de precipitação.

Gênese

Uma melhor visualização dos sistemas sinóticos se dá nas imagens de satélite meteorológico, onde se observa certo número de nuvens que estão ligadas às características particulares de tempo. Essas características resultam da ação de diferentes causas, tais como a circulação da atmosfera, o relevo ou até mesmo a atuação e evolução das massas de ar.

Formação de sistemas sinóticos

Os sistemas sinóticos formam-se dinamicamente em decorrência do comportamento da circulação atmosférica e atuação de massas de ar, sendo resultantes de movimentos ascendentes do ar úmido, que se expande com a diminuição da pressão com a altitude e o resfriamento. Então, parte do vapor d'água se condensa para formar nuvens.

Sistemas sinóticos atuantes no Nordeste do Brasil

Por consequência de sua localização, no Nordeste do Brasil atuam seis sistemas sinóticos, que são: as Frentes Frias (FF), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Ondas de Leste (WE), Vórtice Ciclônico da Atmosfera Superior (VCAS) e a Linha de Instabilidade (LI), cujas passagens são acompanhadas de instabilidades e chuvas. Dessa posição, advêm todas as características de seu regime de chuvas. Outro sistema bastante relevante é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, onde condições de estiagem e secas prolongadas, geralmente, estão associadas a esse sistema.

A seguir veremos a descrição dos sistemas sinóticos acima citados:

- a)** Frentes Frias (FF): tem sua origem, segundo Kousky (1979) no choque entre os ventos anticiclônicos da massa polar e massa tropical. No inverno ultrapassa o Trópico de Capricórnio e chega ao litoral pernambucano; na primavera e verão, geralmente se mantêm no Trópico de Capricórnio e quando ultrapassa fica ao longo das áreas litorâneas, provocando chuvas frontais e pós-frontais ao longo do litoral e encostas do planalto central até o sul da Bahia, conforme Figura 1.

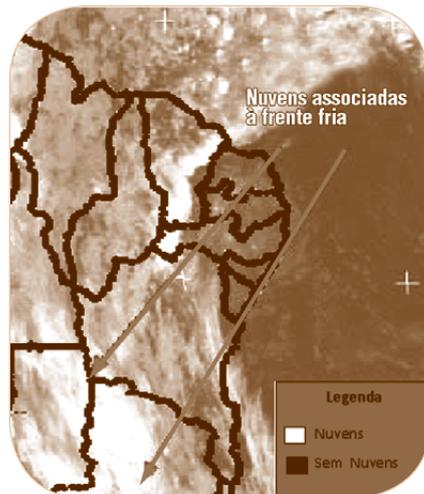


Figura 1 – Frente Fria no Nordeste do Brasil.

Fonte: <<http://www.funceme.br/DEPAM/entender/imagens/fig3.jpg>>. Acesso em: 3 de março de 2009.

- b)** Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): tem origem na convergência dos alísios de nordeste e sudeste. O ar em ascendência provoca chuvas e trovoadas, geralmente intensas, oscilando entre 5°S e 15°N. Atua no Nordeste, de forma mais intensa, em meados do verão e outono, atingindo com maior intensidade a região semi-árida. Esse sistema é o mais importante, pois define o regime de precipitação na Região (Petterssen, 1956), como mostra a Figura 2.

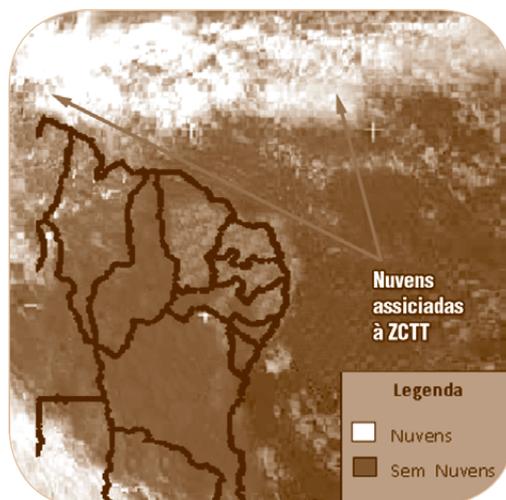


Figura 2 – Zona de Convergência Intertropical no Nordeste do Brasil.

Fonte: <www.funceme.br>. Acesso em: 3 de março de 2009.

- c)** Ondas de Leste (WE): sabe-se pouco desse sistema, mas é certo que ocorre no seio dos anticiclones subtropicais a partir de uma frontólise de frente fria, sobre as quais desaparece a inversão térmica superior. Isso permite a mistura de ar das duas camadas horizontais dos alísios e, conseqüentemente, chuvas mais ou menos abundantes anunciam sua passagem (Silva, 2003).

No Brasil, ocorre do Rio Grande do Norte ao norte do Estado do Rio de Janeiro. Com maior frequência no inverno e outono. Raramente ultrapassa o planalto da Diamantina ou da Borborema (Riehl, 1954), conforme Figura 3.



Figura 3 – Ondas de Leste no Nordeste do Brasil.

Fonte: <<http://www.funceme.br/DEMET/progno/prog2002/terceiro/imagens/fig9.jpg>>. Acesso em: 4 de março de 2009.

- d)** Vórtice Ciclônico da Atmosfera Superior (VCAS): também denominado de baixa fria, surge, segundo Dean (apud Silva, 1991), da diminuição da intensidade dos ventos de leste da alta troposfera, sobre o Atlântico Tropical Sul, e até substituição pelos ventos de oeste provenientes do Hemisfério Norte. Forma-se sob o Nordeste no verão, entre os meses de novembro a março. Esses sistemas estão sendo bastante estudados, por atuarem geralmente associados a altos índices de precipitação (Figura 4).

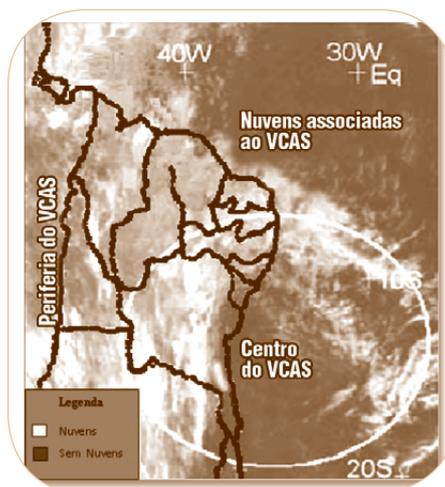


Figura 4 – Vórtice Ciclônico da Atmosfera Superior no Nordeste do Brasil.

Fonte: <<http://www.funceme.br/DEMET/progno/prog2002/terceiro/imagens/fig5.jpg>>.

Acesso em: 4 de março de 2009.

- e)** Linhas de Instabilidade (IT): são formadas, conforme Nimer (1989), no seio da massa equatorial continental, associadas ao movimento ondulatório de frentes frias (FF). Provocam chuvas e trovoadas, no verão e primavera, por todo o interior do Nordeste do Brasil. Na maioria das vezes, esses sistemas, formam-se sobre o Pará e Goiás, e daí deslocam-se para leste e sul da Região Nordeste. Frequentemente penetram sobre a Bahia. Já ao norte, raramente conseguem ultrapassar o Estado do Piauí, impedidas pela atuação da alta subtropical sobre o interior da região nas baixas latitudes (Figura 5).

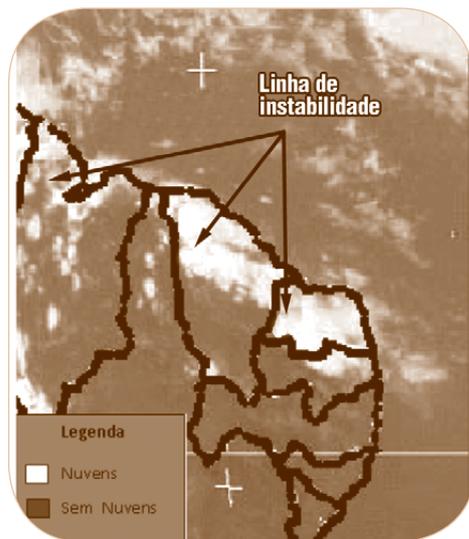


Figura 5 – Linha de Instabilidade no Nordeste do Brasil.

Fonte: <<http://www.funceme.br/DEMET/progno/prog2002/terceiro/imagens/fig7.jpg>>. Acesso em: 4 de março de 2009.

- f)** Os Anticiclones Subtropicais do Atlântico (ASA): são responsáveis, em grande parte, pelas condições de tempo e clima no Nordeste do Brasil, exercendo forte influência na formação, desenvolvimento e atuação dos sistemas sinóticos descritos anteriormente. Sobre o ASA predominam movimentos descendentes e inibição na formação de nuvens, refletindo nos baixos índices pluviométricos do Nordeste do Brasil (Silva, 1991).



Figura 6 – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul no Nordeste do Brasil.

Fonte: Silva (2003, p. 31).



Atividade 1

Explique por que a Zona de Convergência Intertropical é o sistema sinótico mais importante no Nordeste do Brasil.

Classificação climática de Köppen

Esse é o sistema de classificação global dos tipos climáticos, mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen (1846-1940), tendo sido por ele aperfeiçoada com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (podemos encontrar a denominação: Classificação Climática de *Köppen-Geiger*). Inicialmente ele usou o mapa de vegetação mundial de um fisiologista francês – Alphonse de Candolle – aceitando a vegetação natural como a melhor expressão do clima.

Atualmente, além da vegetação, incorpora também temperatura, chuva e características sazonais. De certa forma, a classificação climática de Köppen procura levar em conta a precipitação efetiva, ao considerar a chuva nas estações quente e fria. Entretanto, esse detalhe é considerado insatisfatório. Uma vantagem adicional é o seu caráter didático, permitindo adaptá-la para diferentes níveis, sendo ao mesmo tempo, simples e detalhada. Consiste, genericamente, na divisão do clima mundial em cinco grandes grupos. Esses grupos, juntamente com onze principais tipos, fornecem a essência para um conhecimento rudimentar das considerações climáticas do globo. Utilizando-se de símbolos adicionais, a classificação de Köppen fornece abundância de detalhes, no nível que se deseja. Outra vantagem é a sua característica quantitativa. Usam-se valores numéricos para definir os limites. Desde que se conheçam valores observados de temperatura e chuva, torna-se possível a outros pesquisadores questionar a validade de limites particulares. Isso permite também a atualização da classificação, à medida que dados mais confiáveis se tornem disponíveis.

Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados.



Atividade 2

Explique de que forma surgiu a classificação climática de Köppen. Como surgiu a primeira ideia?

Estrutura geral da classificação

A classificação climática de Köppen divide os climas em 5 grandes grupos ("A", "B", "C", "D", "E") e diversos tipos e subtipos. Cada clima é representado por um conjunto variável de letras (com 2 ou 3 caracteres) com a seguinte significação:

- Primeira letra: — uma maiúscula ("A", "B", "C", "D", "E") que denota a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático (em grandes linhas, os climas mundiais escalonam-se de "A" a "E", indo do equador aos pólos);
- Segunda letra: — uma minúscula, que estabelece o tipo de clima dentro do grupo e denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é, a quantidade e distribuição da precipitação (apenas utilizada caso a primeira letra seja "A", "C" ou "D"). Nos grupos cuja primeira letra seja "B" ou "E", a segunda letra é também uma maiúscula, denotando a quantidade da precipitação total anual (no caso "B") ou a temperatura média anual do ar (no caso "E");
- Terceira letra: — minúscula, o que significa a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes (nos casos em que a primeira letra seja "C" ou "D") ou a temperatura média anual do ar (no caso da primeira letra ser "B").

Um resumo global sinóptico das classificações é dado pela seguinte tabela:

Tabela 1 – Classificação climática de Köppen-Geiger

		Temperatura do ar			Precipitação					
		T	F	M	S	W	f	m	w	s
A	Tropical	–	–	–	–	–	Equatorial <i>Af</i>	Monções <i>Am</i>	Savana, chuva de Verão <i>Aw</i>	Savana, chuva de Inverno <i>As</i>
B	Árido	–	–	–	Estepe e semi-árido <i>BS</i>	Desértico <i>BW</i>	–	–	–	–
C	Temperado	–	–	–	–	–	Subtropical <i>Cfa</i> , Oceânico <i>Cfb</i>	–	Pampeano <i>Cwa</i> , <i>Cwb</i>	Mediterrâneo <i>Csa</i> , <i>Csb</i>
D	Continental	–	–	–	–	–	Continental <i>Dfa</i> , <i>Dfb</i> , Subártico <i>Dfc</i> , <i>Dfd</i>	–	Manchuriano <i>Dwa</i> , <i>Dwb</i>	–
E	Glacial	Tundra <i>ET</i>	Polar <i>EF</i>	Alpino <i>EM</i>	–	–	–	–	–	–

A primeira letra (indicador de grupo)

O significado de cada uma das primeiras letras utilizadas é o seguinte:

Tabela 2 – Significado das primeiras letras

Código	Tipo	Descrição
A	Clima tropical	<ul style="list-style-type: none"> • Climas megatérmicos • Temperatura média do mês mais frio do ano $> 18^{\circ}C$ • Estação invernal ausente • Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B	Clima árido	<ul style="list-style-type: none"> • Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm) • Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual • Não existem cursos de água permanentes
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	<ul style="list-style-type: none"> • Climas mesotérmicos • Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre $-3^{\circ}C$ e $18^{\circ}C$ • Temperatura média do mês mais quente $> 10^{\circ}C$ • Estações de Verão e Inverno bem definidas
D	Clima continental ou Clima temperado frio	<ul style="list-style-type: none"> • Climas microtérmicos • Temperatura média do ar no mês mais frios $< -3^{\circ}C$ • Temperatura média do ar no mês mais quente $> 10^{\circ}C$ • Estações de Verão e Inverno bem definidas
E	Clima glacial	<ul style="list-style-type: none"> • Climas polares e de alta montanha • Temperatura média do ar no mês mais quente $< 10^{\circ}C$ • Estação do Verão pouco definida ou inexistente.

A segunda letra (indicador de tipo)

O significado de cada uma das segundas letras utilizadas é o seguinte:

Tabela 3 – significado das segundas letras

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
S	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima das estepes ▪ Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 <i>mm</i> 	B
W	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima desértico ▪ Precipitação anual total média < 250 <i>mm</i> 	B
f	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima úmido ▪ Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano ▪ Inexistência de estação seca definida 	A-C-D
w	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chuvas de Verão 	A-C-D
s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chuvas de Inverno 	A-C-D
w'	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chuvas de Verão-outono 	A-C-D
s'	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chuvas de Inverno-outono 	A-C-D
m	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clima de monção: ▪ Precipitação total anual média > 1500 <i>mm</i> ▪ Precipitação do mês mais seco < 60 <i>mm</i> 	A
T	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10° <i>C</i> 	E
F	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do mês mais quente < 0° <i>C</i> 	E
M	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precipitação abundante ▪ Inverno pouco rigoroso 	E

A terceira letra (indicador de subtipo)

A terceira letra é utilizada para distinguir climas com diferentes variações de temperatura do ar, definindo-se com ela subtipos para os climas dos grupos B, C e D:

Tabela 4 – Significado das terceiras letras

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
a: Verão quente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do ar no mês mais quente > 22° <i>C</i> 	C-D
b: Verão temperado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do ar no mês mais quente < 22° <i>C</i> ▪ Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10° <i>C</i> 	C-D
c: Verão curto e fresco	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do ar no mês mais quente < 22° <i>C</i> ▪ Temperaturas médias do ar > 10° <i>C</i> durante menos de 4 meses ▪ Temperatura média do ar no mês mais frio > -38° <i>C</i> 	C-D
d: Inverno muito frio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média do ar no mês mais frio < -38° <i>C</i> 	D
h: seco e quente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média anual do ar > 18° <i>C</i> ▪ Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18° <i>C</i>) 	B
k: seco e frio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura média anual do ar < 18° <i>C</i> ▪ Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18° <i>C</i>) 	B



Atividade 3

De uma forma geral, o que significam as letras dos tipos e subtipos da classificação climática. Qual seria a maneira de representar o clima da região em que você mora?

Tipos e subtipos climáticos

Da combinação da primeira e segunda letras dos códigos acima descritos obtém-se os seguintes tipos climáticos:

A: Clima tropical — climas megatérmicos das regiões tropicais e subtropicais

- Af: clima tropical úmido ou clima equatorial
- Am: clima de monção
- Aw: clima tropical com estação seca de Inverno
- As: clima tropical com estação seca de Verão

B: Clima árido — climas das regiões áridas e dos desertos das regiões subtropicais e de média latitude.

- BS: clima das estepes
BSH: clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude
BSK: clima das estepes frias de média latitude e grande altitude
- BW: clima desértico
BWh: clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude
BWk: clima das regiões desérticas frias das latitudes médias ou de grande altitude

C: Clima oceânico — climas das regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais dos continentes

- Cf: clima temperado úmido sem estação seca
Cfa: clima temperado úmido com Verão quente
Cfb: clima temperado úmido com Verão temperado
Cfc: clima temperado úmido com Verão curto e fresco
- Cw: clima temperado úmido com Inverno seco
Cwa: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão quente
Cwb: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão temperado
Cwc: clima temperado úmido com Inverno seco e Verão curto e fresco
- Cs: clima temperado úmido com Verão seco (clima mediterrânico)
Csa: clima temperado úmido com Verão seco e quente
Csb: clima temperado úmido com Verão seco e temperado
Csc: clima temperado úmido com Verão seco, curto e fresco

D: Clima continental ou climas temperados frios — clima das grandes regiões continentais de média e alta latitude

- Df: clima temperado frio sem estação seca
 - Dfa: clima temperado frio sem estação seca e com Verão quente
 - Dfb: clima temperado frio sem estação seca e com Verão temperado
 - Dfc: clima temperado frio sem estação seca e com Verão curto e fresco
 - Dfd: clima temperado frio sem estação seca e com Inverno muito frio
- Dw: clima temperado frio com Inverno seco
 - Dwa: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão quente
 - Dwb: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão temperado
 - Dwc: clima temperado frio com Inverno seco e com Verão curto e fresco
 - Dwd: clima temperado frio com Inverno seco e muito frio

E: Clima glacial — clima das regiões circumpolares e das altas montanhas

- ET: clima de tundra
- EF: clima das calotes polares
- EM: clima das altas montanhas

Exemplos de classificações

- Af - clima equatorial úmido - Manaus, AM, Brasil
- Am - clima tropical monçônico - Daca, Bangladesh
- Aw - clima tropical (chuvas no verão) - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- As - clima tropical (chuvas no Inverno) - João Pessoa, PB, Brasil
- BSh - clima semi-árido quente - Múrcia, Espanha
- BSk - clima semi-árido frio - Medicine Hat, Canadá BWh - clima árido quente - Phoenix, AZ, EUA
- BWk - clima árido frio - Turfan, China
- Csa - clima temperado mediterrâneo, verões quentes (chuvas no Inverno) - Roma, Itália
- Csb - clima temperado mediterrâneo, verões brandos (chuvas no Inverno) - San Francisco, CA, EUA

- Cfa - clima subtropical úmido - Porto Alegre, RS, Brasil
- Cwa - clima subtropical/clima tropical de altitude - São Paulo, Juiz de Fora, Uberaba, Uberlândia, Brasil
- Cfb - clima temperado marítimo úmido - Curitiba, Gramado, RS, Brasil
- Cwb - clima temperado marítimo/clima tropical de altitude (regiões serranas como: Sul de Minas Gerais / regiões serranas de São Paulo e Rio de Janeiro, região do Caparaó Espírito Santo Minas Gerais Brasil) (chuvas no verão) - Campos do Jordão, Brasil
- Cfc - clima subártico marítimo húmido - Punta Arenas, Chile, Ushuaia, Argentina
- Cwc - clima subártico marítimo (chuvas no verão) - Monte Dinero, Argentina
- Csc - clima subártico marítimo (chuvas no inverno) - Torshavn, Ilhas Faroé
- Dfa - clima continental úmido, verões quentes - Chicago, IL, EUA
- Dwa - clima continental, verões quentes (chuvas no verão) - Seul, Coréia do Sul
- Dsa - clima continental, verões quentes (chuvas no Inverno) - Cambridge, ID, EUA
- Dfb - clima continental úmido, verões brandos - Estocolmo, Suécia
- Dwb - clima continental, verões brandos (chuvas no verão) - Rudnaya Pristan, Rússia
- Dsb - clima continental, verões brandos (chuvas no Inverno) - Mazama, WA, EUA
- Dfc - clima subártico úmido - Sept-Îles, YellowKnife, Canadá
- Dwc - clima subártico (chuvas no verão) - Irkutsk, Rússia
- Dsc - clima subártico (chuvas no inverno) - Galena Summit, ID, EUA
- ET - clima polar de tundra - Iqaluit, Canadá
- EF - clima polar de calote de gelo - Vostok, Antártica

Classificação climática do Rio Grande do Norte

Com base na classificação de Köppen (apud Vianello; Alves, 1991), o Estado apresenta dois domínios climáticos: clima do tipo As' , Tropical chuvoso e Bs , Semi-árido. O primeiro caracteriza a área do litoral oriental, que apresenta uma pequena concentração de precipitação anual, com totais de chuvas bem significativos, com o máximo pluviométrico nos meses de março a julho. O mínimo de chuvas ocorre na primavera e verão; o segundo predomina na maior parte do Estado, onde as precipitações são mal distribuídas temporal e espacialmente, com máximo pluviométrico no outono e mínimo no inverno. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de fevereiro, março e abril.

A posição/localização geográfica do estado, entre outros fatores, será decisiva em sua configuração climática. Assim, de acordo com a classificação climática de Köppen (1918) *apud* BNB (1969), o RN apresenta os seguintes tipos de climas: Clima Tropical Chuvoso (As'), caracterizado por apresentar verão seco e temperatura média mensal acima de $18^{\circ}C$ em todos os meses do ano; Clima Tropical Chuvoso de Savana (Aw), que apresenta estação seca no inverno e início das precipitações pluviométricas no verão; Clima seco de Estepe ($BSw'h$), seu inverno é seco, a evapotranspiração potencial média anual é maior que a precipitação média anual; apresenta temperaturas elevadas durante todo o ano – média anual superior a $18^{\circ}C$ e as precipitações pluviais ocorrem entre a primavera e o outono; Clima seco de Estepe ($BSs'h$), seu verão é seco, porém o período chuvoso inicia-se ao final dessa estação estendendo-se até o outono, sua evapotranspiração potencial média anual é maior que a precipitação média anual, apresentando temperaturas elevadas durante todo o ano – média anual superior a $18^{\circ}C$. A Figura 7 apresenta a distribuição dos tipos climáticos atuantes no estado.

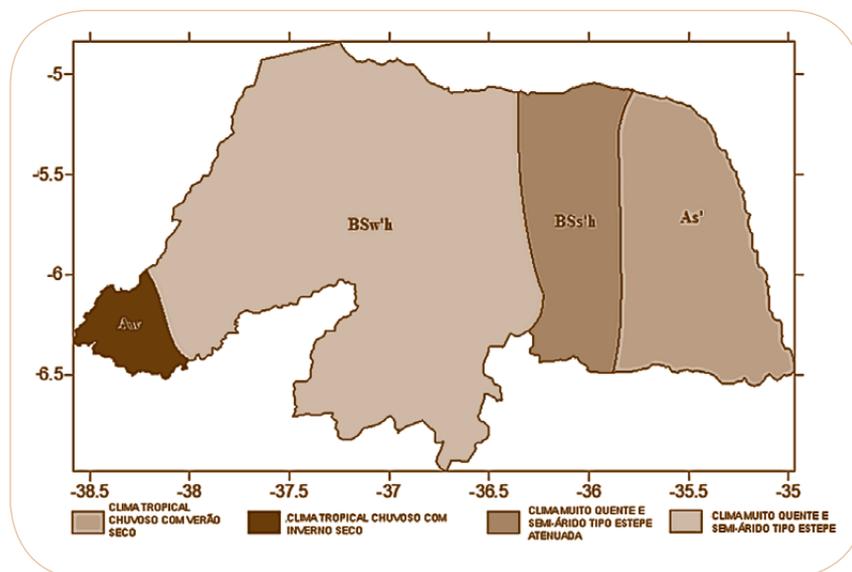


Figura 7 – Mapa climático do estado do Rio Grande do Norte.

Resumo

Nesta aula abordamos conceitos fundamentais de sistemas sinóticos, conhecemos a gênese desses sistemas e analisamos suas condições de tempo meteorológico. Essa análise evidenciou a importância de se monitorar seu comportamento, uma vez que, normalmente, estão associados a tempo severo. Foi estudado também um modelo de classificação climática (modelo de Köppen) e sua aplicação no Estado do Rio grande do Norte.

Autoavaliação

- 1 Qual a finalidade de uma classificação climática?
- 2 Faça a classificação climática de algumas cidades de diferentes estados do Brasil, segundo a classificação climática de Köppen.
- 3 Pesquise as principais diferenças da classificação climática de Köppen e a de Thornthwaite.

Referências

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL - BNB. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. **Recursos e necessidades do Nordeste**. Recife: ETENE, 1969.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normas climatológicas**. Brasília: INMET, 1992.

KOUSKY, V. E. Frontal influences over northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107, p. 1140-1153, 1979. Disponível em: <<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0493/107/9/pdf/i1520-0493-107-9-1140.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2009.

NIMER, Edmond. **Climatologia do Brasil**. 20. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PETTERSSSEN, S. **Weather analysis and forecasting**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1956.

RIEHL, H. **Tropical meteorology**. New York: 1954 .

SILVA, Fernando Moreira da. **Vórtice Ciclônico da Alta Troposfera: dois estudos de casos para o Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1991.

SILVA, Bruno Claytton Oliveira. **Estudo teórico-bioclimático da potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do rio Grande do Norte, Natal, 2008.

VIANELLO, Rubens Leite; AL YES, Adil Rainier. **Meteorologia básica e aplicada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

Anotações

Gênese dos solos

Aula

7



Apresentação

Nesta aula, estudaremos a gênese dos solos, que é a sua origem e formação. Além disso, estudaremos, também, as composições dos solos e os fatores de formação dos solos, como seus perfis, seus horizontes e suas camadas.

Objetivos

- 1** Analisar os diversos tipos de solos, entendendo a sua origem e importância para o estudo pedológico.
- 2** Compreender os fatores do intemperismo e de formação dos solos, seus perfis, horizontes e camadas.



O solo

O solo é um sistema dinâmico e complexo. Constitui o substrato que abriga diversas formas de vida, ocasionadas por um processo gradual de evolução que acompanha as transformações geoambientais.

Tais modificações processam-se por mecanismos naturais de intemperismo físico e químico, desencadeadas há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, com o surgimento do planeta Terra. Esses fatores que produzem as alterações na superfície da crosta terrestre são chamados de agentes de meteorização, responsáveis pela desintegração e decomposição das rochas submetidas ao transporte, sedimentação e compactação de partículas que compõem o perfil de horizonte do solo.

Cada nível estratigráfico possui características distintas, diferenciando-se por aspectos dimensionais e estruturais através do padrão granulométrico, composição mineralógica, hidratação e coesão, conferida por substâncias húmicas provenientes de restos de vegetais e animais (Figura 1).

Essa harmonia vigorou até o surgimento dos humanos modernos, principiando a progressiva exploração dos recursos naturais em detrimento da manutenção do equilíbrio ambiental. Tal comportamento pode ser observado por meio da mudança do hábito nômade pelo sedentário, que desenvolve um sistema de produção primitiva, com mecanismos e técnicas que atendam às necessidades de consumo dos grupos, em progressiva densidade demográfica.

O aumento da população ao longo da História exigiu áreas cada vez maiores para a produção de alimentos e técnicas de cultivo que aumentassem a produtividade da terra. Hoje, vemos que quanto mais rápido o desenvolvimento tecnológico, maior o ritmo de alterações provocadas no meio, em especial no solo, fonte de matéria prima.

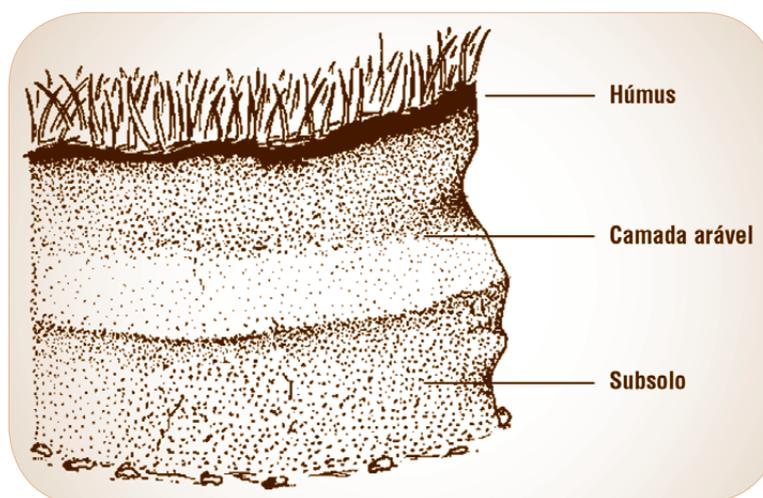


Figura 1 – A visualização de um solo exposto.

A falta de preocupação com o solo ocorre principalmente devido a conceitos e pontos de vista diversos em relação a esse importante produto da natureza. Para o engenheiro de minas, por exemplo, o solo é o detrito que cobre as rochas ou minerais a serem explorados. Para o engenheiro rodoviário, pode ser o material em que vai ser locado o leito da estrada.

O proprietário comum de uma casa emite conceitos sobre solos. O conceito é favorável quando diz “o terreno é bom e poroso ou de boa textura”. O ponto de vista é o oposto quando o terreno está associado em “argila pura”, que resiste à preparação de uma boa sementeira para ajardinamento. O construtor pode se dar conta das variações do solo, especialmente daquelas relacionadas com a sua viscosidade ou tendência de aderir às solas dos sapatos e eventualmente aos tapetes.

Como requisito básico para maior conhecimento sobre o solo, deve-se ter noção do que ele representa, abrangendo essa noção dos pontos de vista do engenheiro e do proprietário, por exemplo. Ao desenvolver essa conceituação, deve-se levar em consideração as descobertas práticas e científicas do passado.

Gênese dos solos

Ao longo da história da humanidade, o homem sempre conviveu intimamente com o solo. Inicialmente, colhendo da terra seus produtos através do extrativismo e, com o passar dos tempos, aprendendo a cultivá-lo, cada vez mais racionalmente, para a produção de bens de consumo; a utilizá-lo como matéria-prima na fabricação de cerâmica e vidraria e como material de construção e substrato para obras de engenharia civil e sanitária.

Sua identificação, seja no passado ou agora, segue o processo lógico de ordenamento das ideias, buscando a organização do entendimento sobre os solos, no contexto do acervo de conhecimentos até então disponível. Assim, o processo compreende comparação das suas aparências (morfologia) e/ou de seus atributos não-arentes, diante dos conceitos estabelecidos pela mente do homem com o intuito de rememorar suas características, de perceber as relevantes relações entre atributos e comportamentos e visualizar afinidades e diferenças entre solos.

É claro que o conceito que se tem de algo complexo como o solo reflete o conhecimento acumulado no transcorrer do tempo. Ele é, portanto, dinâmico. Por exemplo: parte da antiga “terra vermelha de cultura de primeira”, assim denominados alguns solos, passou a ser chamada de “terra roxa legítima”, e depois de “latossolo roxo eutrófico”. A conceituação elaborada na mente do homem, para cada um desses tipos de solo, sofreu sucessivas modificações para se ajustar ao conhecimento atual.

Sua correta identificação requer, com frequência, muita experiência, conhecimentos específicos e, eventualmente, até análises sofisticadas que exigem técnicas e laboratórios especializados.

Contudo, ainda existe muita falta de conhecimento científico sobre nossos solos e de um entendimento mais perfeito sobre o que de essencial existe de distinção entre seus vários tipos. Isso tem dificultado a elaboração de uma taxonomia brasileira hierárquica que, abrangendo os solos conhecidos, possibilite identificá-los segundo classes gerais, em níveis mais elevados, até repartições segundo tipos mais específicos, bem discriminados e homogêneos.

Hoje, todos os solos brasileiros conhecidos estão agrupados de acordo com EMBRAPA (1999). Estudaremos essa classificação na Aula 9 desta disciplina, Propriedades dos solos – características químicas e mineralógicas.

Intemperismo e composição dos solos

Os processos intempéricos são a quebra das rochas, e o seu deslocamento é dado pela erosão. Com isso, todos os produtos do intemperismo podem vir a formar os solos.

Intemperismo

O intemperismo é o conjunto de modificações de ordens física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorarem na superfície da Terra.

Os produtos do intemperismo (rocha alterada e solo) estão sujeitos a outros processos, como erosão/transporte e sedimentação, os quais acabam levando à denudação continental, com o conseqüente aplainamento.

Os fatores que controlam a ação do intemperismo são:

- a)** clima – que se expressa na variação sazonal da temperatura e na distribuição das chuvas;
- b)** relevo – que influencia no regime de infiltração e drenagem das águas pluviais;
- c)** flora e a fauna – que fornecem matéria orgânica (M.O.) para reações químicas e remobilizam materiais;
- d)** rocha – que, segundo sua natureza, apresenta resistência diferenciada aos processos de alteração intempérica;
- e)** tempo – que a rocha fica exposta aos agentes intempéricos.

Tipos de intemperismo

Os processos intempéricos atuam através de mecanismos modificadores das propriedades físicas dos minerais e rochas (morfologia, resistência, textura etc.) e de suas características químicas (composição química e estrutura cristalina).

Em função dos mecanismos predominantes de atuação, são normalmente classificados em **intemperismo físico** ou **intemperismo químico**.

Observação – Quando a ação (física ou bioquímica) de organismos vivos ou da M.O. provenientes de sua decomposição participa do processo, o intemperismo é chamado de físico-biológico ou químico-biológico.

a) Intemperismo Físico – São todos os processos que causam desagregação das rochas, com separação dos grãos-minerais, antes coesos, e com sua fragmentação, transformando a rocha inalterada em material descontínuo e friável.

Exemplos de Intemperismos Físicos:

- variação de temperatura ao longo dos dias e noites;
- mudança cíclica de umidade. Por exemplo: desertos;
- congelamento da água nas fissuras das rochas;
- cristalização de sais nas fissuras das rochas;
- alívio de pressão dos corpos rochosos quando ascendem a níveis crustais mais superficiais;
- crescimento de raízes em suas fissuras.

b) Intemperismo Químico – Todos os processos que causam decomposição das rochas, sendo a água da chuva o principal agente desse tipo de intemperismo.

As reações do intemperismo químico podem ser representadas pela seguinte equação genética:



Essas reações estão sujeitas às leis do equilíbrio químico e às oscilações das condições ambientais.

Na maior parte dos ambientes da superfície da Terra, as águas percolantes têm pH entre 5 e 9. Nesses ambientes, as principais reações do intemperismo são:

- hidratação;
- dissolução;
- hidrólise;
- oxidação.

Observação – Quando o pH das águas for inferior a 5, ao invés da hidrólise, a reação predominante é a acidólise.



Atividade 1

Os processos intempéricos atuam através de mecanismos modificadores das propriedades físicas dos minerais e rochas e de suas características químicas. Descreva os tipos de intemperismos e exemplifique-os.

Fatores de formação dos solos

Todos os solos existentes na paisagem refletem sua história. Desde o primeiro instante de sua gênese até o presente, fenômenos físicos e químicos diferenciados ocorreram no material que lhes deu origem, motivando progressivas transformações que se refletem na sua morfologia e nos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos, identificando-os.

Cinco são os fatores de formação dos solos que motivam direta ou indiretamente as manifestações mais ou menos agressivas daqueles fenômenos: relevo, clima, organismos, tempo e material de origem.

O relevo na formação dos solos

A ação do relevo reflete diretamente sobre a dinâmica da água, tanto no sentido vertical (infiltração) como lateral (escorrimentos superficiais – enxurradas – e dentro do perfil); e indiretamente sobre o clima dos solos (temperatura e umidade), através da incidência diferenciada da radiação solar, do decréscimo da temperatura com o aumento das altitudes, e sobre os seres vivos – os tipos de vegetação natural importantes na formação dos solos.

A água que cai sobre um terreno e não evapora tem apenas dois caminhos: ou penetra no solo ou escorre pela superfície.

Geralmente, segue concomitantemente ambos os caminhos, com maior ou menor participação de um ou outro, dependendo das condições do relevo (declividade e comprimento da vertente); da cobertura vegetal; e de fatores intrínsecos do solo.

Em terrenos declivosos, a quantidade de água que penetra no solo é, em igualdade de incidência de precipitação pluvial, normalmente menor que nos menos inclinados.

Na coexistência de ambas as situações, compartilhando uma porção da paisagem, as áreas menos declivosas recebem o acréscimo de água do escoamento superficial e subsuperficial proveniente das áreas mais altas.

Os solos de relevo íngreme são submetidos ao rejuvenescimento, através dos processos erosivos naturais e, em geral, apresentam clima mais seco do que aqueles de relevo mais suaves.

Os solos rasos e pouco profundos das vertentes declivosas são naturalmente co-habitados por matas mais secas do que as dos terrenos contíguos menos íngremes.

Disso resultam solos menos profundos e evoluídos do que os situados em condições de relevo mais suave, onde as condições hídricas determinam ambiente úmido mais duradouro.

Em terrenos aplainados, a eliminação da água pelo escoamento superficial é diminuta; assim, há um acentuado fluxo de água através do perfil, favorecendo a lixiviação em sistema de drenagem livre.

Nos terrenos de relevo subaplainado ou deprimido, em ambiente de drenagem impedida, determinando sistema fechado, as condições são ideais para os fenômenos de redução, devido ao prolongado encharcamento, resultando em solos particulares, denominados hidromórficos.

Outra implicação importante do relevo é sobre a taxa de radiação e, conseqüentemente, sobre o clima do solo em diferentes situações de exposição dos terrenos à ação solar.

Em regiões montanhosas, por exemplo, dependendo da orientação das encostas, a variação de incidência da radiação solar é significativa.

O clima na formação dos solos

O clima constitui um dos mais ativos e importantes fatores de formação do solo.

De seus elementos, destacam-se, em nosso país, pela ação direta na pedogênese:

- a temperatura;
- a precipitação pluvial;
- a deficiência e o excedente hídrico.

A latitude influi diretamente nos regimes térmicos regionais. É muito importante no desenvolvimento dos solos, pois a velocidade das reações químicas que neles se processam é (+) e diretamente proporcional ao aumento da temperatura.

Além da temperatura, a quantidade de água de chuva que atinja a superfície, nela penetre, seja mantida ou percole, é fator igualmente importante no processo de formação do solo.

Regiões com farta disponibilidade de água excedente apresentam, normalmente, solos mais evoluídos do que regiões secas.

O enorme volume de água que percola através dos solos nas regiões úmidas promove a hidratação de constituintes e favorece a remoção dos cátions liberados dos minerais pela hidrólise, acelerando as transformações de constituintes e, conseqüentemente, o processo evolutivo do solo.

Da conjugação de variados regimes de temperatura e umidade, resulta essencialmente a ocorrência de climas distintos ao longo do território brasileiro e, por conseguinte, de ações formadoras de solo também diferenciadas.

Entre os baixos platôs amazônicos quentes e úmidos, o sertão nordestino quente e semiárido e os planaltos sulinos frios e úmidos, há diferenças apreciáveis no que concerne à formação de solos, em consequência das disparidades de condições pedoclimáticas.

Na região amazônica, a conjunção de alta temperatura e alta precipitação pluvial, ao longo do ano, favorece a efetivação das reações químicas que se processam nos solos. Por exemplo: solos bastantes intemperizados, profundos, essencialmente cauliniticos, muito pobres quimicamente, com reações bastante ácidas.

No Nordeste semiárido, a escassez de umidade contribui para diminuição da velocidade e intensidade dos processos pedogenéticos, resultando em solos pouco desenvolvidos, rasos ou pouco profundos, cascalhentos ou pedregosos e/ou com relativa abundância de minerais primários pouco alterados e minerais de argila de elevada atividade coloidal. Por exemplo: solos pouco lixiviados, quimicamente ricos, pouco ácidos e ligeiramente alcalinos ou mesmo com altos teores de sais solúveis e de sódio trocáveis.

Nos planaltos sulinos, as baixas temperaturas e a constante umidade favorecem a formação de solos com espessas camadas superficiais escuras e ricas em M.O, conferindo-lhes particular morfologia, além de influenciar mais ativamente os processos de transformações e neoformações. Por exemplo: solos não muito desenvolvidos, pouco profundos, por vezes pedregosos, quimicamente pobres, muito lixiviados, de reação bastante ácida e consideravelmente ricos em constituintes orgânicos.

Os organismos na formação dos solos

Os organismos – microflora e macroflora, microfauna e macrofauna – pelas suas manifestações de vida, quer na superfície quer no interior dos solos, atuam como agentes de sua formação.

O homem também faz parte desse contexto, pois, pela sua atuação, pode modificar intensamente as condições originais do solo.

Dos organismos, sobressai por sua intensa e mais evidente ação como fator pedogenético a macrofauna.

Qual a importância da cobertura vegetal para o solo? A cobertura vegetal tem uma ação passiva como agente atenuante do clima; porém, é como agente ativo na formação do solo que ela se destaca. Sua ação protetora depende de sua estrutura e tipo. Por exemplo: na Amazônia, a cobertura vegetal é eficaz (protege o solo contra a ação das chuvas).

Na região de caatinga semiárida do nordeste, o efeito protetor é pouco efetivo na proteção do solo, resultando em acentuadas enxurradas de forte poder erosivo.

O anteparo da cobertura vegetal exerce efeito atenuador na temperatura da parte mais superficial dos solos, repercutindo na diminuição da evapotranspiração.

A ação pedológica passiva da cobertura vegetal desempenha ainda outras funções protetoras, intervindo na fixação de materiais sólidos, como nas dunas ou nas planícies aluviais.

A vegetação tem participação ativa nos processos de TC no material do solo, pela ação do contato direto das raízes com as superfícies coloidais além da relevante participação no estoque de nutrientes do sistema, os quais retornam aos solos devolvidos pelos resíduos vegetais.

A ação mais importante da cobertura vegetal ocorre, nos fenômenos de adição, tanto na superfície, através dos resíduos vegetais aí depositados, como no interior do solo, mediante restos que se decompõem.

A macrofauna tem importância como agente homogeneizador dos solos. Nessa situação em particular, são muito citados os efeitos dos cupins, das formigas, dos tatus e de muitos roedores que cavam buracos.

As minhocas, abrindo galerias, melhoram a aeração dos solos. Os micróbios, por sua vez, têm ação marcante na decomposição dos compostos orgânicos, na fixação de nitrogênio e em processos de oxidação e/ou redução.

E o homem? Constitui um elemento perturbador da constituição e arranjo das camadas dos solos, através das modificações que imprime na paisagem, como:

- desmatamento,
- reflorestamento,
- abertura de estradas,
- aplainamento,
- escavações,

ou através de alterações que realiza diretamente no solo, como:

- aplicação de corretivos e fertilizantes,
- arações,
- irrigação,
- drenagem e deposição de restos da sua fauna diária.

O tempo na formação dos solos

Dos fatores de formação, o tempo é o mais passivo: não adiciona, não exporta material nem gera energia que possa acelerar os fenômenos de intemperismo mecânico e químico, necessário à formação de um solo.

Contudo, o estado do sistema solo não é estático: varia no transcorrer das transformações, transportes, adições e perdas que têm lugar na sua formação e evolução. O conhecimento da duração do período de gestação dos solos é, contudo, muito complexo.

A Geomorfologia ensina que, no Brasil, é possível encontrar desde materiais de origem recente até os mais velhos de que se têm notícias na Terra. Onde são encontrados exemplos de solos de cronologia recente? Nas planícies aluviais que ainda recebem, através das inundações, adições periódicas de material.

Onde são encontrados exemplos de solos de cronologia mais antiga? Nos planaltos que constituem os divisores dos grandes sistemas hidrográficos, como por exemplo o Planalto Central Brasileiro. Seu início se deu há milhões de anos.

Qual a diferença entre idade e maturidade dos solos? A idade (cronologia) é a medida dos anos transcorridos desde seu início até determinado momento, enquanto a maturidade (evolução) é expressa pela evolução sofrida, manifestada por seus atributos em dado momento de sua existência.

Assim, alguns solos podem apresentar idade absoluta relativamente pequena e serem bem mais maduros que outros com idade absoluta bem maior.

Material de origem

O material de origem depende da classificação genética das rochas. Classificar as rochas significa usar critérios que permitam agrupá-las segundo características semelhantes.

Uma das principais classificações é a genética, em que as rochas são agrupadas de acordo com o seu modo de formação na Natureza. Sob este aspecto, as rochas dividem-se em três grandes grupos:

- ígneas ou magmáticas;
- sedimentares;
- metamórficas.

a) Rochas ígneas ou magmáticas – Resultam do resfriamento de material rochoso fundido, chamado magma. Estas são chamadas de rocha ígnea intrusiva, quando o resfriamento ocorrer no interior do globo terrestre, e de rocha ígnea extrusiva ou vulcânica, se o magma conseguir chegar à superfície.

Observação – A rocha vulcânica mais abundante é o basalto.

Para reconhecer se a rocha é intrusiva ou extrusiva, é necessário avaliar sua textura.

O resfriamento dos magmas intrusivos é lento, dando tempo para que os minerais em formação cresçam o suficiente para serem facilmente visíveis. Alguns cristais podem chegar a vários centímetros.

Observação – O granito é a rocha intrusiva mais abundante na crosta terrestre.

O resfriamento dos magmas extrusivos é muito mais rápido. Muitas vezes, não há tempo suficiente para os cristais crescerem muito. A rocha extrusiva tende a ter, portanto, uma textura de granulação fina.

A cor das rochas ígneas é muito variável, podendo ser classificadas como:

- Máficas – são as rochas ígneas escuras ricas em minerais contendo magnésio e ferro;
- Félsicas – são claras, mais ricas em minerais, e contêm sílica e alumínio (siálicas), que incluem os feldspatos e o quartzo ou sílica.

b) Rochas sedimentares – Parte das rochas sedimentares é formada a partir da compactação e/ou cimentação de fragmentos produzidos pela ação dos agentes intempéricos e pedogênese sobre uma rocha preexistente, após serem transportados pela ação dos ventos, das águas que escoam pela superfície ou pelo gelo, do ponto de origem até o ponto de deposição.

O que é necessário para formar uma rocha sedimentar?

Observação – Os sedimentos sempre se depositam em camadas sobre a superfície terrestre.

As rochas sedimentares, quanto a sua textura, podem ser encontradas conforme a descrição a seguir.

a) Clástica – quando a rocha sedimentar é constituída por partículas preexistentes.

Observação – A litificação ocorre em condições geológicas de baixa pressão e baixa temperatura e, por isso, as rochas clásticas não têm, salvo raras exceções, a mesma consistência dura das rochas ígneas.

b) Químicas ou Não-Clásticas – São formadas pela precipitação dos radicais salinos, que foram produzidos pelo intemperismo químico e agora se encontram dissolvidos nas águas dos rios, lagos e mares.

c) Orgânicos – São acúmulos de M.O tais como restos de vegetais, conchas de animais, excrementos de aves etc. que, por compactação, acabam gerando, respectivamente, turfa, coquina e guano.

São pseudorochas porque as suas partículas não são minerais.

c) Rochas metamórficas – Resultam da transformação de uma rocha preexistente no estado sólido.

O processo geológico de transformação se dá por aumento de pressão e/ou temperatura sobre a rocha preexistente, sem que o ponto de fusão dos seus minerais seja atingido.

O metamorfismo pode ser regional, local e dinâmico.

O metamorfismo regional ocorre em grandes extensões da superfície do globo terrestre, em consequência de eventos geológicos de grande porte como, por exemplo, edificação de cadeias de montanhas.

Dependendo dos valores alcançados pela variação de pressão e temperaturas, têm-se os metamorfismos regionais de baixo, médio e alto grau.

Observação – As principais rochas metamórficas formam-se no metamorfismo regional.

Muitas rochas metamórficas são reconhecidas graças a sua estrutura de foliação, ou seja, a orientação preferencial que os minerais placóides assumem, bem como a sua estrutura de camadas dobradas, devido às deformações que acompanham o metamorfismo regional.

O metamorfismo local restringe-se a domínios de terreno que variam entre centímetros e dezenas de metros de extensão. O metamorfismo termal ou de contato ocorre quando o aumento de temperatura predomina.

O metamorfismo dinâmico ocorre quando predomina o aumento de pressão no fenômeno da transformação das rochas como em zonas de falhas.

Observação – Quando a temperatura do metamorfismo ultrapassa um certo limite, determinado pela natureza química da rocha e pela pressão vigente, frequentemente na faixa de 700-800°C, as rochas começam a se fundir, produzindo novamente um magma.



Atividade 2

Cinco são os fatores de formação dos solos: relevo, clima, organismos, tempo e material de origem. Defina-os e exemplifique cada um desses fatores.

Perfil dos solos (horizontes e camadas)

Solo é a coleção de corpos naturais que ocupa parte da superfície terrestre e constitui o meio natural para desenvolvimento das plantas terrestres. É dotado de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo durante certo período de tempo (USA, 1951).

Já perfil do solo é uma seção vertical, através do solo, englobando a sucessão de horizontes ou de camadas transformados pelos processos pedogenéticos e o manto superficial de resíduos orgânicos; assim como também é a seção vertical do solo encontrado no terreno que revela a presença de horizontes ou camadas, na posição predominantemente horizontal, mais ou menos distintos.

Horizontes são seções horizontais isoladas encontradas no perfil do solo que sofreram a pedogênese. Esses horizontes superpostos ao material originário recebem o nome de *solum*, do latim solo.

Determinado solo é conhecido através da individualização de seus horizontes e/ou camadas. É discriminado dos demais, segundo a sequência e a natureza de seus horizontes, organização dos constituintes e manifestação de atributos decorrentes.

Em campo, os horizontes são identificados pela constatação de atributos morfológicos, tais como:

- estrutura;
- textura;
- cor;
- presença de nódulos e concreções;
- espessura dos horizontes;
- nitidez e conformação dos limites entre eles;
- consistência;
- cerosidade.

Observação – Nem sempre a verificação desses atributos é suficiente para identificar aquelas seções do solo. Tornam-se necessárias, então, informações adicionais quanto a atributos físicos e/ou químicos e/ou mineralógicos, mediante análises de laboratórios em amostras adequadamente coletadas, como:

- saturação por bases e por alumínio;
- porcentagem de argila;
- teor relativo de M.O;

- presença de CaCO_3 e de sais muito solúveis (cloreto de sódio e sulfato de alumínio);
- presença de compostos de enxofre (denunciados pelo odor fétido);
- porção relativa de minerais primários facilmente intemperizáveis;
- teor e natureza dos óxidos de ferro presentes;
- constituição mineralógica dominante na fração argila.

Já o perfil do solo consiste em uma ou mais seções aproximadamente paralelas à superfície do terreno, as quais se diferenciam segundo o conjunto de atributos próprios de cada uma.

Quando essas seções são individualizadas por atributos resultantes da ação dos processos pedogenéticos, denominam-se horizontes. São denominadas camadas quando as seções são pouco ou não influenciadas por processos pedogenéticos.

Horizontes e camadas

Praticamente todo o processo de identificação dos solos inicia-se no campo, através do exame morfológico cuidadoso do perfil, pelos quais os horizontes são identificados, delimitados uns dos outros e nomeados.

A denominação dos horizontes e camadas é feita por símbolos representados por letras e números.

Os horizontes e as camadas principais do solo são simbolizados pelas seguintes letras maiúsculas:

O - H - A - E - B - C - F - R

Essas letras têm definições específicas e estão descritas a seguir:

O – horizonte ou camada orgânica superficial formados em condições de drenagem desimpedida – sem estagnação de água, constituindo recobrimento detrítico de material essencialmente vegetal – depositados na superfície de solos minerais;

H – horizonte ou camada orgânica, superficiais ou não, formados por acumulação de resíduos vegetais depositados sob condições muito prolongadas ou de permanente estagnação de água;

A – horizonte mineral superficial ou subjacente ao horizonte ou à camada O ou H, de maior atividade biológica e incorporação de M.O bastante mineralizada, intimamente associada à matéria mineral;

E – horizonte mineral resultante da perda de minerais de argila, compostos de Fe, de Al ou de M.O, separadamente ou em combinações;

B – horizonte mineral, subsuperficial, situado sob horizonte E, A ou raramente H, originado por transformações relativamente acentuadas do material originário e/ou ganho de constituintes minerais ou orgânicos migrados de horizontes suprajacentes;

C – horizonte ou camada mineral de material inconsolidado sob o *solum* relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos, constituindo seção nas quais grandes partes dos seus atributos manifestam-se com persistência de características litológicas;

F – horizonte ou camada de material mineral consolidado sob o horizonte A, E ou B, rico em Ferro e Alumínio e pobre em M.O, formado por endurecimento irreversível que se verifica em conexão com enriquecimento de óxidos dos elementos citados;

R – camada mineral de material consolidado que, em muitos solos, constitui o substrato rochoso, isto é, embasamento litológico de tal sorte coeso que, quando úmido, não pode ser cortado com uma pá. É a rocha sã.



Atividade 3

Pesquise e comente o que é perfil dos solos, seus horizontes e suas camadas.

Na Aula 8, Relação entre Pedogênese e Morfogênese e Morfologia dos Solos, você estudará as principais características morfológicas dos horizontes. Por enquanto, faça as atividades de Autoavaliação e veja se você entendeu os aspectos que envolvem a formação dos solos.

Resumo

Esta aula abordou as diversas variáveis que usamos na gênese e evolução dos solos. Dentre os temas, destacamos intemperismo e a formação dos solos, seus fatores de formação dos solos e perfil dos solos (horizontes e camadas).

Autoavaliação

1

Pesquise no site da EMBRAPA <www.embrapa.gov.br> e faça uma caracterização dos tipos de solos existentes no Rio Grande do Norte.

2

Faça uma análise comparativa entre os vários tipos de classificação dos solos e a classificação dos solos da EMBRAPA (classificação essa mais aceita atualmente no meio científico).

3

Cite, explique e exemplifique os tipos de intemperismos físicos.

4

Cite, explique e exemplifique os tipos de intemperismos químicos.

5

O clima constitui um dos mais ativos e importantes fatores de formação do solo. De seus elementos, destacam-se, em nosso país, pela ação direta na pedogênese: a temperatura, a precipitação pluvial e a deficiência e o excedente hídrico. Faça um estudo comparativo entre os fatores de formação do solo descritos acima, entre os solos do estado do Amazonas e um outro solo em algum estado do Nordeste ou da região Sul do Brasil.

6

Comente sobre a diferença entre idade e maturidade dos solos.

7

Onde são encontrados exemplos de solos de cronologia mais antiga? Faça um paralelo entre esses solos mais antigos e o litoral brasileiro, que predominantemente se apresenta com os solos mais recentes.



O que é necessário ocorrer na Natureza para se formarem as rochas sedimentares? Explique e exemplifique os tipos de rochas sedimentares mais comuns (e abundantes) existentes no Brasil.

Referências

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1979. 355p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema de classificação dos solos**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.

_____. **Sistema de classificação dos solos**. 2. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.

_____. **Classificação dos solos do Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2006/novembro/foldernoticia.2006-11-27.3423947695/noticia.2006-11-27.1272282492/?searchterm=classifica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20solos%20do%20brasil>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999. 340p.

MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEPE, 1992. 201p.

Relação entre pedogênese e morfogênese em morfologia dos solos

Aula

8

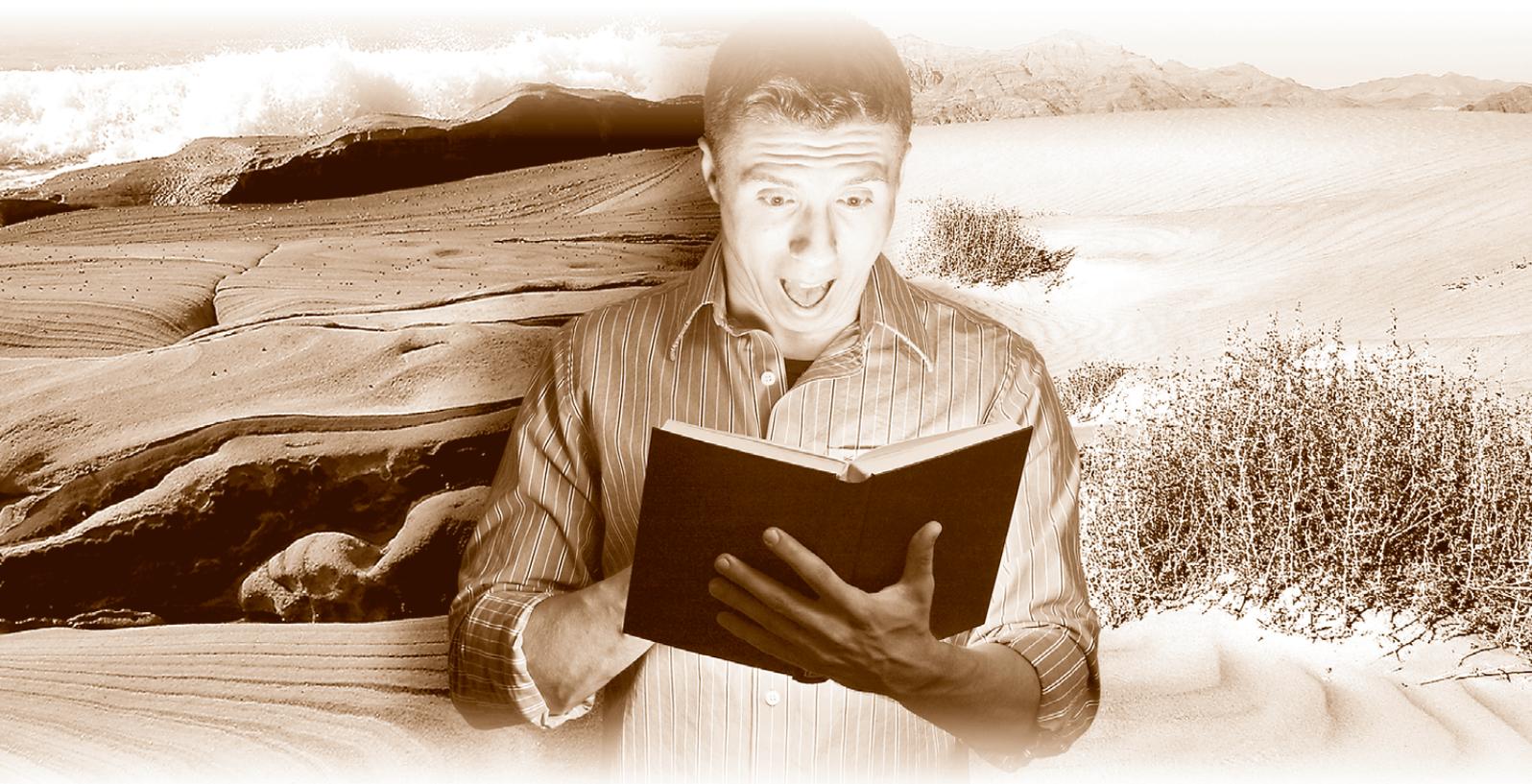


Apresentação

Nesta aula, procuraremos mostrar as principais características da morfologia dos solos, seus perfis e horizontes, bem como suas simbologias e definições. Todos os solos são diferentes e apresentam condições ambientais diferentes, devido a sua composição, ao tipo de clima atuante e principalmente ao tipo de intemperismo. Para tanto, faz-se necessário entendermos as relações entre solos, a climatologia e sua pedogênese, que tratará da origem dos solos. Para acompanhar esta discussão, sugerimos que você tenha em mãos a Aula 7 desta disciplina, Gênese dos solos.

Objetivos

- 1** Analisar e entender as relações existentes entre a pedogênese e a morfogênese dos solos.
- 2** Entender a importância desse estudo para a morfologia dos solos, segundo os tipos de climas.



Aspectos geográficos dos solos

Todos os solos existentes na paisagem refletem sua história, desde o primeiro instante de sua gênese até o presente. Fenômenos físicos e químicos diferenciados ocorreram no material que lhe deu origem, motivando progressivas transformações que se refletem na sua morfologia e nos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos, identificando-os. Você já viu algumas identificações na Aula 7 desta disciplina.

Morfologia dos solos

Começaremos a nossa aula falando um pouco sobre a morfologia dos solos. Para isso, proporemos algumas questões que não são atividades; no entanto, é necessário que você reflita sobre essas questões para aos poucos entender do que estamos falando.

O primeiro passo é reconhecer um solo. A Figura 1 ilustra bem isso. Nela, identificamos uma camada superior rica em matéria orgânica e uma outra camada abaixo composta de areias, cascalhos, lamas, até a rocha dura (que pode ser uma rocha metamórfica ou até uma rocha ígnea). Você pode procurar na sua cidade, próximo a sua casa ou em seu bairro, e identificar algum solo exposto.

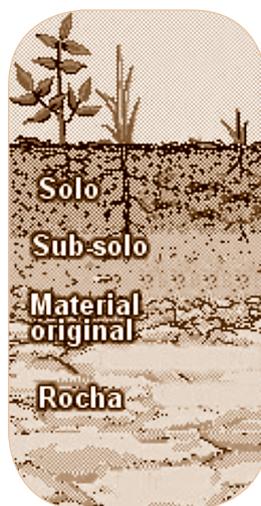


Figura 1 – Solo exposto

Fonte: <www.nascentesfernandes.com.br/gifs/soil.jpg>. Acesso em: 25 mar. 2009.

Antes de tudo, queremos que você tenha domínio sobre dois conceitos, o de morfologia e o de morfologia dos solos.

O que é MORFOLOGIA?

É o estudo das formas de um objeto ou corpo natural.

O que é Morfologia dos solos?

É a descrição da aparência do solo no campo (perfil). As características são visíveis a olho nu ou perspectiváveis por manipulação.

É importante que você saiba que os processos internos (físicos, químicos e biológicos), através dos seus fatores de formação (clima, relevo, organismos e tempo), vão dar as principais características das feições morfológicas.

As principais feições morfológicas são cor, espessura de horizontes, textura, estrutura etc.

Perfil e horizontes de solo

Você lembra dos conceitos de perfil e horizontes de solo vistos na Aula 7? Vamos retomá-los?

O exame de uma seção vertical de um solo, conforme encontrado no terreno, revela a presença de camadas horizontais mais ou menos distintas. Tal seção é denominada de **PERFIL**, e as camadas isoladas são chamadas de **HORIZONTES**. Esses horizontes superpostos ao material originário recebem a designação coletiva de *solum*, termo latino original que significa solo, terra ou fração de terra.

Nos horizontes dos solos, as camadas superiores de um perfil de solo contêm normalmente quantidades consideráveis de matéria orgânica, geralmente bastante escurecida por causa de tal acúmulo. Os horizontes pedogenéticos principais são **O ou H, A, E, B e C**. Os horizontes de transição (miscigenados) são **transicionais entre A e B e AB ou BA**. E os horizontes intermediários (mesclados) são **A/B, B/A, E/B e B/C**.

A sequência normal da ocorrência de horizontes no perfil do solo pode ser representada como na Figura 2.

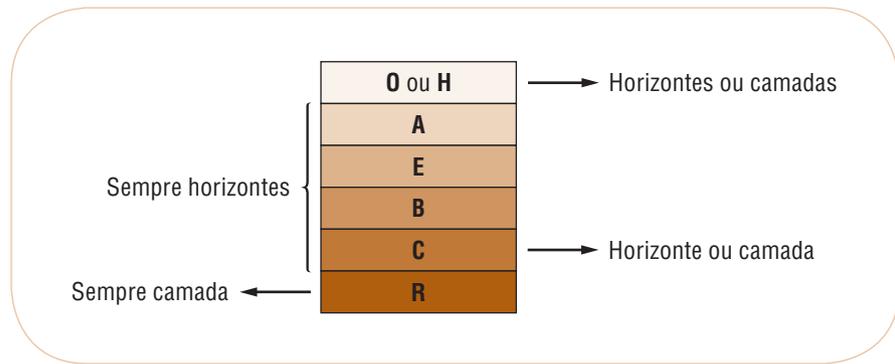


Figura 2 – Representação de uma sequência normal de ocorrência de horizontes no perfil do solo

Relembre, agora, as principais características dos horizontes e/ou camadas:

O – horizonte mineral em boas condições de drenagem. Constituído por restos orgânicos.

H – de constituição orgânica. Ocorre em condições de má drenagem.

A – horizonte mineral enriquecido por matéria orgânica; coloração escurecida.

E – perda de argilas, óxidos Fe e Al ou matéria orgânica; textura mais arenosa e coloração mais clara.

B – intensa transformação pedogenética, com concentração de argilas e óxidos.

C – pouco afetado pelos processos pedogenéticos.

R – material consolidado, constituindo-se como um substrato rochoso contínuo.

Características morfológicas

Na identificação dos horizontes e camadas dos perfis de solo, é de suma importância o conhecimento dos seus atributos morfológicos, que são suas características morfológicas principais.

Nós temos que saber que o solo é constituído de partículas minerais e orgânicas de tamanhos diversos: no seu conjunto, podem apresentar desde dimensões muito pequenas, como as argilas e as areias, até vários centímetros, como os cascalhos. A seguir, veremos algumas das suas principais características morfológicas.

Espessura e transição entre horizontes

A passagem de um horizonte a outro no perfil de solo é indicada por disparidades, maiores ou menores no conjunto de atributos que os caracterizam. A mudança pode ser de gradação variável; a passagem ocorre num espaço fronteiro mais curto ou mais extenso, representada pela periferia terminal do fundo do horizonte sobrejacente e a periferia inicial do topo do horizonte imediato na sequência do perfil. Assim, a nitidez de transição é traduzida pela espessura da zona limítrofe entre horizontes. Veja na Figura 3 as modalidades de transição:

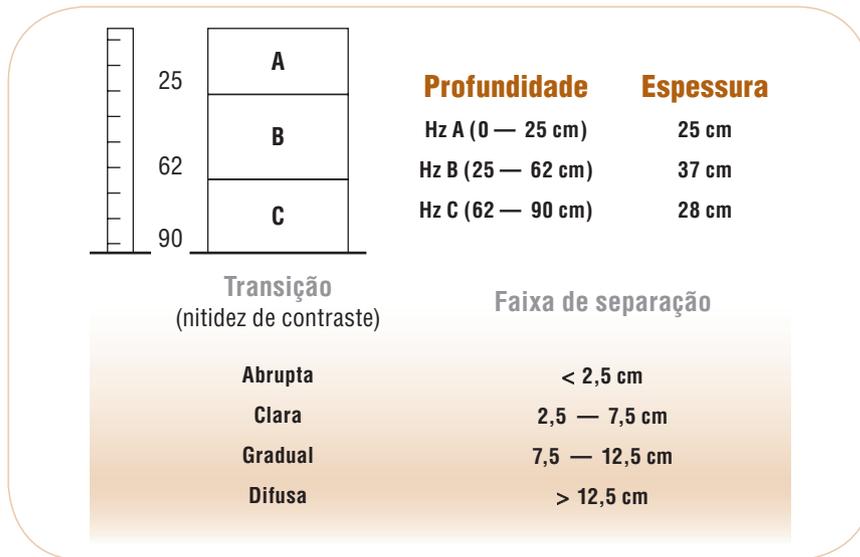


Figura 3 – Espessura e gradação entre os horizontes de solo

Cor do solo

A cor é, entre todas as características do solo, a de mais fácil visualização. Tem uma importância muito grande, quer na identificação e delimitação de horizontes de um perfil, quer na distinção entre solos diversos, por refletir diferenças fundamentais entre eles.

As principais implicações quanto à cor são: cores escuras, vermelhas, amarelas, acinzentadas, claras ou esbranquiçadas, e horizontes mosqueados com cor aparente mascarada por algum produto do intemperismo.

Para fins de uniformização e maior objetividade na identificação das cores, usamos escalas de padrões comparativos, sendo a mais empregada a Escala de Munsell de Cores Para Solos (MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, 1954 apud OLIVEIRA et al, 1992, p. 36.). Essa escala de cores é construída segundo três variáveis: o **MATIZ**, o **VALOR** ou claridade relativa e o **CROMA** ou intensidade da cor. Veremos suas definições a seguir:

MATIZ – é a gama de cor do espectro solar. Traduz o comprimento de onda dominante da luz refletida por determinado corpo ou objeto. Na escala Munsell, é representado por um número e uma ou duas letras. Os números simbolizam a gradação cromática, escalonada segundo valores de 0,0 a 10,0. As letras são abreviaturas, denotando denominações em inglês das gamas de cores do espectro solar aplicáveis aos solos. Por exemplo: R (Red) por vermelho; YR (Yellow-Red) por alaranjado; Y (Yellow) por amarelo. Em cada gama de cor, o matiz é mais tinto de amarelo e menos de vermelho, progressivamente, com aumento da numeração anteposta às letras. No sistema Munsell, esses matizes são representados pelas notações 5R (vermelho pleno), 7.5 R, 10R (= Zero YR), 2.5YR, 5YR (alaranjado pleno), 7.5YR, 10YR (=Zero Y), 2.5Y, 5Y (amarelo pleno). Ocasionalmente, sob condições de hidromorfia, ocorrem matizes GY (Green-Yellow) por oliva, G (Green) por verde, BG (Blue-Green) por ciano e B (Blue) por azul.

VALOR – o valor traduz a tonalidade mais clara ou mais escura da cor. É resultante das proporções variáveis de preto e de branco combinados com um matiz qualquer. Em suma, valor é o brilho ou a tonalidade da cor.

CROMA – representa a pureza da cor; traduz a saturação ou intensidade do colorido. É, portanto, a intensidade ou pureza da cor em relação ao cinza.

A cor implica em várias considerações sobre o solo. Por exemplo, quanto mais escuro o solo, maior será o conteúdo de matéria orgânica; quanto maior for a presença de óxidos de ferro, mais avermelhado será esse solo. Uma tonalidade preto-azulada pode significar a presença de magnésios. Assim, um solo argiloso e vermelho é muito provavelmente dotado de boa drenagem interna, apreciáveis teores de óxidos de ferro e grande capacidade em absorver fosfatos.

Textura do solo

A textura do solo depende da proporção de areia, de silte ou argila na sua composição. Essa proporção vai influenciar em itens como a taxa de infiltração e o armazenamento da água, a aeração, a facilidade de mecanização e fertilização do solo.

A diversidade da participação de tais partículas na composição da massa do solo é praticamente infinita, visto que as dimensões dos seus diâmetros constituem um espectro contínuo de valores. Entretanto, para fins de determinações quantitativas de partículas individuais, são reconhecidas repartições segundo os grupos de seus diâmetros, denominados de granulométricas.

Em uma pesquisa onde se estuda o solo, o primeiro passo é a coleta das amostras. Após a coleta das amostras, elas têm que ser levadas para análise em um laboratório de análise de solos. Nele, você determina a quantidade de amostras (solos) coletadas em campo. Ao manusear tais amostras, a primeira sensação é a do tato. Uma amostra com granulometria maior provoca uma sensação diferente de uma amostra de granulometria mais fina.

As frações granulométricas (tamanho dos grãos) mais comuns são: AREIA, variando de 2,0 a 0,05 mm; SILTE, de 0,05-0,002mm; e ARGILA, menores que 0,002mm. O somatório de areia, silte e argila é um dos sistemas de classificação de texturas mais utilizados (Figura 4).

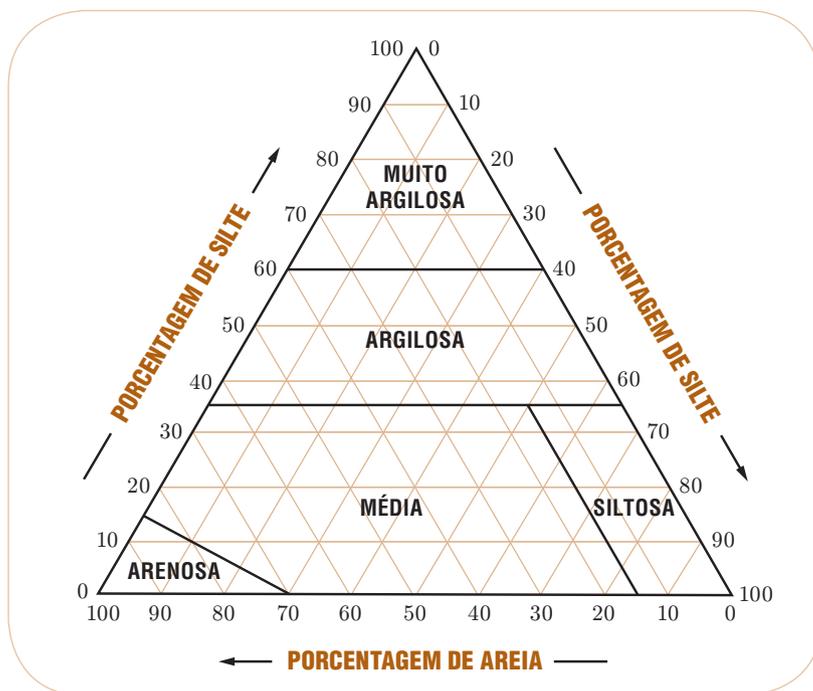


Figura 4 – Diagrama de repartição de classes generalizadas de textura

Fonte: EMBRAPA (1976, p. 56).

Nos tipos de solos mais comuns, presentes em grandes quantidades no Brasil, por exemplo, ocorre sempre uma camada superficial (mais arenosa) e uma subsuperficial (mais argilosa), o que resulta em uma diferença quanto a sua porosidade. Quanto maior a

granulometria, maior é a porosidade. A água, então, penetra de maneira mais fácil na parte superior e mais lentamente na camada inferior.

Essas relações de granulometria, porosidade e composição vão determinar a intensidade da erosão, formar o relevo e interferir no tipo de cobertura vegetal, prejudicando ou não o desenvolvimento das raízes das plantas.

Estrutura

Refere-se à aglutinação das partículas primárias partículas compostas. São separadas umas das outras por superfícies de fraqueza ou separadas por descontinuidades, dando origem a agregados de características próprias, inerentes à organização natural da matéria sólida que constitui os horizontes componentes do perfil do solo.

Então, estrutura é a união das partículas primárias do solo formando agregados, separados entre si pelas superfícies de fraqueza.

A descrição de estrutura é feita no campo, observando-se detalhadamente os agregados por ocasião de sua remoção no perfil.

Quanto ao tamanho, dependendo do tipo, as estruturas apresentam dimensões variando de 1 até 100 mm. As classes de tamanho são designadas de **muito pequena, pequena, média, grande e muito grande**.

Já o grau de desenvolvimento diz respeito à eficiência de agregação. É expresso tanto pela nitidez (perfeição na forma) como pela estabilidade e capacidade de suportarem o manuseio. Quanto ao grau de desenvolvimento, são reconhecidas as seguintes estruturações:

- Grãos simples: ausência de estruturas em decorrência da falta de agregação (incoerente ou solto);
- Fraca: com agregação pouco eficaz; com o manuseio, desfaz-se facilmente;
- Moderada: com estruturas relativamente bem configuradas e individualizadas; com o manuseio, o material se desagrega em menor proporção que a mais fraca;
- Forte: é a condição que reflete a alta coesão e pequena adesão entre os grãos. Exibe forma muito bem definida; ao serem manuseadas, pouco se desfazem.

A literatura aponta a importância da estrutura para o enraizamento das plantas, para o fluxo da água e dos gases no solo, para a erodibilidade, entre outras implicações. Além disso, é essencial no caso da estrutura da camada superficial, na formação de crosta superficial e preparo do solo para plantio, aspectos diretamente relacionados com a germinação das sementes.

A estrutura constitui um dos atributos morfológicos mais importantes do ponto de vista de identificação de horizontes dos perfis de solos, apesar de pouco empregada como critério diagnóstico diferencial em classificação de solo. E para entendermos melhor essa relação entre estruturas, seus horizontes e tipos de ocorrências, vejamos a Tabela 1 e a Figura 5.

Tabela1 – Relação genérica de tipos de estrutura com horizontes (Hz) principais dos perfis de solos e suas ocorrências.

Tipo de estrutura	Ex. de ocorrência
PRISMÁTICA	Hz B solos mal drenados
COLUNAR	Hz B solos com excesso de Na trocável
BLOCOS ANGULARES	Hz B solos mal drenados
BLOCOS SUBANGULARES	Hz B solos bem drenados
LAMINAR	Hz E ou Hz compactados
GRANULAR	Hz A

Fonte: Oliveira et al (1992, p.43).

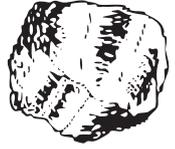
TIPO DE ESTRUTURA	DESCRIÇÃO DO AGREGADO NATURAL (PED)	DIAGRAMA	EXEMPLO DE OCORRÊNCIA
Granular	Agregados pequenos, arredondados e pouco porosos, que não se ajustam entre si.		Horizonte A₁
Grumosa	Agregados pequenos, arredondados e porosos, que não se ajustam entre si.		Horizonte A₁
Laminar	Agregados em forma de lâminas nas quais a linha horizontal é menor que a vertical.		Horizontes E ou horizontes compactados.
Blocos angulares	Agregados em forma de cubos ajustados entre si por faces planas e arestas vivas. As três dimensões do agregado são semelhantes.		Horizonte B de alguns solos, em geral mal drenados.
Blocos subangulares	Agregados semelhantes aos blocos angulares, apresentando faces convexas ou côncavas, com vértices e arestas arredondados.		Comum em horizonte B de solos, bem drenados.
Prismática	Os agregados apresentam-se sob forma de prismas, com faces planas e arestas vivas e o eixo vertical maior.		Horizonte B_G de solos mal drenados.
Colunar	Os agregados apresentam-se sob forma de prismas, com as faces planas e vértices superiores arredondados.		Horizonte B de solos com excesso de sódio trocável.

Figura 5 – Diagrama que apresenta um exemplo de ocorrência dos vários tipos de agregados utilizados na descrição de estrutura do solo

Fonte: Oliveira et al (1992, p.44).

Consistência

É o termo usado para designar manifestações das forças físicas de coesão e adesão entre as partículas do solo, conforme variações dos graus de umidade.

A forma de consistência nos três estados de umedecimento pode se expressar com diferentes intensidades de horizonte para horizonte. Os estados de umedecimento são:

- **Consistência da amostra seca:** a avaliação é realizada experimentando efetuar a ruptura da amostra de cada horizonte, mediante compressão com os dedos ou com as mãos, na forma exposta a seguir:
- SOLTA: não coerente;
- MACIA: o material exibe fraca coesão;
- LIGEIRAMENTE DURA: o material é coeso; porém, pouco resistente à pressão;
- DURA: o material é coeso e moderadamente resistente à pressão;
- EXTREMAMENTE DURA: o material é demasiadamente coeso, e extremamente resistente à pressão.

Consistência da amostra úmida: a avaliação é realizada tentando promover o esmagamento da amostra, por horizonte, mediante compressão dos dedos ou das mãos. Aplica-se um certo umedecimento à amostra, sem excesso de água, na forma a seguir:

- SOLTA: não coerente;
- MUITO FRIÁVEL: o material apresenta fraca coesão;
- FRIÁVEL: o material fica bem marcado com a pressão entre os dedos indicador e polegar;
- FIRME: para ficar bem marcado, exige-se uma pressão maior que a friável;
- MUITO FIRME: é preciso forte pressão para esmagar a amostra;
- EXTREMAMENTE FIRME: o material só se desfaz com muita pressão, sendo fragmentado só em pedaços.

Consistência da amostra molhada: a manifestação de formas de consistência que o material dos solos exibe quando molhado compreende atributos de pegajosidade e plasticidade. E estes podem ser avaliados da maneira a seguir:

- NÃO PEGAJOSA: o material praticamente não produz pasta; encharca-se sem dar liga. Separados os dedos, não há praticamente aderência a nenhum dos dois;
- LEGEIRAMENTE PEGAJOSA: separados os dedos, o material tende a aderir a ambos;
- PEGAJOSA: separados os dedos, o material se reparte, aderindo a ambos, sendo verificado algum estiramento da pasta ao se afastar os dedos;

- **MUITO PEGAJOSA:** separados os dedos, o material se reparte, aderindo a ambos, depois de tender a manter grudados os dedos e exibir estiramento quando eles são afastados.

Em resumo, temos um **solo seco que determina a dureza, um solo úmido que determina a friabilidade e um solo molhado e/ou encharcado que determina a plasticidade e a pegajosidade.**

Essas características influenciam na consistência do solo, sua umidade, textura, tipo de argilominerais e matéria orgânica.

Porosidade/permeabilidade do solo

O volume de espaços vazios existentes entre as partículas individuais e agregados constitui a porosidade do solo. A porosidade determina a capacidade do solo de armazenar e transmitir líquidos e gases. O termo porosidade, então, refere-se ao conjunto de vazios existentes no solo, como os poros, fendas e canais.

Como a capacidade do solo de armazenar e transmitir líquidos está diretamente relacionada com a forma dos grãos e sua porosidade, considera-se que quanto maior o diâmetro dos poros, maior a permeabilidade. Permeabilidade, então, é a capacidade ou espaço entre os grãos que facilita ou dificulta a passagem de líquidos. Assim, solos arenosos, que contêm proporcionalmente excelente permeabilidade, apresentam pequena capacidade de retenção de líquidos.

Quanto ao tamanho dos poros, podem ser:

- Sem poro visível;
- Muito pequenos (<0,5mm);
- Pequenos (0,5–1,0mm);
- Médios (1–3mm);
- Grandes (3-5mm), e
- Muito grandes (> 5mm).

Cerosidade

É um aspecto brilhante/ceroso que ocorre na superfície dos agregados (minerais), decorrente de material coloidal (argila ou óxido de ferro). É determinada quanto ao:

- **Grau de desenvolvimento:** fraca, moderada e forte.
- **Quantidade:** pouco, muito e abundante.

Cimentação

É a capacidade que os minerais têm de se agregarem. Isto ocorre devido à presença de agentes cimentantes, como carbonato de cálcio, sílica, óxidos de ferro (Fe) e óxidos de alumínio (Al). O solo, neste caso, tem uma constituição dura, mas também quebradiça.

Nódulos e concreções minerais

É uma concentração de materiais endurecidos com composições químicas variáveis. Para identificar o agente cimentante, observe:

- Efervescência com Ácido Clorídrico (HCl): indica presença de carbonatos;
- Efervescência com Hidróxidos (H_2O_2): indica presença de óxidos de manganês;
- Imersão em Hidróxido de Sódio (NaOH): indica presença de sílica.

Raízes

Podem indicar camadas compactas, pois vão delimitar a profundidade máxima que um solo pode atingir. Os fatores que determinam a livre penetração das raízes no solo são de ordem física e química. A presença de raízes vai indicar se um solo é profundo ou raso. Num solo profundo, a camada de solos é mais espessa e apresenta-se com mais raízes. Num solo raso, a presença de raízes é incipiente, principalmente devido à presença de rochas mais compactas, como observamos na Figura 6.



Figura 6 – Aspecto geral de um solo raso com poucas raízes, típico do Nordeste brasileiro

Fonte: <www.webventure.com.br/multimedia/fotos/foto_4.>. Acesso em: 25 mar. 2009.



Atividade 1

Dentre as várias características morfológicas dos solos, faça uma pesquisa sobre cimentação, nódulos e concreções minerais e raízes, mostrando a importância dessas características na Ciência Pedológica.

Características ambientais

É importante ficar atento a todas as características ambientais quando se vai estudar um tipo específico de solo. Abaixo, temos as principais características ambientais que devem ser lembradas quando se faz um levantamento ambiental mais específico:

- Localização;
- Situação e declive;
- Altitude;
- Litologia;
- Vegetação;
- Atividade biológica;
- Relevo local e regional;
- Erosão;
- Drenagem;
- Clima;
- Uso atual, e
- Pedregosidade e rochoso.

Intemperismo e composição dos solos

O intemperismo é, basicamente, uma combinação de destruição e de síntese. As rochas, que são o ponto de partida original no processo de intemperismo, dividem-se inicialmente em fragmentos menores, e eventualmente nos minerais específicos que as compõem. Num processo simultâneo, os fragmentos de rochas e os minerais que os compõem são atacados por forças de intemperismo e transformados em novos minerais, quer por pequenas modificações (alterações), quer por modificações químicas completas.

Essas modificações são acompanhadas por redução contínua do tamanho das partículas e por liberação de componentes solúveis, a maioria sujeita a carreação pelas águas de drenagem (BRADY, 1983, p. 290). Então, o produto do intemperismo é que vai compor os vários tipos de solos existentes na natureza. Para rever os tipos de intemperismo e como eles interferem na composição dos solos, vá até a Aula 7 desta disciplina.

Climatologia e Pedogênese

Ao longo do tempo, com os estudos climatológicos, percebeu-se que o clima interfere na vida do homem e vice-versa. Dentre as influências, uma merece destaque, que é a interferência na formação do solo.

Estudando um pouco da Ciência Geológica, notamos que a climatologia tem muito a ver com a formação do solo, e que na maior parte dos solos ocorrem transformações devido à interação com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera, gerando o intemperismo.

Como você já viu, o intemperismo é o conjunto de ordem física e química (e biológica) que as rochas sofrem ao aflorarem na superfície da Terra. Um fator muito importante que controla o intemperismo é o clima, pois em cada região (e seus climas diferentes) teremos solos variados.

Alguns climas mostrados a seguir possuem características próprias; portanto, vão formar solos diferentes e variados. Por exemplo:

- **Clima Frio Polar ou de Altas Montanhas** (Figura 7): as temperaturas médias são muito baixas, e ficam em torno de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. No verão, chegam aos $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, e no inverno podem alcançar os $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. São regiões de ventos intensos e que ficam cobertas de neve a maior parte do ano. No inverno, há dias em que o Sol não nasce, e em certos dias no verão ele não se põe. Ocorrem nas costas eurásianas do Ártico, Groenlândia, Norte do Canadá, Alasca e Antártida. O índice pluviométrico é muito baixo, e se produz em forma de neve.



Figura 7 – Paisagem de um ambiente de clima frio polar

- **Clima Tropical** (Figura 8): é caracterizado por temperaturas elevadas todos os meses do ano – em torno de 18 °C ou superiores. Ocorre em países de clima tropical localizados ao longo da Linha do Equador, como o Brasil.



Figura 8 – Paisagem típica de um ambiente de clima tropical

O intemperismo, junto com a pedogênese, altera as rochas em sua estrutura, onde surge uma importante reorganização e transferência dos minerais formadores do solo.

As variações de temperatura ao longo dos dias e noites e ao longo das diferentes estações do ano causam expansão e contração térmica nos materiais rochosos onde acontece a fragmentação dos grãos minerais, o que é um fator primordial na formação do solo.

A mudança cíclica de umidade também pode causar expansão e contração e, em associação com a variação térmica, provoca um efetivo enfraquecimento e fragmentação das rochas. Esse mecanismo é especialmente eficiente nos **desertos**, onde a diferença de temperatura entre o dia e a noite é muito marcada (veja a Figura 9).



Greta de contração

Fendas produzidas devido a processos de desidratação que atingem as argilas dos solos, provocando a aparecimento de formas poligonais. (SOUZA et al, 2004, p. 413).



Figura 9 – Estrutura do tipo **greta de contração**, causada pela variação térmica (intemperismo físico)

Considerando que todos os fatores atuam conjuntamente na formação dos solos, o clima e a vegetação são os formadores ativos que, condicionados pelo relevo, são os responsáveis pelas forças que atuam sobre as rochas sobre um determinado período de tempo.

Notadamente, o clima exerce nítida influência na formação dos solos. Porém, devemos distinguir o clima da atmosfera acima do solo e o clima dentro do solo, denominado **clima do solo**.

O clima é formado por uma série de fatores denominados fatores climáticos, e os mais importantes são **temperatura, precipitação e umidade**.

Como fator pedogenético, o clima atua na decomposição das rochas primitivas, produzindo materiais originários e promovendo a formação dos solos pelas alterações que acarretam nesses materiais, por modificação de forma e composição de constituintes. O clima condiciona migrações de produtos, quer em solução, quer em suspensão, ocasionando perdas e mesmo destruição do solo formado através da remoção de compostos em solução nos transportes mecânicos, pela ação das águas que escoam para os rios e oceanos, e pela ação do vento.

Notamos que nas regiões frias ou secas predomina o intemperismo mecânico ou físico, com a desagregação ou fragmentação das rochas; já em climas quentes e úmidos, predomina o intemperismo químico, isto é, minerais primários são transformados em minerais e produtos secundários.

Nas regiões frias e secas, devido à predominância do intemperismo físico ou mecânico, predomina nos solos as frações **silte e areia fina**, ao passo que nos trópicos, devido à alta temperatura e precipitação, predomina no solo a fração **argila**.

Em temperaturas abaixo de zero grau, as reações químicas no solo praticamente cessam. Observamos também que o intemperismo nas regiões tropicais é três vezes mais rápido que nas regiões temperadas e nove vezes mais rápido que nas regiões árticas. Para cada 10 °C de temperatura, a velocidade das reações químicas duplica ou triplica.

A formação dos solos salinos é uma consequência da escassez das chuvas e de um movimento ascendente das águas. Nos climas áridos e semiáridos, como o do Nordeste brasileiro, onde as precipitações são reduzidas e as temperaturas elevadas, originam-se solos nos quais é nula ou muito diminuta a remoção de bases. Por outro lado, nas regiões de climas tropicais e subtropicais úmidos, a lixiviação excessiva acarreta a formação de solos ácidos.

O clima tem um importante efeito, sobretudo na quantidade total de água fornecida. Consequentemente, na drenagem do solo, que é muito importante para o homem decidir o que plantar, pois cada vegetal comporta um tipo de solo.

Vê-se, então, que o solo é muito importante na evolução e na vida do ser humano: determina o lugar em que esse ser humano escolhe para morar; e para isso, faz-se necessário conhecer o solo, para que assim se saiba como aproveitá-lo e manter sua subsistência.

Assim, o estudo do clima, bem como o do solo, deve ser abordado pela Ciência Geográfica, já que os homens mantêm relações de interdependência com esses aspectos do meio. Sendo assim, é de suma importância que os geógrafos dediquem-se às pesquisas desse contexto, buscando cada vez mais a otimização do aproveitamento do ambiente e desenvolvendo atividades conscientes que visem, além do desenvolvimento econômico, a preservação ambiental.



Atividade 2

Nas regiões frias e secas, como se comportam os solos quanto ao clima e à pedogênese?

Resumo

Nesta aula, você compreendeu as relações entre a pedogênese e a morfogênese, segundo o tipo de clima, e a morfologia dos solos. Assim, você estudou as características morfológicas e ambientais e o intemperismo e a composição dos solos, seus conceitos e sua importância na ciência pedológica.

Autoavaliação

1

Defina e diferencie Morfologia de Morfologia dos Solos. Pesquise na biblioteca do seu polo e na Internet e faça uma descrição dos tipos de solos existentes no seu município.

2

Faça uma análise comparativa entre perfil de solo e horizonte de solo, enfatizando sua sequência normal de ocorrências de horizontes no perfil do solo, sua simbologia e definição.

3

Quanto às características morfológicas dos solos, cite, explique e exemplifique a diferença entre cor, textura e estrutura dos solos.

4

Ainda quanto às características morfológicas dos solos, cite, explique e exemplifique a diferença entre consistência, porosidade e cerosidade dos solos.

5

Quando se vai estudar um tipo específico de solo, é importante ficar atento a todas as características ambientais da área em estudo. Cite e comente as principais características ambientais que devem ser lembradas quando se faz um levantamento ambiental mais específico.

6

Disserte sobre as relações entre a Climatologia e a Pedogênese no processo de formação do modelado terrestre.

Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Liv. Freitas Bastos, 1979. 355p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado**. 2. ed. Planaltina, DF: [s.n], 1976. v 1.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de classificação dos solos**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.
- _____. **Sistema de classificação dos solos**. 2. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459p.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEPE, 1992. 201p.
- PEDELABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du clime**. Tradução de Neide Aparecida Barrios. Paris: IPEA/UNESP, 1970.
- SOUZA, Julio Seabra Inglez et al. **Enciclopédia agrícola brasileira: E-H**. São Paulo: Edusp, 2004.
- TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, Wilson et al. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

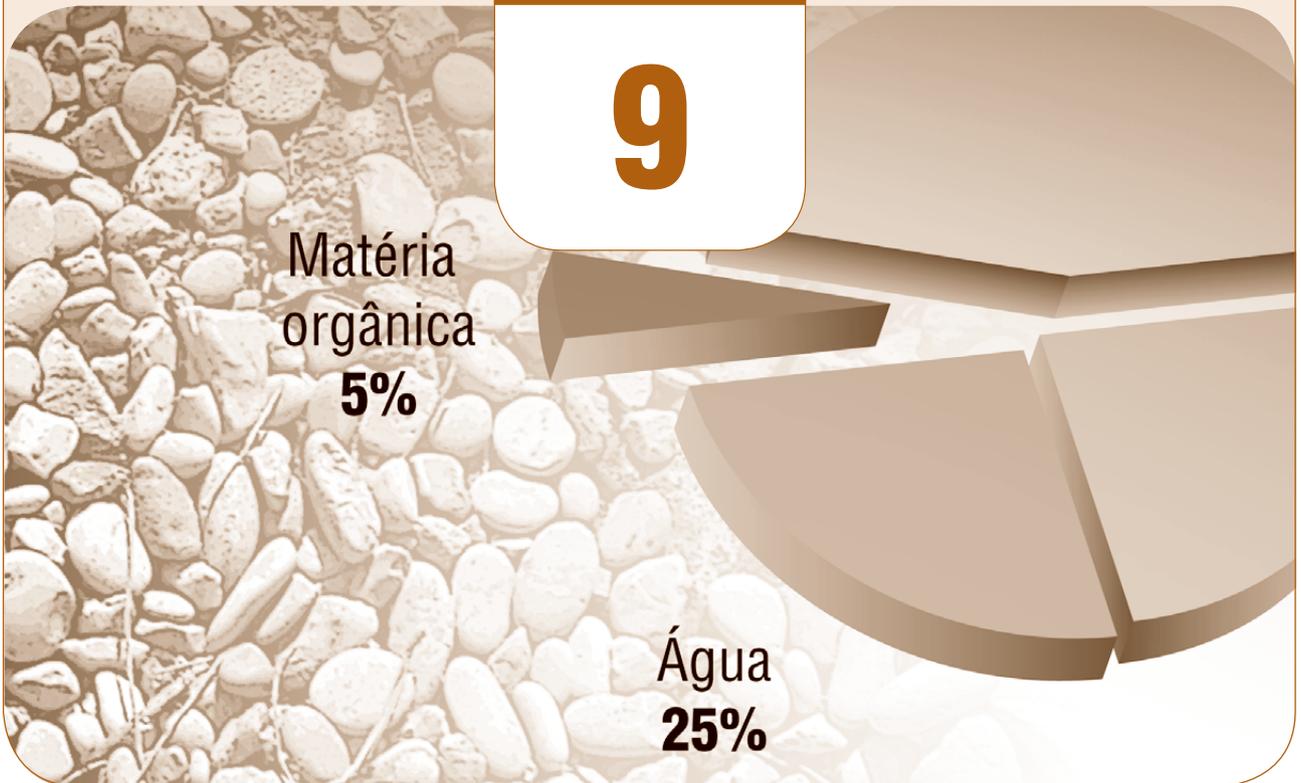
Propriedades dos solos – características químicas e mineralógicas

Aula

9

Matéria
orgânica
5%

Água
25%



Apresentação

O solo – fisicamente falando – é um meio poroso, não rígido, tridimensional, formado por partículas que possuem complexidades de formas, tamanhos e estruturas mineralógicas, de maneira a apresentar uma grande área superficial. Nesta aula, identificaremos as características químicas e mineralógicas dos solos, assim como suas respectivas propriedades de uso e manejo. Estudaremos, também, as características dos solos brasileiros.

Objetivos

- 1** Entender a importância das propriedades dos solos e de suas aplicações na ciência pedológica.
- 2** Diferenciar as principais características químicas e mineralógicas dos solos.
- 3** Diferenciar as principais características dos solos brasileiros.



Definição de solo

O solo é constituído de camadas ou horizontes de compostos minerais e/ou orgânicos, com diferentes espessuras, que constituem o denominado perfil de intemperismo. Pode ser definido como um conglomerado de corpos naturais ocorrendo na superfície terrestre, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar vegetação. É, portanto, a camada superficial da crosta terrestre em que se sustenta a vegetação; é formado por diversas partículas de rochas em diferentes estágios de decomposição, água e substâncias químicas dissolvidas, ar, organismos vivos e matéria orgânica.

Conhecendo os solos

O conhecimento das propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos pode auxiliar na adoção do melhor manejo do solo. Além disso, pode contribuir no entendimento do comportamento do solo e das plantas, pois cada solo e cada espécie possuem diferentes comportamentos e características em relação ao seu manejo.

Propriedades dos solos

Todo solo é composto de três fases. A primeira, a **fase sólida**, é constituída por material rochoso (local ou transportado) e material orgânico, originário da decomposição vegetal e/ou animal. A segunda, a **fase líquida**, corresponde à água ou a solução do solo (elementos orgânicos e inorgânicos em solução). A última fase, a **gasosa**, é de composição variável, de acordo com os gases produzidos e consumidos pelas raízes das plantas e dos animais (CO_2 e O_2). Veja a Figura 1 abaixo.

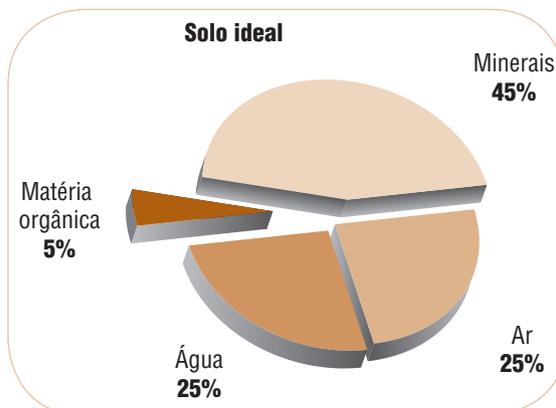


Figura 1 – Elementos constituintes do solo.

Fonte: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo/propriedades.asp>>. Acesso em: 19 mar. 2009.

Um solo ideal é aquele que apresenta uma boa aeração (porosidade) e consegue reter boa parte da água, além de possuir um bom armazenamento de calor e pouca resistência mecânica ao crescimento de raízes.

As propriedades físicas, químicas e mineralógicas (e até as biológicas) dos solos são determinadas pelo processo geológico de sua formação, pela origem dos minerais e sua evolução de acordo com o clima e o relevo do local, além dos organismos vivos que o habitam (veja a Figura 2 abaixo).

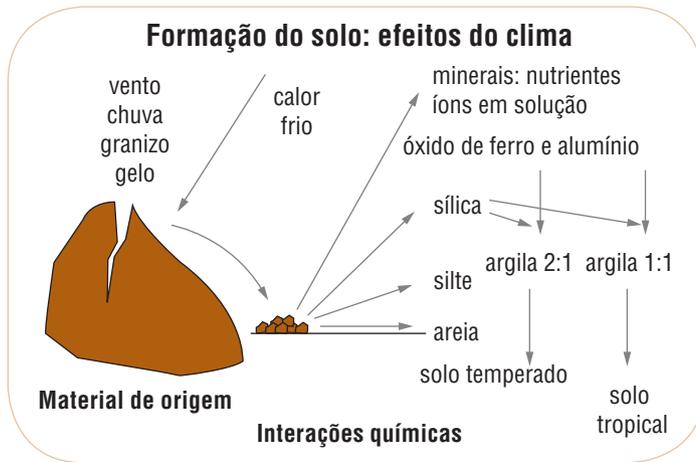


Figura 2 – Processos de formação do solo.

Você lembra das propriedades físicas dos solos, como textura, estrutura, porosidade/permeabilidade, cor e consistência, vistos na Aula 8, Relação entre pedogênese e morfogênese e morfologia dos solos? Eles são responsáveis pelos mecanismos de atenuação física de poluentes, como filtração e lixiviação (lavagem), possibilitando, ainda, condições para que os processos de atenuação química e biológica possam ocorrer.

As propriedades químicas dos solos (pH, teor de nutrientes, capacidade de troca iônica, condutividade elétrica e matéria orgânica) são, ao lado da atividade biológica, responsáveis pelos principais mecanismos de atenuação de poluentes nesse meio.

A matéria orgânica (húmus) do solo inclui todos os compostos orgânicos, exceto os materiais não decompostos e os organismos vivos (biomassa). A matéria orgânica pode ajudar no aquecimento do solo e no suprimento de nutrientes para as plantas, permite troca de gases, estabiliza a estrutura e aumenta a permeabilidade. Na Figura 3 abaixo observamos o processo de compostagem, realizada pela decomposição de organismos no solo.

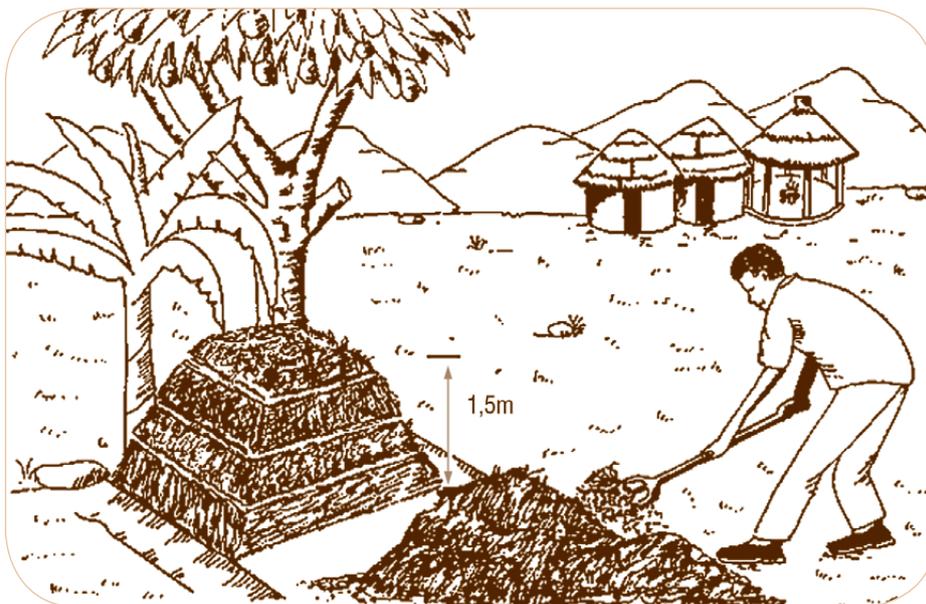


Figura 3 – Processo de compostagem do solo.

Fonte: <www.fao.org/docrep/007/x3996p/x3996p0v.htm>. Acesso em: 19 mar. 2009.

Características químicas dos solos

O solo, como sistema tridimensional, com diferentes constituintes na fase sólida, apresenta um grande número de propriedades químicas próprias. Você vai ver, aqui, as mais importantes para sua caracterização e compreensão dos processos pedogenéticos.

Superfície específica

É a superfície das partículas por unidade de peso (expresso em m^2/g). As partículas caracterizam-se por apresentar uma alta superfície específica. A superfície específica determina a amplitude das reações entre a fase sólida e as fases líquidas e gasosas. Varia em função do tamanho e tipo dos minerais. A Tabela 1 abaixo ilustra o aumento da superfície específica à medida que um cubo de um grama é subdividido em partículas da mesma forma, com arestas menores.

Tabela 1 – Relação entre tamanho de partículas e superfície específica.

Aresta (mm)	Número de partículas	Superfície específica (m^2/g)	Fração do solo correspondente
10	1	0,0006	cascalho
1	10^3	0,006	areia grossa
0,1	10^6	0,06	areia fina
0,01	10^9	0,6	silte
0,001	10^{12}	6,0	argila

Cargas elétricas

Em geral, as partículas apresentam cargas elétricas quando colocadas em um meio líquido polar, como é o caso da água. As cargas elétricas podem ser negativas ou positivas.

Origem das cargas negativas e positivas dos solos

As cargas negativas existentes no solo podem ser classificadas em cargas permanentes e cargas dependentes do pH. As **cargas permanentes** são cargas que não aumentam ou diminuem com pH e ocorrem nas argilas expansivas e não expansivas, como montmorilonita, vermiculita, illita etc. Já as **cargas negativas dependentes de pH** variam com esse pH, aumentando à medida que ele aumenta e diminuindo à medida que ele diminui. São as que ocorrem em maior

quantidade em solos tropicais, solos estes que, em sua maioria, possuem argilas e óxidos de *Fe* e *Al*. Por último, temos a origem das **cargas positivas** do solo, que normalmente ocorrem em menor quantidade que as cargas negativas, mas prestam importante função, uma vez que são responsáveis pela adsorção de ânions (muitos dos quais são nutrientes). São sempre dependentes do pH, aumentando à medida que este diminui.

Adsorção e troca de íons

As propriedades de adsorção e troca de íons do solo resultam basicamente da interação entre a fase líquida e a fase sólida do solo. Denomina-se adsorção e troca de íons o processo reversível pelo qual os íons da solução do solo são adsorvidos pelas partículas coloidais, deslocando outros previamente adsorvidos e de carga elétrica de mesmo sinal. Esse fenômeno é, sem dúvida, o evento físico-químico de maior importância no solo, pois é ele que define as transformações dos solos, desde a sua gênese.

Acidez do solo

A acidez do solo pode ser dividida em dois tipos: acidez ativa e acidez potencial. Essa acidez é percebida em uma escala de pH que varia de 0,0 (zero) a 14 (catorze). Por exemplo, o pH 7 é considerado **neutro**, os valores de pH menores que 7 são considerados **ácidos** e os valores de pH maiores que 7 são **alcalinos**. Nos solos, a amplitude de pH varia de 3 a 9, embora os valores mais comuns ocorram na faixa intermediária.

A acidez do solo afeta significativamente as características químicas, físicas e biológicas do solo e a nutrição das plantas. A acidez do solo é comum em todas as regiões onde a quantidade de chuva é suficientemente elevada para lixiviar teores apreciáveis de cátions básicos. Isso explica a frequência de solos ácidos nas regiões tropicais e subtropicais úmidas. A acidificação é, portanto, um processo natural.

Importância dos fatores químicos

Intemperismo químico envolve processos complexos que alteram as estruturas internas dos minerais pela remoção e/ou adição de elementos. Durante essa transformação, a rocha original se decompõe em substâncias que são estáveis no ambiente de superfície. Conseqüentemente, os produtos do intemperismo químico vão se manter essencialmente inalterados enquanto o ambiente permanecer similar àquele onde foram formados.

A água é o fator mais importante do intemperismo químico. Embora água pura não seja reativa, uma pequena soma de material dissolvido geralmente é tudo que é necessário para ativá-la.

Fatores climáticos, particularmente temperatura e umidade, são de grande importância na taxa de intemperismo das rochas. O ambiente ideal para o intemperismo químico é a combinação de temperaturas quentes e elevada umidade.

Os efeitos do intemperismo químico na composição química das rochas são aparentes pela comparação das concentrações dos óxidos dos elementos maiores em amostras frescas e intemperizadas de uma rocha.

Em suma, a composição química dos materiais é um fator importante, mas não principal. Os fenômenos geológicos concorrem para a formação de solos e não sua destruição.



Atividade 1

Defina e descreva as principais características químicas dos solos.

Características mineralógicas dos solos

Todos os solos são compostos essencialmente de minerais, raízes/plantas, água/ar, poluentes e espaços vazios.

Os minerais que constituem as rochas apresentam estabilidade variada ao intemperismo, sendo em geral tanto mais resistentes quanto mais abundantes forem as suas ligações químicas. Os minerais mais comuns são provenientes de rochas básicas, como o basalto, ou rochas ácidas, como o granito.

A maior ou menor presença de minerais nos solos reflete o grau mais ou menos avançado de seu estágio de intemperismo.

Os minerais, portanto, são fontes de nutrientes para as plantas, que ao se desintegrarem das rochas pelo intemperismo, misturam-se a novos solos.

Os minerais mais comuns nos solos são mica, feldspatos, quartzo (Figura 4) e biotita (Figura 5).



Figura 4 – Aspecto geral de um cristal de quartzo.

Fonte: <br.geocities.com/sabedoria_gnostica/cristal.jpg>. Acesso em: 19 mar. 2009.



Figura 5 – Aspecto geral de um cristal de biotita.

Fonte: <www.mineralesdecordoba.com/riobembezar_.htm>. Acesso em: 19 mar. 2009.

Características dos solos residuais brasileiros

Os solos mais comuns no Brasil, suas características e seus problemas devem ser conhecidos por todos, pois só assim é possível traçar a melhor forma de se lidar com suas deficiências e/ou tirar vantagem de suas características. Os solos mais comuns encontrados no Brasil, segundo EMBRAPA (1999), são:

- **Alissolos:** termo novo cunhado para abrigar os anteriormente denominados de Rubrozéns, Podzólicos Bruno-Acinzentados Distróficos ou Álicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos Ta Distróficos ou Álicos e alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Tb.
- **Argissolos:** termo novo cunhado para compreender os anteriormente denominados Podzólicos Vermelho-Amarelos e Podzólicos Vermelho-Escuros, além dos Podzólicos Amarelos, todos Distróficos, Eutróficos ou Álicos. Assim como uma pequena parte das Terras Roxas Estruturadas, das Terras Roxas Estruturadas Similares, das Terras Brunas Estruturadas e das Terras Brunas Estruturadas Similares que apresentam gradiente textural suficiente para horizonte B textural, tendo sido por isso excluídas da classe dos Nitossolos, na qual foram incluídas as restantes das Terra Roxas Estruturadas, das Terras Roxas Estruturadas Similares, das Terras Brunas Estruturadas e das Terras Brunas Estruturadas Similares. Veja, na Figura 6 a seguir, um exemplo da distribuição dos solos numa paisagem típica do Nordeste brasileiro, paisagem onde o Argissolo está presente.

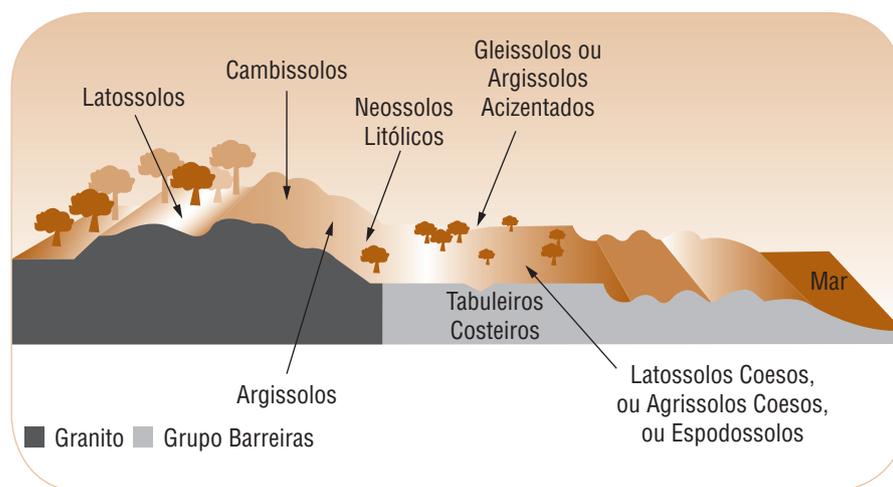


Figura 6 – Solos-paisagens na região Nordeste do Brasil.

Fonte: <www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>. Acesso em: 19 mar. 2009.

- **Cambissolos:** não houve mudança no conceito e na denominação da classe. Compreendem, portanto, todos os anteriormente denominados Cambissolos Eutróficos, Distróficos e Álicos, quer sejam Tb ou Ta, com exceção dos Cambissolos Ta e com A Chernozêmico, os quais foram incluídos na classe dos Chernossolos;
- **Chernossolos:** termo novo, que engloba os anteriormente denominados de Brunizéns, Rendizinas, Brunizéns Avermelhados e Brunizéns Hidromórficos.
- **Espodossolos:** termo novo que compreende os anteriormente denominados de Podzóis, inclusive os Podzóis Hidromórficos. É importante assinalar que, atualmente, os critérios identificadores do horizonte diagnóstico B espódico são mais precisos e quantitativos do que os definidos anteriormente; contudo, o conceito da classe é o mesmo.
- **Gleissolos:** compreendem os solos anteriormente denominados de Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos; os Hidromórficos Cinzentos; porém, sem mudança textural abrupta, pois estes foram incluídos na classe dos Planossolos; os Gleis Tlomórficos e os Solonchacks com horizonte glei a menos de 50 cm de profundidade, os quais constituem a maioria dos solos brasileiros com caráter sálico, manifestando-se a pouca profundidade.
- **Latossolos:** não houve mudanças no conceito e na definição da classe. Incluem todos os solos anteriormente denominados de Latossolos, com exceção de alguns Latossolos Plínticos, que foram agora inclusos na classe dos Plintissolos.
- **Luvisolos:** termo novo que compreende um agrupamento de solos com argila de atividade alta e eutróficos, formado pelos anteriormente denominados Brunos Não-Cálcicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos Ta Eutróficos e os Podzólicos Bruno-Acinzentados Eutróficos. Também estão inclusos nessa classe os anteriormente denominados Brunizéns Avermelhados, com horizonte, na época, chamado de A Chernozêmico.
- **Neossolos:** termo novo que compreende as classes dos anteriormente denominados Solos Litólicos, Solos Aluviais, Regossolos e Areias Quartzosas (inclusive as marinhas e hidromórficas), cada qual constituindo agora uma subordem (veja a Figura 7).



Figura 7 – Solo do tipo Neossolo, formado, também, por areias quartzosas marinhas.

- **Nitossolos:** termo também novo, que compreende o conjunto das anteriormente denominadas Terras Roxas Estruturadas, Terras Roxas Estruturadas Similares, Terras Brunas Estruturadas, Terras Brunas Estruturadas Similares e ainda alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos e Podzólicos Vermelho-Escuros.
- **Organossolos:** compreendem os anteriormente denominados Solos Orgânicos, Solos Semiorgânicos, Solos Tiomórficos Turfosos e Solos Litólicos Turfosos com horizonte hístico (anteriormente denominado de horizonte turfoso) com mais de 30 cm de espessura.
- **Planossolos:** compreendem os anteriormente denominados Planossolos, Solonetz-Solodizados e Hidromórficos Cinzentos com mudança textural abrupta.
- **Plintossolos:** compreendem as anteriormente denominadas Lateritas Hidromórficas, parte dos Podzólicos Plínticos, parte dos Glei Húmicos Plínticos e dos Glei pouco Húmicos, além de alguns possíveis Latossolos Plínticos.
- **Vertissolos:** compreendem os anteriormente denominados Vertissolos, inclusive os Vertissolos Hidromórficos (veja a Figura 8).



Figura 8 – Nos solos do tipo Vertissolo é comum a prática do cultivo da cana-de-açúcar.

Fonte: <www.pedologiafacil.com.br/enq_30.php>. Acesso em: 19 mar. 2009.

A classificação dos solos do Brasil, feita pela EMBRAPA (1999), veio simplificar o estudo dos solos brasileiros, agrupando em 14 classes todos os tipos de solos encontrados em nosso território.



Atividade 2

Os solos do tipo Organossolos compreendem solos ricos em **turfas** – são solos orgânicos. Com base nessa informação, pesquise na biblioteca de seu polo e na internet e defina o que é turfa, sua composição e as áreas no Brasil onde ocorrem os solos turfosos.

Resumo

A aula abordou as diversas características químicas e mineralógicas dos solos. Dentre os temas, destacamos a formação dos solos, seu comportamento químico e distribuição catiônica. A partir desses termos, formamos conceitos, determinamos o comportamento dos solos e suas ocorrências no Brasil.

Autoavaliação

1

Classifique e defina as características dos solos residuais brasileiros.

2

Faça um levantamento comparativo entre as principais características de solos em regiões tropicais e regiões temperadas.

3

Faça um breve resumo das propriedades químicas dos solos enaltecendo suas principais características.

4

A matéria orgânica (húmus) do solo inclui todos os compostos orgânicos, exceto os materiais não decompostos e os organismos vivos (biomassa). Cite os organismos do solo que são responsáveis pelos processos de decomposição.

5

Com base na classificação dos solos residuais brasileiros, faça um resumo comparativo entre os Nitossolos e Vertissolos e tente descrever a importância desses solos para a agricultura.

6

Pesquisa e discorra sobre as rochas metamórficas e seus respectivos minerais mais comuns no Estado do Rio Grande do Norte, dando ênfase à sua distribuição (na região ou município) e sua importância econômica na atualidade.

7

Pesquise e discorra sobre as rochas ígneas e seus respectivos minerais mais comuns no Estado do Rio Grande do Norte, dando ênfase à sua distribuição (na região ou município) e sua importância econômica na atualidade.

8

Pesquise e discorra sobre as rochas sedimentares e seus respectivos minerais mais comuns no Estado do Rio Grande do Norte, dando ênfase à sua distribuição (na região ou município) e sua importância econômica na atualidade

Referências

BERTONI, Joaquim; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Liv. Freitas Bastos, 1979. 355p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p.

FASSBENDER, H. **Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina**. Turrialba: IICA, 1975. 374 p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

MORELLI, M. **Apostila didática da disciplina de morfologia e gênese do solo**. Santa Maria, RS: Departamento de Solos - CCR – UFSM, 1986. 27 p.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005.

Anotações

Uso e conservação do solo: produção agrícola e manejo de bacias hidrográficas

Aula

10



Apresentação

O entendimento do uso e conservação dos solos é de suma importância devido às causas do esgotamento de nossos solos pela erosão, e estas causas podem ser controladas. Todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência dos solos ou diminuir as forças do processo erosivo denominam-se de práticas conservacionistas. Nesta aula, identificaremos as características e técnicas de uso e conservação dos solos, suas práticas agrícolas e o manejo de bacias hidrográficas.

Objetivos

- 1 Identificar os usos e conservações dos solos.
- 2 Entender como se dão as práticas agrícolas e o manejo das bacias hidrográficas.
- 3 Identificar a importância do estudo das práticas agrícolas e do manejo das bacias hidrográficas para a escassez de alimentos e a degradação do meio ambiente.



A importância dos solos

Como você vem acompanhando na nossa disciplina, os solos são resultados da fragmentação de rochas ocasionada por processos de desintegração física, química e biológica das mesmas, além dos desgastes ocasionados por processos erosivos a partir da ação do calor, dos ventos, das águas das chuvas e de microrganismos. O solo é uma fina camada que cobre as rochas.

O solo é de fundamental importância para a humanidade, pois é um recurso natural renovável, uma vez que pode ser usado diversas vezes, desde que se tenha certo cuidado e nele se faça o manejo correto.

É neste ambiente que os vegetais se desenvolvem e se fixam, além do fato desse ambiente favorecer o plantio de alimentos para a humanidade e animais domésticos. O solo também é responsável pelo sustento de todos os seres vivos, uma vez que deve ser levado em conta o processo de cadeia alimentar. A fertilidade dos solos é resultado da decomposição de matéria orgânica como folhas, galhos, troncos e também de restos de animais. Com isso, os solos podem ser férteis, mas também inférteis. E estes são gerados a partir da sua degradação, tornando-se descartáveis para a produção agrícola. Além disso, apresentam espessuras variadas.

Como você viu na Aula 7 – Gênese dos solos, as composições dos solos variam de acordo com a combinação química, física e biológica. O intemperismo que atua nas rochas produz a fragmentação, favorecendo a entrada de ar e água na sua composição. Esses elementos criam condições favoráveis de proliferação de microrganismos que exercem a função de decompor toda a matéria orgânica, fertilizando o solo. Nesse solo, encontramos água, oxigênio e diferentes minerais e microrganismos. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será a quantidade de húmus. Você se lembra o que é húmus?

Húmus ou humo é a matéria orgânica depositada no solo, resultante da decomposição de animais e plantas mortas. O processo de formação do húmus é chamado de humificação e pode ser natural, quando produzido por bactérias e fungos do solo (organismos decompositores), ou artificial, quando o homem induz a sua produção adicionando produtos químicos e água a um solo pouco produtivo. Agentes externos, como umidade e temperatura, contribuem para a humificação. Na formação do húmus há liberação de diversos nutrientes, tendo como principal o nitrogênio.

Recursos naturais de caráter renovável

O acelerado aumento da população do mundo e a produção de alimentos nos últimos 100 anos são reconhecidamente duas das maiores preocupações da humanidade. Muita gente no mundo significa mais alimento para ser produzido, mais consumo e mais degradação do meio ambiente. A produção de grãos, carnes, leite e matéria-prima para vestuário e moradia representa, a longo prazo, uma diminuição da produtividade da terra.

Embora vários países tenham serviços especializados para programas conservacionistas, os resultados desses esforços mostram apenas uma lenta diminuição na destruição dos solos. Há duas razões fundamentais para a falta de um marcante sucesso: **a)** as restrições de exploração do solo são inaceitáveis pelo povo e governo, pois tal exploração está fornecendo uma imediata prosperidade aos indivíduos e à nação; e **b)** em um mundo faminto, é difícil restringir a provisão de alimentos, mesmo que isso possa significar, a longo prazo, uma redução da produtividade.

A conservação dos recursos naturais de caráter renovável não é da responsabilidade de uns poucos especialistas, técnicos oficiais ou militares entusiasmados; cada indivíduo, empresa ou organização deve tomar parte na tarefa da preservação dos recursos que formam a base da economia da nação.

Pastagem

A pastagem é um dos principais tipos de vegetação que formam uma cobertura do solo. A área coberta pela pastagem está na dependência direta das condições de clima e solo; porém, muitas vezes outros fatores exercem acentuada influência, tais como o fogo, os insetos, as pragas, moléstias e a atividade humana.

Muitas de nossas pastagens têm sido bastante danificadas pelo excessivo pastoreio, e a revegetação natural é bastante lenta, especialmente quando nesses campos ainda permanece o gado. Além disso, pode-se acrescentar, como mau manejo da pastagem, a sua utilização muito prematura ou tardia e a má distribuição do gado na área.

Para o seu melhoramento, podem ser usados métodos culturais, a saber: **a)** construção de sulcos e camalhões (aberturas paralelas e/ou perpendiculares ao sentido da erosão), como na Figura 1, com a finalidade de prevenir a erosão e reter a água da chuva, sobretudo em regiões secas; **b)** construção de canais de diversão ou terraço nas áreas sujeitas à erosão, particularmente quando uma nova pastagem está sendo estabelecida; **c)** aplicação de fertilizantes; **d)** destruição de arbustos; **e)** operações culturais; **f)** construção de cercas para isolamento da área; e **g)** controle da distribuição do gado.



Figura 1 – Os camalhões permitem conduzir a água diretamente para as raízes das plantas.

Fonte: <<http://www.fao.org/docrep/007/x3996p/x3996p0f.gif>>. Acesso em: 21 maio 2009.

A floresta

A floresta é nosso maior recurso natural de caráter renovável: conserva a água a utilizar na irrigação; protege o solo; regula o volume de nascentes; fornece áreas de recreação e é ambiente adequado à fauna. Com um manejo apropriado, além desses múltiplos usos, pode dar ocupação e renda econômica para milhões de pessoas.

As florestas ocupam hoje 42% da área total do globo terrestre. Uma grande área florestal pode conter mais de mil espécies, das quais mais de cem podem ter significado econômico. Parte de nossas florestas foi impiedosamente destruída pelos nossos colonizadores, e atualmente, com a abertura de empreendimentos agrícolas, medidas de adoção de uma política florestal procuram preservar esse recurso natural.

A madeira tem exercido um papel vital no desenvolvimento dos países. Ela pode ser empregada em fibra, alimento, combustível, derivados químicos, estruturas e construções.

O valor das florestas como regulador das nascentes e do controle da erosão é bem conhecido. Sua função hidrológica não é a mesma em todos os tipos de topografia; nos terrenos planos, o efeito da cobertura florestal no controle das enchentes não é tão pronunciado como nos montanhosos. Os processos desenvolvidos por ela, como reguladora de enxurradas, podem ser explicados pelo fato de que um bom manejo da floresta é uma integração biológica da comunidade florestal com o clima e com o solo superficial; a parte superior é protegida pela copa das árvores, e a superfície do solo, com folhas, galhos e matéria orgânica em vários estágios de decomposição, além da abundância de microrganismos, que mantêm o solo poroso para absorver grandes quantidades de água.



Figura 2 – Floresta Amazônica, a maior floresta tropical do mundo.

Fonte: <<http://blogdotop.wordpress.com/2008/10/06/preserve-a-amazonia/>>. Acesso em: 21 maio 2009.

A floresta bem manejada é o abrigo ideal da fauna: fornece segurança para a criação de espécies, água, alimentos, morada e proteção. Alguns animais vivem na copa das árvores, outros na superfície e outros abaixo da superfície. Assim, fica evidente que, nas operações de derrubada, o corte das árvores deve ser ajustado às condições de manutenção da população animal.

Em alguns países, o uso recreativo da floresta é muito grande. Entretanto, convém salientar que suas reservas florestais foram criadas para a preservação natural, científica e histórica das espécies e para divertimento e educação da população.

A melhor maneira de conseguir um suprimento contínuo de madeira é a proteção e o manejo das florestas, que têm sido danificadas pelo fogo, insetos, moléstias e corte desordenado.

O fogo é o grande inimigo das florestas. Pode ter várias causas: os fumantes descuidados, que lhe atiram restos de cigarros; incendiários, pelo prazer de atear fogo; os relâmpagos que caem em dias de trovoadas. Os insetos e as moléstias têm causado muitas perdas nas florestas, mas grandes progressos têm sido conseguidos nos métodos de controle dos insetos. Aviões pulverizadores com produtos químicos têm sido de grande eficiência; no entanto, têm custo proibitivo, e somente podem ser usados em pequenas áreas e situações de perigo iminente.



Atividade 1

Faça uma pesquisa sobre os tipos de método de pastagem mais comuns e identifique na sua cidade (ou região) as mais comuns adotadas pela população local.

A água

A necessidade de água é universal; entretanto, sua distribuição em todo o globo e sua aparente inesgotabilidade têm levado a humanidade a tratar esse importante recurso natural sem conservação. Em geral, tanto a escassez de água como os excessos resultam de um mau uso dos recursos naturais.

A importância universal da água como uma necessidade básica em todas as formas de vida faz de seu emprego um problema complicado de conservação. As várias maneiras de sua utilização criam um conflito de interesses. A vida depende da água, que inclui a bebida para o homem e animais, a água do solo para a vegetação, a da superfície para a população aquática, como uma fonte de energia, uso industrial, meio de transporte, meio de purificação e transporte de resíduos, e também, sem dúvida alguma, como forma recreativa.

Em geral, o suprimento de água está relacionado com a distribuição de chuvas na região, proporcionando o abastecimento de suas fontes: as águas superficiais e subterrâneas. A água de superfície é disponível pelos córregos, rios, lagos, lagoas, reservatórios, açudes e barragens. Já a água subterrânea é retirada diretamente por meio de poços ou em fissuras entre rochas; porém, grande parte é colhida nas nascentes (Figura 3).



Figura 3 – A água, a escassez anunciada.

Os problemas principais da conservação da água são os relacionados com sua quantidade e qualidade. Com a urbanização cada vez maior, o consumo tende a crescer. Vale lembrar que a urbanização e a industrialização não são as únicas causas de diminuição e poluição das águas, pois o desflorestamento, a erosão, as enchentes e a diminuição do nível do lençol freático são também problemas relacionados com a conservação da água.

Um bom programa de conservação da água para assegurar o abastecimento domiciliar e industrial deve ser fundamentado no reflorestamento e proteção da vegetação natural, na conservação do solo, no controle das enchentes e na conservação da fauna.

Fauna

A conservação da fauna significa o uso e manejo dos animais não domesticados para benefício de toda a população. Os animais nativos são parte integrante da cena em que vivemos, podendo ser utilizados na alimentação ou na confecção de vestimentas. Apesar do declínio de muitas espécies, o recurso renovável da fauna ainda é vasto. A restrição, ou mesmo a proibição da caça e pesca em determinadas regiões, é uma medida necessária para a preservação da fauna.

Entre as condições de uso do solo que causam o declínio de muitas espécies, estão: **a)** o pastoreio excessivo das áreas florestadas; **b)** os incêndios florestais; **c)** drenagem mal feita de áreas alagadas; **d)** as agrícolas, que nas áreas de cultura causam a morte de animais na sua estação de reprodução; **e)** as cercas elétricas; **f)** os herbicidas, que eliminam a única fonte de cobertura vegetal necessária ao abrigo de algumas espécies; e **g)** declínio de produtividade pela erosão, com profundo efeito na redução da fauna.

São necessárias campanhas de esclarecimento público no sentido de dar um conhecimento básico a respeito da Biologia das espécies, da introdução de espécies exóticas e da proteção às fêmeas, no interesse da preservação da fauna.

Basicamente, o solo, a água, a floresta e a conservação da fauna são partes de um programa inseparável. Assim, no que se refere à alimentação, esta deve ser disponível em todas as estações do ano, sendo problema sério nas regiões de inverno rigoroso. Com relação à cobertura do solo, deve estar de acordo com as exigências das espécies e próxima da água e alimento. A necessidade de grandes massas de água é evidente ao considerar os animais aquáticos ou semiaquáticos, como peixes, sapos, gansos, patos e cisnes. Devem ser evitadas as causas de dizimação das espécies, como as doenças, os parasitas, a depredação, a fome, os acidentes e a caça desordenada. Também é de grande importância para o manejo do recurso da fauna o estabelecimento de áreas de refúgio onde a caça seria proibida.



Atividade 2

Cite os principais fatores que causam o declínio de espécies, enfatizando suas condições de uso do solo.

Qualquer área geográfica pode estar sujeita a um plano. No planejamento agrícola, as suas diretrizes devem obedecer às linhas básicas de conservação dos recursos naturais de caráter renovável. Essa conservação envolve o conhecimento dos recursos, avaliação, preservação, uso eficiente e renovação. Um planejamento eficiente conservará o solo. Um bom uso da floresta, acompanhado de planejamento racional de reflorestamento, permitirá a continuação das indústrias que estão na dependência da madeira. Uma utilização racional da pastagem na combinação agricultura-produção animal estabelece uma condição ideal para a manutenção da fertilidade do solo, pois a vegetação densa assegura proteção ao solo. A vida depende da água como uma necessidade básica; a conservação da água depende da preservação dos outros recursos naturais de caráter renovável.

Faça a sua parte agora.

Produção agrícola

A fome não é nova no mundo. Tem sido uma ameaça constante à sobrevivência humana. Ao longo dos séculos, em algum lugar da Terra, a escassez de alimentos tem ocasionado miséria, doenças e até mortes de pessoas e animais. Porém, na História conhecida, a ameaça de inanição nunca foi maior do que atualmente. Esta ameaça não se prende a uma diminuição na capacidade mundial de fornecer alimentos. Na realidade, a capacidade atual é maior do que em qualquer época anterior e continua a crescer em ritmo razoável. A produção mundial de alimentos por pessoa está, na melhor das hipóteses, em equilíbrio; porém, está declinando em áreas específicas.

Aumento da população mundial

A ciência é a principal responsável pelo grande aumento no crescimento da população mundial, especialmente na expansão ocorrida nas nações em desenvolvimento. Até meados do século XX, os índices de nascimento na quase totalidade da América do Sul, na África e na Ásia eram anulados por índices de mortalidade igualmente elevados. Grande incidência de mortalidade infantil, carência de atendimento sanitário, pessoal médico inadequado e endemias propagadas por insetos eram as causas principais desses índices. Contudo, a expansão populacional se achava mantida em equilíbrio.

No decorrer das últimas décadas, os avanços da ciência médica com sua aplicação no mundo inteiro modificaram drasticamente tal situação. Os índices de mortalidade foram reduzidos, principalmente entre os jovens. Os pesticidas vêm mantendo sob controle tanto os mosquitos como outros transmissores de endemias. Foram organizados serviços de atendimento médico em áreas de países em desenvolvimento que eram totalmente desconhecidas. A população está duplicando na faixa dos 18 aos 27 anos nas regiões em desenvolvimento, onde vivem atualmente dois terços da população mundial.

Fatores que exercem influência sobre o suprimento mundial de alimentos

A capacidade de produzir alimentos de uma nação é determinada por inúmeras variáveis. Essas variáveis incluem fatores políticos, econômicos e sociais que exercem influência sobre os incentivos à produção do agricultor e à disponibilidade de insumos. Acham-se igualmente inclusos fatores físicos e biológicos, tais como: **a)** recursos naturais disponíveis (como solos e águas); **b)** tecnologia disponível (conhecimento dos vegetais, animais e solos); **c)** variedades melhoradas de vegetais e animais que correspondem a um manuseio apropriado; e **d)** disponibilidade de insumos para produção (como fertilizantes, inseticidas, água de irrigação etc.).

Cada um dos fatores citados é influenciado pela qualidade e quantidade de solo, pela sua produtividade e pelos efeitos do manuseio. Há fortes razões para incluir as propriedades do solo na lista de requisitos para um adequado suprimento de alimentos de âmbito mundial.

Os recursos do mundo em terras

Existe um total mais ou menos 13 bilhões de ha (hectares) de terra nos principais continentes (Quadro 1). Entretanto, a maioria das terras não é agricultável; cerca de metade não se presta à aração. É montanhosa, demasiadamente fria, muito íngreme; pode ser pantanosa; em região desértica, pode ser muito seca para qualquer vegetação.

Cerca de um quarto da área terrestre dispõe de vegetação suficiente para proporcionar pastejo animal, mas por várias razões não pode ser cultivada. Resta, portanto, cerca de 25% da terra com condições físicas para cultivo. E apenas metade desta terra arável encontra-se sob cultivo. É evidente que o tipo de solo e sua reação às práticas de manuseio poderão eventualmente corresponder à solução para uma adequada produção de alimentos.

Zona climática	Potencialmente arável	Pasteio	Não arável	Total
Polar e Subpolar	0,0	0,0	1,38	1,38
Boreal Temperada Fria	0,12	0,47	4,28	4,87
Temperada Fresca	2,24	2,46	2,48	7,18
Subtropical Temperada Quente	1,37	2,08	3,38	6,83
Tropical	4,13	4,02	4,08	12,23
	7,86	9,02	15,60	32,50

Quadro 1 – Área terrestre do mundo nas diversas zonas climáticas. Áreas em bilhões de acres.

Fonte: Brady (1979, p.608).

É realmente uma pena que não haja melhor distribuição de terra arável em relação às densidades de população. É elevada a área de terra cultivada na América do Norte, na Rússia, Austrália e Nova Zelândia. É pequena na Ásia e Europa, e não é muito maior na América do Sul e África; o que não representa ser problema sério na Europa e nas regiões de maior desenvolvimento econômico da Ásia. Eles já adquirem os alimentos dos países com excesso de suprimento.

É muito mais crítica a situação nos países em desenvolvimento da Ásia, África e da América Latina. Suas populações estão crescendo com maior rapidez do que as produções de alimentos; países que exportavam produtos agrícolas atualmente os importam, e seus índices de crescimento econômico são reduzidos para lhes proporcionar os recursos monetários destinados ao pagamento dos alimentos necessários.

Requisitos para o futuro

A própria capacidade do mundo se alimentar acha-se na dependência de diversos fatores, um dos quais preso ao melhoramento da tecnologia agrícola nas nações em desenvolvimento. Essa tecnologia é dependente da ciência (como pesquisa e educação). Outros fatores são o desenvolvimento das tecnologias que devem sistematizar os insumos, as técnicas agrícolas, os incentivos fiscais, entre outros. Outros fatores são os investimentos em irrigação, drenagem, desenvolvimento de fertilizantes menos agressivos, manuseio do solo, pesquisa sobre solos e a mão de obra especializada.



Atividade 3

Dentre os fatores que exercem influência sobre o suprimento mundial de alimentos, disserte sobre pelo menos dois desses fatores, enfatizando sua importância social.

Manejo de bacias hidrográficas

Entende-se como bacia hidrográfica ou bacia de drenagem a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. A bacia hidrográfica é uma célula natural que pode, a partir do seu ponto de saída, ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas, como as cartas topográficas, ou que permita uma visão tridimensional da paisagem, como as fotografias aéreas.

Carta topográfica é a representação em escala, sobre um plano, dos acidentes naturais e artificiais da superfície terrestre de forma mensurável, mostrando suas posições planimétricas e altimétricas. A posição altimétrica ou relevo é normalmente determinada por curvas de nível, com as cotas referidas ao nível médio do mar (Figura 4).



Figura 4 – Carta topográfica.

Fonte: <www.meioambiente.pr.gov.br>. Acesso em: 28 maio 2009.

Fotografias Aéreas são usadas para coletar informações de uma determinada área que necessita ser estudada ou mapeada; são exploradas especialmente na elaboração e criação de mapas. As primeiras fotografias da superfície terrestre foram concebidas por meio de câmeras fotográficas especiais instaladas em pássaros (como pombos), depois em balões e em pipas. Todas as fotografias aéreas são realizadas verticalmente, e atualmente tiradas acopladas a aviões especializados nesta prática (Figura 5).



Figura 5 – Fotografia Aérea.

Fonte: <www.prof2000.pt>. Acesso em: 28 maio 2009.

Imagem de satélite nada mais é do que um arquivo digital com dados captados pelo sensor de uma dada área da superfície (Figura 6).



Figura 6 – Imagem de satélite.

Fonte: <www.arquivosreporter.blogspot.com>. Acesso em: 28 maio 2009.

Para se fazer um manejo de bacias hidrográficas, é necessário se fazer uma delimitação da bacia a partir de imagens de satélites; contudo, sua maior ou menor precisão fica a cargo não só do tamanho da bacia a ser mapeada, mas também da qualidade e riqueza de informações da imagem considerada. Os limites ou divisores de água da bacia são observáveis em campo também.

Muitos pesquisadores chamam atenção para a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação.

Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica passa também a representar uma unidade ideal de planejamento de uso das terras. Tendo sua delimitação baseada em critérios geomorfológicos, as bacias de drenagem levam vantagens sobre unidades de planejamento definidas por outros atributos, cujos traçados dos limites podem ser bastante imprecisos, como, por exemplo, unidades definidas por atributos climáticos ou ainda baseadas nos tipos de vegetação, que podem não cobrir a paisagem de modo contínuo.

No Brasil, a década de 1980 até 1990 foi marcada por trabalhos que têm na bacia hidrográfica sua unidade fundamental de pesquisa, em detrimento das áreas de estudo anteriormente muito utilizadas, como as unidades político-administrativas ou aquelas delimitadas por linhas de coordenadas cartográficas.

Para o estudo de bacias hidrográficas com fins de planejamento, é preciso estar atento à escala de análise envolvida, visto que uma atividade de planejamento exige uma etapa de implantação do projeto e outra de monitoramento ou fiscalização dos resultados e implicações. A fim de facilitar a execução das várias etapas de trabalho, é possível desenvolver projetos de planejamento em bacias hidrográficas de tamanho menor, chamadas de microbacias hidrográficas.

Microbacia hidrográfica

Apesar de não constar em dicionários técnicos, o termo microbacia vem sendo utilizado por profissionais envolvidos com projetos de planejamento. Entretanto, nota-se a ausência de uma conceituação e de consenso na sua definição e no seu uso.

Sabe-se que uma bacia hidrográfica, além de poder estar inserida em outras de maior tamanho, pode conter um número variado de outras bacias menores, chamadas sub-bacias. Desse fato deriva uma questão: qual, então, a diferença entre sub-bacia e microbacia hidrográfica, e até mesmo entre bacia e microbacia?

Acredita-se que o conceito de microbacia esteja relacionado aos projetos de planejamento e conservação ambiental. Acredita-se, também, que se deve acrescentar à própria conceituação de bacia hidrográfica a condição do estabelecimento de uma área cuja extensão é função da análise de alguns elementos que estarão envolvidos na pesquisa, como técnicas, recursos materiais, equipe de trabalho e tempo disponíveis. Além disso, é preciso reconhecer os interesses das comunidades envolvidas nos projetos de planejamento, que podem ser mais diversificados quanto maior for a área considerada. Dessa forma, a microbacia deve abranger uma área grande, para que se possam identificar as inter-relações existentes entre os diversos elementos do quadro socioambiental que a caracteriza, e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis, respondendo positivamente à relação custo/benefício.



Atividade 4

Faça uma pesquisa do nome dos rios que cortam o Estado do Rio Grande do Norte, e descreva detalhadamente o rio que corta a sua cidade ou região, incluindo sua foz, seus afluentes e onde ele desemboca ou deságua. Consulte o site do IBAMA (www.ibama.gov.br) e do IDEMA (www.idema.rn.gov.br) para isso.

Planejamento ambiental

A expressão **planejamento ambiental** tem sido cada vez mais incorporada à linguagem dos profissionais que trabalham com meio ambiente. Planejamento ambiental, então, é um processo racional de tomada de decisões, o qual implica necessariamente uma reflexão sobre as condições sociais, econômicas e ambientais que orientam quaisquer ações e decisões futuras. Planejamento ambiental também pode ser definido com planejamento territorial, como uma atividade intelectual por meio da qual se analisam os fatores físico-naturais, econômicos, sociológicos e políticos de uma zona (um país, um município etc.).

Existem outras expressões que tratam da planificação do espaço e que podem ser consideradas como sinônimas; em outros casos, diferem em função da maior ênfase dada a algum fator ou etapa específicos, tais como: planejamento conservacionista, planejamento ecológico, planejamento de uso do solo, ordenamento territorial, avaliação de terras, gestão ambiental, entre outras.

O planejamento conservacionista refere-se aos estudos de planejamento que priorizam a utilização racional e a preservação dos recursos naturais (como solo e água) com fins agrícolas. **O planejamento ecológico** é um termo de uso restrito, e enfatiza o conhecimento dos recursos naturais a fim de garantir a sobrevivência em longo prazo dos mesmos. **O planejamento de uso do solo ou do território** busca estabelecer de modo integrado as formas de utilização consideradas mais adequadas em função da capacidade de suporte do meio. Quanto aos termos **ordenamento territorial** e **gestão ambiental**, apesar de utilizados muitas vezes como sinônimos de planejamento ambiental, envolvem, respectivamente, as etapas de estabelecimento e promulgação das normas de uso e suas aplicações e, como tais, deveriam ser utilizados nos casos em que o processo de planejamento atinge de fato essas esferas. A expressão **avaliação de terras** ganhou caráter genérico e tem sido utilizada para denominar diversos projetos de planejamento. Contudo, a avaliação de terras deve corresponder apenas a uma etapa ou fase de trabalho referente à avaliação das potencialidades ou limitações do meio físico.

Em relação ao planejamento ambiental em microbacias hidrográficas, entretanto, talvez uma das tarefas mais difíceis e importantes seja a seleção da área ou, no caso, da microbacia que será avaliada e/ou testada.

Fatores do meio físico necessários ao planejamento ambiental

Sabe-se que para o conhecimento das potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área é preciso levantar dados acerca de seus atributos físicos (clima, geologia, relevo, solos, rede de drenagem e vegetação). No caso do planejamento em microbacias hidrográficas, é necessário um levantamento detalhado desses atributos. Esse levantamento

não se encontra disponível e deve ser produzido com a devida atenção para a necessidade de garantir um nível de investigação ou detalhamento equilibrado entre as variáveis físicas adotadas, sem que haja privilégio de uma sobre a outra.

Sendo assim, discutiremos aqui, de forma sucinta, a participação dessas variáveis em estudo de planejamento de microbacias.

Clima

A análise de dados climáticos (temperatura média anual, temperaturas máximas e mínimas médias anuais, total pluviométrico anual, totais máximos e mínimos médios anuais e distribuição da precipitação) revela informações extremamente importantes, como período de maior potencialidade erosiva das chuvas, riscos de estiagens, geadas etc. Além disso, a partir da análise do sistema de balanço hídrico, é possível conhecer as perdas de água do solo por evapotranspiração, que podem caracterizar ou não períodos de excedente de água no solo e/ou deficiência hídrica.

A obtenção desses dados para uma microbacia não é fácil. É possível que não haja nenhuma estação meteorológica ou mesmo pluviométrica na área da microbacia, sendo necessária a análise de dados das estações mais próximas. Em função do seu tamanho relativamente pequeno, a microbacia, em geral, apresenta um clima bastante homogêneo internamente.

Geologia

Muitas vezes pouco valorizada nos estudos de planejamento ambiental, a variável geológica tem muito a contribuir nas tarefas não só de caracterização, como também de avaliação e prognóstico da área considerada. Talvez a presença de uma cobertura pedológica relativamente profunda sobre a qual se desenvolvem diretamente as atividades humanas justifique a maior ênfase dada ao estudo dos solos em detrimento das rochas, nesses casos. Contudo, sabe-se que, em função de suas características mineralógicas, texturais e estruturais, os corpos rochosos respondem diferentemente à ação dos processos exógenos, influenciando nas formas de relevo e tipos de solo. A informação geológica permite a reconstrução histórica da evolução da paisagem e do seu comportamento atual. Tal informação auxilia na identificação de áreas de risco a movimentos de massa, que têm como possíveis fatores condicionantes as propriedades mineralógicas e texturais das rochas, existência de fraturas, planos de esfoliação e diáclases, foliação e bandamento composicional e posição estratigráfica.

Em termos práticos, para o planejamento em microbacias hidrográficas é preciso dispor muito mais do que informações compiladas de cartas geológicas do projeto RADAMBRASIL (escala 1:1.000.000) ou produzidas em escalas maiores (em geral, 1:500.000), mas ainda

pequenas, como aquelas elaboradas para todo um estado por órgãos competentes como a CPRM (Serviço Geológico do Brasil).

Para projetos em microbacias, sugerimos uma escala de ao menos 1:50.000 para as cartas geológicas. Neste caso, é importante um reconhecimento em campo das unidades geológicas mapeadas e seus limites. Não raro, em função da sua dimensão, a microbacia encontra-se inserida em uma única unidade geológica. No entanto, é preciso estar atento às mudanças na paisagem (relevo, rede de drenagem e solos), percebidas, principalmente, a partir de interpretações de fotografias aéreas e durante as pesquisas de campo, que podem denunciar variações nas características geológicas.

Relevo

O uso da cartografia e informação geomorfológica objetiva representa a fisionomia da paisagem, tendo em vista a identificação dos elementos ou ambientes de acumulação e transporte, caracterização dos processos morfogenéticos e as implicações da ação antrópica. Sob o ponto de vista ambiental, as formas de relevo são consideradas fatores que exercem influência sobre as condições locais e criam condições hidrológicas específicas.

O mapeamento dos fatos geomorfológicos pode conter uma enorme quantidade de informações e possuir uma legenda extremamente variada. Dessa forma, é aconselhável a adoção de uma legenda cujo conteúdo seja considerado subsídio para a identificação de ambientes diferenciados e tomada de decisões quanto ao uso potencial do solo. É importante não deixar de representar áreas referentes a afloramentos rochosos, depósitos de talus, rampas de colúvio, terraços, planícies de inundação e cicatrizes de feições erosivas e movimentos de massa, além dos cursos de água e feições de origem antrópica, como aterros e áreas de material de empréstimo.

Um atributo geomorfológico bastante importante é a inclinação das vertentes ou encostas, que, aliado à cobertura vegetal e rugosidade do terreno, é responsável pela maior ou menor velocidade dos fluxos de água; e estes podem conduzir à atuação de processos erosivos.

Solos

O estudo e mapeamento dos solos como subsídio aos projetos de planejamento ambiental são considerados essenciais. No Brasil os levantamentos pedológicos ocorrem, em sua grande maioria, em nível exploratório, como os do projeto RADAMBRASIL, e de reconhecimento, como os executados pela EMBRAPA. Apesar dos benefícios gerados por esses tipos de mapeamento, as necessidades atuais e futuras em termos de planejamento ambiental em microbacias exigem a produção de informações mais detalhadas, alcançadas apenas nos levantamentos semidetalhado, detalhado e ultradetalhado.

Rede de drenagem

O estudo da rede hidrográfica, suas nascentes, padrão, densidade, tipos de canais fluviais e seus perfis longitudinais, velocidade, turbidez e qualidade de água, entre outros parâmetros, permitem avaliar desde a disponibilidade de recursos hídricos para irrigação até o estado de degradação das terras adjacentes, em função da constatação da alta carga de sedimentos transportados e/ou assoreamento do leito do rio.

Sabe-se que o arranjo da rede de drenagem é reflexo de um conjunto de variáveis físicas como clima, relevo, solos, substrato rochoso e vegetação. Desse modo, é possível tecer considerações acerca dessas variáveis, a partir da análise criteriosa da rede hidrográfica. Tal análise, contudo, tem sido mais importante em trabalhos de escalas regionais, envolvendo grandes áreas ou comparando pequenas áreas entre si dentro de áreas maiores (Figura 7).

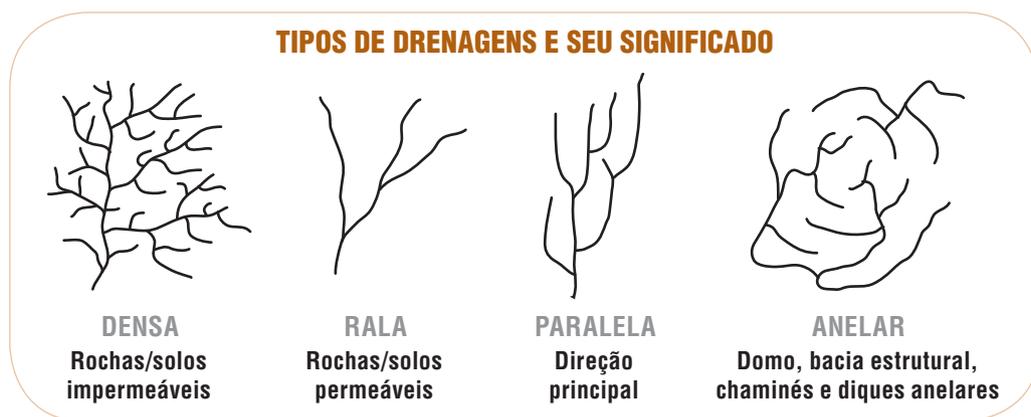


Figura 7 – Redes de drenagem em áreas com diferentes tipos de rochas.

Fonte: <www.unb.br/ig/cursos/igb>. Acesso em: 28 maio 2009.

Cobertura vegetal

Como é raro encontrar uma área que não tenha sua vegetação original modificada, é preciso ter cuidado na utilização deste parâmetro para verificação das diferenças ambientais em microbacias hidrográficas. É possível que no Brasil seja encontrada uma mesma cobertura vegetal para toda uma microbacia.

Contudo, a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal atual informa, principalmente, sobre o nível de proteção do solo, já que a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a ação do impacto das gotas da chuva, pela diminuição da velocidade do escoamento superficial, através do aumento da rugosidade do terreno, e pela maior estruturação do solo, que passa a oferecer maior resistência à ação dos processos erosivos.

O levantamento dos dados sobre a cobertura vegetal vem acompanhado pela informação sobre o uso do solo, já que ambos estão estreitamente relacionados. Desse modo, é possível eleger as áreas prioritárias para o início da etapa de implantação do projeto de planejamento ambiental.



Atividade 5

Defina cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélites, e discorra sobre a importância da utilização dessas técnicas aos estudos de rede de drenagem, cobertura vegetal e solos.



Atividade 6

Por que o clima é um dos fatores mais importantes no planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica?

Resumo

A aula abordou as relações entre os usos e conservações dos solos, sua produção agrícola e o manejo de bacias hidrográficas. Dentre os temas, destacamos os tipos de produção agrícola e o planejamento ambiental em microbacias hidrográficas. Determinamos a importância desse estudo para uma das questões mais preocupantes para a humanidade atualmente, a escassez dos alimentos.

Autoavaliação

1

Defina e conceitue solos.

2

O que vem a ser recurso natural renovável? Faça uma pesquisa na biblioteca do seu polo e na internet e especifique, também, o que vem a ser recurso natural não-renovável.

3

A água é o principal recurso natural renovável do planeta Terra. Faça uma dissertação sobre a água, enfatizando sua importância para os seres vivos e sua escassez no mundo.

4

O que é um planejamento ambiental?

5

De que modo você pode executar um planejamento ambiental em seu município? Procure técnicos especializados na prefeitura do seu município e procure saber se há uma preocupação da prefeitura quanto ao planejamento ambiental.

6

Em seu município, como ocorre a pastagem? Indique sítios e modos de pastagem.

7

A presença de florestas, plantas, águas etc. é importante para o desenvolvimento e o bem-estar de toda uma comunidade. Em sua cidade, descreva esses elementos e como você os percebe.

8

Disserte sobre a produção agrícola do seu município, caracterizando cada atividade do campo. Se possível, procure o órgão responsável na prefeitura da sua cidade e apresente dados estatísticos sobre esse assunto.

Referências

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Liv. Freitas Bastos, 1979. 355p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999. 340p.

MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEPE, 1992. 201p.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2003.

Anotações

Uso, conservação, erosão e poluição dos solos

Aula

11



Apresentação

Nesta aula, você vai estudar o uso e conservação dos solos. Daremos ênfase nas várias formas de erosões que atingem os solos, assim como os processos de poluição dos mesmos. Lembre-se de fazer uma breve revisão dos assuntos anteriores para começar a trabalhar nesta aula. Boa aula!

Objetivos

- 1** Entender as relações existentes entre os vários tipos de erosões e poluições nos solos.
- 2** Compreender a importância desse estudo para o uso e conservação dos solos em suas várias atividades, sejam agrícolas, comerciais, de construção ou de lazer.



Entendendo como se forma o solo

Os processos pedogenéticos ou de formação dos solos são estudados por um ramo relativamente recente das Ciências da Terra, a Pedologia, cujas noções básicas e conceitos fundamentais foram definidos em 1877 pelo cientista russo Dokouchaev. A partir deste ano, o solo deixou de ser considerado simplesmente um corpo inerte, que reflete unicamente a composição da rocha que lhe deu origem (rocha parental), para ser identificado como um material que evolui no tempo sob ação dos fatores ativos do ciclo supérgeno (envolve o clima, vegetação, topografia e biosfera).

Não é fácil definir um solo. Isso acontece pelo fato de ser um material complexo, cujo conceito varia em função da sua utilização. Assim, para o agrônomo ou para o agricultor, o solo é o meio necessário para o desenvolvimento das plantas, enquanto que para o engenheiro é o material que serve para a base ou fundação de obras civis; para o geólogo, o solo é visto como o produto da alteração das rochas na superfície, enquanto que para o arqueólogo é o material fundamental para as suas pesquisas, por servir de registro de civilizações pretéritas; já para o hidrólogo, o solo é simplesmente o meio poroso que abriga reservatórios de águas subterrâneas. Desta forma, cada uma das especialidades possui uma definição que atende a seus objetivos. Entretanto, existe uma definição simples que se adapta perfeitamente aos propósitos das Ciências da Terra. Para o geógrafo, o solo é o produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas.

Para um saprólito tornar-se um solo, é preciso, em primeiro lugar, que nesse meio a alimentação mineral dos organismos vivos autótrofos e, em particular, dos vegetais superiores, esteja assegurada. A vida necessita de água e de elementos químicos, que são encontrados no ar ou dissolvidos na água e que têm como fonte primária as rochas e, secundariamente, os tecidos orgânicos pré-existentes. Nas rochas, esses elementos estão disponíveis para os organismos em concentrações muito baixas e, nas soluções, em concentrações demasiadamente elevadas, para assegurar uma alimentação contínua e suficiente para os organismos vivos. Neste particular, **o solo** desempenha um papel fundamental por se tratar de um meio intermediário entre a fase sólida (rocha) e líquida (água). No solo, essa função vital para os organismos vivos é desempenhada por uma fração organomineral denominada **plasma argilóúmido**, por ser constituída pela íntima associação de argilominerais e húmus. A associação deste plasma com minerais residuais, herdados da rocha parental como, por exemplo, o quartzo, fornece a organização estrutural e textural do solo.

Saprólito é uma rocha decomposta por intemperismo químico, de um material argiloso, variavelmente friável, de cores amarelas a avermelhadas ou em tons de cinza, na dependência da rocha original e do clima, podendo conter quartzo e outros minerais resistentes à alteração e preservando muitas das estruturas da rocha original. O saprólito pode apresentar dezenas de metros de espessura em climas úmidos, e ocorre na base do manto de intemperismo, mas pode ser exposto por erosão. O “saibro”, usado nas misturas com cimento e areia, normalmente é material saprólito da alteração de rochas graníticas e outras.

Como você já viu na nossa disciplina, em função das condições ambientais, que envolvem rocha parental, clima, organismos vivos (flora, fauna, incluindo os seres humanos), relevo e tempo, os solos podem apresentar características e propriedades físicas, químicas e físico-químicas diferenciadas. Assim, os solos podem ser argilosos ou arenosos (variações texturais), podem ser vermelhos, amarelos ou cinza-esbranquiçados, podem ser ricos ou pobres em matéria orgânica, podem ser espessos (algumas dezenas de metros) ou rasos (alguns poucos centímetros), e podem apresentar-se homogêneos ou nitidamente diferenciados em horizontes.

Uso e conservação dos solos

Algumas das causas do esgotamento de nossos solos pela erosão podem ser controladas, e todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo denominam-se de Práticas Conservacionistas. Estas podem ser divididas em vegetativas, edáficas e mecânicas, caso se utilize a própria vegetação, trate-se de modificações nos sistemas de cultivo ou se recorra a estruturas artificiais construídas mediante a remoção ou disposição adequada de porções de terra, respectivamente. Cada uma delas resolve parcialmente o problema; assim, para a melhor solução, deverão ser aplicadas simultaneamente, a fim de abranger com a maior amplitude possível os diversos aspectos do problema.

A conservação do solo consiste em dar o uso e o manejo adequado às suas características químicas, físicas e biológicas, visando a manutenção do seu equilíbrio ou recuperação. Através das práticas de conservação, é possível manter a fertilidade do solo e evitar problemas comuns, como a erosão e a compactação. Para minimizar os efeitos causados pelas chuvas e também pelo mau aproveitamento do solo pelo homem, são utilizadas algumas técnicas de manejo e conservação dos solos.

Algumas técnicas de manejo e conservação dos solos

A produção de uma cultura é condicionada pela ação de vários fatores, e pode ser apreciada diretamente ou por meio de seu efeito conjunto. As práticas de manejo são inovações introduzidas pelo homem no seu desejo de aumentar as colheitas e de cultivar as mais diversas culturas.

Tipos de manejo do solo

Vários sistemas de manejo têm sido estudados visando a manutenção da fertilidade do solo, o controle da erosão e a redução do custo das operações, para proporcionar maior renda, com o objetivo de uma agricultura estável. São eles:

a) Rotação de culturas: é o sistema de alternar, em um mesmo terreno, diferentes culturas em uma sequência de acordo com um plano definido. A escolha das culturas que deverão entrar numa rotação terá que levar em conta as condições do solo, a topografia, o clima e a procura do mercado. Os principais objetivos dessa rotação consistem em melhor organização da distribuição das culturas na propriedade agrícola, economia do trabalho, auxílio no controle das ervas daninhas e insetos, aumento das produções e redução das perdas por erosão. Assim, a rotação de culturas tem em vista a preservação da produtividade do solo e a manutenção das colheitas. A Figura 1 mostra uma visão geral de cultura de café.



Figura 1 – Plantio em contorno em cafezal

b) Preparo do Solo: o aumento sempre crescente da demanda de produtos agrícolas para a alimentação e como matéria-prima para a indústria leva o agricultor não somente a ampliar as áreas cultivadas, como também a uma progressiva intensificação dos trabalhos de preparo dos solos, empregando cada vez mais a máquina como meio de diminuir os custos

de produção. Contudo, essa intensificação no preparo do solo provoca desgastes de sua fertilidade, através da erosão, obrigando o agricultor a utilizar práticas conservacionistas cada vez mais amplas e intensivas. A intensificação dos trabalhos de preparo do solo e o crescente emprego de máquinas nas atividades agrícolas têm ampliado consideravelmente as áreas de cultivos nos últimos anos, com o objetivo de atender a uma crescente demanda de produtos agrícolas para a alimentação. Como resultado dessa necessidade, há uma busca incessante de novos métodos, novas máquinas e sistemas de manejo do solo, visando uma maior produção de culturas.

c) Subsolagem: é o processo mecânico para soltar e quebrar o material do subsolo, a fim de que haja um aumento na infiltração da água de chuva, maior penetrabilidade das raízes e melhor aeração. Em trabalhos de conservação do solo e água, seu principal objetivo é conservar a água pelo melhoramento das condições físicas do solo e reduzir as perdas de solo, diminuindo a enxurrada. Assim, a subsolagem aumentaria a zona de aeração do solo e quebraria a crosta formada pelo tráfego de maquinaria agrícola, comum a determinada profundidade ou alguma camada pouco permeável do solo. Em muitos lugares do mundo tem sido tentada a subsolagem com o fim de melhorar a drenagem e aeração: os resultados têm mais desapontado que entusiasmado seus experimentadores. Seu alto custo, em geral, não é compensado pelo aumento que possa ocasionar nas colheitas. Em casos especiais, é possível que se obtenha bom resultado; porém, tal benefício é temporário.

d) Plantio direto: as práticas de cultivo desempenham um papel importante no processo de erosão pela chuva. Nas áreas cultivadas, as partículas do solo são desprendidas pelo impacto das gotas de chuva e carregadas pela água da enxurrada. Um recurso para diminuir os efeitos do impacto da gota na superfície do solo é mantê-lo com vegetação ou com os resíduos desta, que dissipam a energia das gotas de chuva, evitando a desagregação das partículas de solo. Isso favorece a infiltração da água, diminuindo o escoamento superficial, e, conseqüentemente, reduzindo as perdas de solo e água. O preparo do solo convencional, com aração e diversas gradagens, favorece as perdas por erosão, pois quebra a estrutura natural do solo, pulverizando-o e deixando-o totalmente exposto à ação erosiva das chuvas.

Considerando os fatores de conservação do solo, o elevado custo de combustível e os problemas de compactação do solo pelo trânsito excessivo de máquinas, idealizou-se uma nova técnica de preparo reduzido do solo. O plantio sem preparo ou plantio direto, como vem sendo designado, é uma técnica de sistema de preparo reduzido do solo. O conceito desse plantio consiste em eliminar a vegetação existente com um herbicida com ação de pré-emergência; plantar a semente e colocar fertilizantes para o desenvolvimento inicial, movimentando o solo o mínimo possível; e efetuar a colheita (Figura 2). Os efeitos do plantio direto são notáveis na redução das perdas por erosão, o que pode ser explicado pela quase eliminação das operações de preparo e cultivo, ocorrendo menor quebra mecânica dos agregados e mantendo a superfície do solo irregular em todo o ciclo vegetativo.



Figura 2 – Plantio direto

Fonte: <http://www.paginarural.com.br/arquivos/noticias/2009_03/plantio_direto.jpg>.

Acesso em: 16 jun. 2009.

O plantio direto não é necessariamente indicado para todas as regiões e culturas. Em princípio, é preciso ter uma série de motivos bem determinados para implantá-lo, como a necessidade de controlar a erosão do solo, aumentar o armazenamento de água disponível para as plantas, reduzir a mão de obra e o emprego de máquinas e economizar combustível. O solo terá que ter condições mínimas de estrutura que permitam boa infiltração, sem camada de impedimento que dificulte a permeabilidade. A área não deve ser infestada por grama perene e ervas com características arbustivas. Há, ainda, a necessidade de herbicidas seletivos para as culturas e de ação prolongada no solo, de modo a impedir que surjam ervas que irão concorrer em água e nutrientes com a planta.



Atividade 1

Enumere os tipos de manejo de solo mais comuns, escolha um deles (o que você conhece ou tem mais familiaridade) e descreva-o.

Erosão do solo

Entende-se por erosão a destruição do solo. O transporte do solo é feito, geralmente, pela ação da água da chuva, pelo vento, pelo gelo. Toda erosão destrói estruturas como areias, argilas, húmus etc. Estas são transportadas para as partes baixas dos relevos e tendem a assorear (encher de areia ou argila, por exemplo) cursos de água, principalmente. Toda erosão, seja lá onde ocorra, causa sempre sérios problemas em todas as sociedades. Para tanto, deve-se sempre adaptar práticas de conservação de solo para minimizar tais problemas. Em regiões onde os solos são cobertos por florestas, a erosão é pouco sentida, mas é um processo natural presente e importante para a formação dos relevos associados. O problema ocorre quando o ser humano interfere nos ecossistemas, principalmente destruindo-os ou eliminando toda a vegetação para uso agrícola. Isso deixa o solo mais exposto e torna a erosão ainda mais severa nessas áreas; conseqüentemente, aumenta o processo erosivo (Figura 3).



Figura 3 – Erosão acentuada em vias de acesso rodoviário

Fonte: <[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Voçoroca_\(23_12_24S_-_48_47_59W\)_-_REFON_1.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Voçoroca_(23_12_24S_-_48_47_59W)_-_REFON_1.JPG)>. Acesso em: 16 jun. 2009.

A superfície da Terra como a conhecemos é formada tanto por processos geológicos que formam as rochas como por processos naturais da degradação, incluindo aí a erosão. Uma vez que a rocha é quebrada por causa da degradação, os pedaços de rochas podem ser movidos e removidos pela água, gelo, vento ou gravidade. E tudo isso acontece o tempo todo e em todos os lugares do planeta. E todo esse transporte se denomina erosão.

A água da chuva, quando arrasta um solo – seja ele rico em nutrientes e materiais orgânicos, seja ele árido – provoca o enchimento dos leitos dos rios e lagos com esses materiais; esse fenômeno de enchimento (com água e solo) chama-se assoreamento. Por conseguinte, o arrastamento do solo causa no terreno a erosão. Na superfície do terreno e no subsolo, as águas correntes (de rios principalmente) são as principais causas da erosão.

Enfim, para que a erosão ocorra em uma dada região, depende fundamentalmente da chuva, da infiltração da água, da topografia (quanto maior o declive, maior a força da erosão), do tipo de solo e da quantidade de vegetação existente. A chuva é, sem dúvida, a principal causa da erosão, e é evidente que quanto maior for em quantidade e frequência, mais essa chuva influenciará na erosão.

Outro fator importante é que, se as chuvas são frequentes e o terreno já está saturado de água, a tendência é que o solo não absorva mais água; com isso, toda a água da chuva que cair correrá pela superfície, causando muitas vezes deslizamentos, escorregamentos e até avalanches.

Observe que se o solo é arenoso, o arrastamento será maior do que se ele fosse argiloso. As areias tendem a ter maior porosidade, absorvendo mais facilmente a água, enquanto que um solo argiloso tende a ser mais permeável, deixando a água escapar facilmente.

Permeabilidade: é a propriedade que representa uma maior ou menor dificuldade com que a percolação da água ocorre através dos poros do solo. Nos materiais granulares (areias) não coesivos, há uma grande porosidade, o que facilita o fluxo de água através dos solos, enquanto que nos materiais finos e coesivos, como as argilas, ocorre o inverso, o que torna este tipo de material ideal para fixação de barragens de água (por apresentar baixa permeabilidade).

Fatores que contribuem com a erosão

A erosão é um processo natural, pois em todos os lugares que existem chuvas e solos, ocorrerá erosão. Mas muitas ações não-naturais também aceleram o processo de erosão, como por exemplo:

- a) Desmatamento:** desprotege os solos da ação das chuvas, aumentando a erosão;
- b) Construção de favelas (ou áreas subnormais) em encostas:** além de desmatar a área ocupada, essas construções provocam uma erosão acelerada devido à declividade dos terrenos, e sabemos que quanto maior a declividade do terreno, maior será a erosão;
- c) Técnicas agrícolas inadequadas:** também provocam o desmatamento extensivo, para dar lugar a áreas plantadas; e
- d) Ocupação do solo ou permeabilização do solo:** áreas como estradas, casas e prédios impermeabilizam o solo, e com isso potencializam o transporte de materiais, provocando escoamento superficial e não a infiltração, aumentando as calamidades públicas, principalmente nas grandes cidades.



Atividade 2

A erosão é um processo natural. Porém, quando o homem interfere nos ambientes naturais, tende a acelerar os processos erosivos. Descreva e exemplifique pelo menos três fatores que contribuem para a acentuação de processos erosivos.

Tipos de Erosão

Como vimos, a erosão pode ser provocada por vários fatores. Entre eles, destacamos:

- a) Erosão por gravidade:** consiste em movimentos de rochas e sedimentos em montanhas e serras, principalmente devido à força da gravidade. Quanto mais pesadas forem as rochas, e quanto mais água estiver contida em seus poros, maior será a erosão por gravidade (Figura 4). A consequência de tal erosão é a formação de deslizamentos e desmoronamentos de terras, principalmente em encostas de morros.



Figura 4 – Erosão por gravidade. Observe que o excesso de água na montanha erodiu o solo

Fonte: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/Glissement-terrain-Langevin.JPG>>. Acesso em: 16 jun. 2009.

b) Erosão pluvial ou das chuvas: A erosão pluvial é provocada pela retirada de material da parte superficial do solo pelas águas de chuva. Esta ação é acelerada quando a água encontra o solo desprotegido de vegetação. A primeira ação da chuva se dá através do impacto das gotas d'água sobre o solo. A ação da erosão pluvial aumenta à medida que mais água da chuva se acumula no terreno, isto é, a retirada do solo se dá de cima para baixo. Um exemplo típico de consequência da erosão pluvial é a formação de voçorocas (Figura 5). Voçoroca também pode ser boçoroca ou ravina, e esta é um fenômeno geológico que consiste na formação de grandes buracos de erosão causados pela chuva e intempéries, em solos onde a vegetação é escassa e não mais protege o solo. Este solo fica suscetível ao carregamento por enxurradas. Pobre, seco e quimicamente morto, nada ali fecunda.



Figura 5 – Um exemplo típico de voçoroca, boçoroca ou ravina

Fonte: <[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Voçoroca_\(23_12_24S_-_48_47_59W\)_-_REFON_5.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Voçoroca_(23_12_24S_-_48_47_59W)_-_REFON_5.JPG)>. Acesso em: 16 jun. 2009.

Com isso, observamos que a principal forma de erosão pluvial é a erosão laminar, que acontece quando a água corre uniformemente pela superfície como um todo, transportando as partículas sem formar canais definidos. Apesar de ser uma forma mais amena de erosão, é responsável por grande prejuízo às terras agrícolas e por fornecer grande quantidade de sedimento que vai assorear rios, lagos e represas.

c) Erosão eólica: ocorre quando o vento transporta partículas pequenas que se chocam contra rochas e se dividem em mais partículas, que se chocam contra outras rochas. Podem ser vistas nos desertos na forma de dunas e de montanhas ou também em zonas relativamente secas (Figura 6).



Figura 6 – Erosão eólica em rochas metamórficas nos arredores de Puno, no Peru

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Alrededores_de_Puno.jpg>. Acesso em: 16 jun. 2009.

d) Erosão marinha: a erosão marinha atua sobre o litoral, modelando o relevo, e isso se deve à ação de três fatores: as ondas, as correntes marinhas e a ação das marés. Tanto pode ocorrer nas costas rochosas como nas praias arenosas. Em costas rochosas, a ação erosiva forma as falésias; já nas praias arenosas, ocorre o recuo destas, e o sedimento removido pelas ondas é transportado lateralmente pelas correntes de deriva litorânea. Nas praias arenosas, a erosão constitui um grave problema para as populações costeiras. Os danos causados podem ir desde a destruição das habitações e infraestruturas humanas até graves problemas ambientais. Para retardar ou solucionar o problema, medidas de proteção estão sendo tomadas em todas as costas, sendo as principais as construções pesadas de defesa costeira como enrocamentos e esporões e a realimentação (ou engorda) de praias, como foi realizado na praia de Areia Preta, em Natal/RN, por exemplo. Em todo o mundo, e no Brasil também, este fenômeno tem sido responsável pela variação cíclica da largura da faixa de areia da praia.

Toda erosão marinha é provocada especialmente pela urbanização da linha de costa e pelo aumento do nível médio do mar (NMM) em todo o mundo. Em decorrência desse aumento do NMM, atualmente fala-se muito dos exilados ambientais. Notícias sobre os exilados ambientais saem todos os dias nos jornais e revistas do mundo todo. Não é de nos espantarmos, mas com certeza devemos dar mais atenção a esse fenômeno, tão comum em nossos dias. Observamos que a velocidade com que o nível médio do mar está subindo agora é quase o dobro daquela verificada no século XX. Já se sabia que esse fenômeno, influenciado pelo aquecimento global, era grave, mas os dados mais recentes, coletados desde 1993, mostram que a elevação do nível médio do mar até 2100 será de 1,80 metros, mais do que o dobro da prevista pelo painel do clima da ONU. Para os cientistas, não há dúvida: as atenções devem ser voltadas agora para regiões como o Ártico, a Antártida e as demais geleiras continentais. Entre essas áreas, o Norte do planeta Terra é o mais abundante em gelo.

O futuro do nível médio do mar indica que os modelos apresentados até hoje estão otimistas demais. Em 2100, o nível dos oceanos deverá estar aproximadamente um metro acima do que estava previsto pelo modelo mais pessimista do IPCC (Painel do Clima das Nações Unidas). Acreditava-se que o nível médio do mar não deveria subir mais do que 60 cm até 2100 (comparado com 1980-1999). Agora, porém, estima-se a marca de 1,80 metros. E o nível médio do mar não vai parar de subir em 2100. Ele poderá chegar até 3,5 metros em 2200 e bater os 5 metros em 2300, dizem os pesquisadores. No passado, o nível médio do mar atingiu o pico há 40 milhões de anos. As águas estavam mais de 70 metros acima das que estão hoje. Apesar do nível médio do mar elevado não ser novidade no planeta, a espécie humana, que surgiu há apenas 200 mil anos, nunca viu algo assim. As medições já feitas nestes últimos 16 anos mostram três regiões onde a subida do nível do mar já é realidade: Oeste do Oceano Pacífico, Litoral da Austrália e a Groelândia.

Como as previsões não são uniformes, e levam em conta valores médios, é comum uma pergunta de interesse pessoal feita por qualquer pessoa: “sou de tal lugar, e quero saber o que vai ocorrer lá”; “os cientistas é que têm de dizer onde o mar subirá nos próximos anos”, você pode afirmar. Mas com essa pergunta, qualquer cientista silencia, pois ninguém consegue prever em quais lugares do planeta o mar irá subir ou descer. Diante da dúvida, o melhor que cidades costeiras têm a fazer é se reorganizarem através de monitoramentos praias, sentenciarem áreas impróprias para construção e adaptarem seus planos diretores.

e) Erosão química: envolve todos os processos químicos que ocorrem nas rochas. Há intervenção de fatores como calor, frio, água, compostos biológicos e reações químicas da água nas rochas. Este tipo de erosão depende do clima. Em climas polares e secos, por exemplo, as rochas se destroem pela troca de temperatura; em climas tropicais quentes e temperados, a umidade, a água e os dejetos orgânicos reagem com as rochas e as destroem também.

f) Erosão glacial: as geleiras (ou glaciares) deslocam-se lentamente, no sentido descendente, provocando erosão e sedimentação glacial. Ao longo dos anos, o gelo pode desaparecer das geleiras, deixando um vale em forma de U ou um fiorde, se junto ao mar. Pode também ocorrer devido à susceptibilidade das glaciações em locais com predominância de rochas porosas. No verão, a água acumula-se nas cavidades dessas rochas. No inverno, essa água congela e sofre dilatação, pressionando as paredes dos poros. Terminado o inverno, o gelo funde, e congela novamente no inverno seguinte. Esse processo ocorre sucessivamente, e desagregará a rocha aos poucos, causando o desmoronamento de parte dessa rocha. Consequentemente, formam-se grandes paredões ou fiordes.

Fiordes: formaram-se, originalmente, devido à ação de imensas placas de gelo chamadas geleiras, ou glaciares, que se movimentam rumo ao mar como se fossem grandes rios congelados. Os fiordes modernos só existem em regiões costeiras montanhosas onde o clima é ou foi frio o suficiente para permitir a formação de geleiras abaixo do nível atual do mar. Algumas geleiras, como as da Suíça, são elevadas e estão no interior do país; desta forma, não conseguem encontrar saída para o mar. Por isso, não formam fiordes (Figura 7).



Figura 7 – Aurlandsfjord, um dos famosos fiordes da Noruega

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/View_of_the_Aurlandsfjord,_Aurlandsvangen_and_Flam_from_below_the_Prest_Summit.jpg>. **Acesso em:** 16 jun. 2009.

Consequências da erosão

Os processos erosivos, principalmente os causados por fatores não-naturais, podem trazer sérios danos para o planeta. Veja alguns deles:

- Os arrastamentos podem encobrir porções de terrenos férteis e sepultá-los com materiais áridos;
- A erosão provoca a morte da fauna e da flora do fundo dos rios e lagos por soterramento;
- Intensifica a turbidez nas águas, dificultando a ação da luz solar na realização da fotossíntese, importante para a purificação e oxigenação das águas;

- Prolonga o arraste de biocidas e adubos até os corpos d'água e causa, com isso, desequilíbrio na fauna e flora nesses corpos d'água (causando eutrofização);
- Assoreamento, que faz com que rios e lagos atinjam seu volume original e, como consequência, com as grandes chuvas, esses corpos d'água extravasam, causando as enchentes;
- Aumento da instabilidade causada em áreas mais elevadas, que pode levar a deslocamentos repentinos de grandes massas de terra e rochas, que desabam talude abaixo, causando, no geral, grandes tragédias.



Atividade 3

Dentre os tipos de erosões mais comuns, temos a erosão pluvial ou da chuva. Com base na definição e nas consequências desse tipo de erosão, descreva os problemas ambientais ocorridos na sua região causados pelas chuvas ocorridas em grande quantidade no primeiro semestre deste ano (2009). Houve alguma mudança na paisagem em sua cidade decorrente destas chuvas? Descreva esses acontecimentos.

Poluição do solo

A maior parte desta aula foi dedicada ao problema da erosão, não só no seu aspecto de perdas de solo e água (e, conseqüentemente, perda de capacidade produtiva) como também nas principais práticas e sistemas de manejo do solo e planejamento de controle dos seus efeitos. Atualmente, há um crescente interesse pelo prejuízo que esses fatores possam ocasionar ao meio ambiente; por isso, deve ser considerada a relação entre a erosão e a poluição. Realmente, a erosão é uma parte do problema da poluição, e isso faz que os conservacionistas aceitem a prevenção da poluição como outra razão para melhor se preservar os solos. Deve-se, porém, evitar o exagero, pois há uma tendência a superestimar a poluição, colocando-a como um produto da tecnologia moderna.

Erosão × poluição

Estamos acostumados a pensar na erosão como um fenômeno que destrói as terras de cultura, produzindo sedimento que vai entupir córregos, canais e reservatórios; o sedimento, então, é uma forma de poluição? Em algumas regiões e em algumas situações, sim.

Os fertilizantes químicos e pesticidas são usados em grandes quantidades na agricultura para manter o alto nível de produção das culturas; os resíduos de plantas e as dejeções de animais, algumas vezes com bactérias patológicas, são produtos da atividade da agricultura: quando são conduzidos pelas enxurradas e sedimentos para os córregos, estão poluindo essas águas. A extensão do movimento desses materiais ou sua contribuição para o problema da poluição ainda não são bem conhecidas; a morte dos peixes, entretanto, em muitos lugares, sugere que inseticidas orgânicos foram colocados nos rios pelas enxurradas provindas de terras agrícolas.

A erosão do solo causa a acumulação de sedimentos nas partes mais baixas dos terrenos, consistindo em materiais mais grosseiros; porém, os mais finos, em muito maior volume, são transportados pelas enxurradas, ocasionando problemas nos córregos, rios, canais e acumulações de água. As principais conseqüências são as seguintes:

- **Redução da capacidade de córregos e reservatórios:** a sedimentação causa uma perda de capacidade de armazenamento dos reservatórios; assim, no projeto de grandes barragens, deve-se reservar parte de sua capacidade aos sedimentos, o que ocasiona um custo extra na sua construção;
- **Aumento dos custos das fontes de suprimento de água:** a sedimentação eleva os custos de tratamento de água nos reservatórios municipais e nas grandes indústrias, devidos aos grandes investimentos requeridos para a obtenção de água limpa;
- **Danos para a fauna silvestre e aquática:** o sedimento em suspensão nos lagos e reservatórios prejudica o balanço de oxigênio dissolvido nas águas e obscurece a luz necessária ao crescimento das espécies aquáticas;

- **Acréscimo dos custos de manutenção dos canais e rios navegáveis:** a dragagem (ou seja, a desobstrução) é intensa pelo grande volume de material a retirar para se conservar os leitos navegáveis;
- **Diminuição do potencial de energia:** os reservatórios com muitos sedimentos têm capacidade de armazenamento diminuída, resultando, com isso, na diminuição no potencial de energia elétrica;
- **Questões de irrigação e drenagem:** a sedimentação diminui a capacidade dos sistemas de irrigação, e o material erodido e sedimentado é depositado, dificultando a drenagem, com redução da fertilidade das terras e conseqüente diminuição da sua produção;
- **Acréscimo dos custos dos caminhos e estradas:** após grandes chuvas, é comum estradas e caminhos ficarem bloqueadas por sedimentos, exigindo grandes gastos com limpeza e reparo dos estragos; e
- **Prejuízo em casas e cidades:** as enchentes, que causam grandes danos em cidades baixas e casas, exigem muitos gastos com a limpeza dos sedimentos.

A sedimentação é ocasionada pela erosão. Assim, para seu controle e redução de seus efeitos, a solução mais simples é prevenir e controlar a erosão. Quando a erosão ocorre em uma terra cultivada, o solo erodido vem acompanhado dos nutrientes de plantas, presentes nas suas camadas superiores; o nitrogênio porque é mais solúvel, e o fósforo porque é absorvido pelas partículas mais finas do solo, que são as mais arrastadas pelas enxurradas. Os nutrientes solúveis, como os nitratos, estão mais ligados às enxurradas, e os fosfatos, aos sólidos arrastados. O controle dessa poluição química é efetuado de dois modos: no primeiro, aplicando-se os fertilizantes na quantidade mínima necessária à produção das culturas, isto é, aquela utilizada pelas plantas, evitando excessos que seriam lavados pelas enxurradas; e no segundo, mais eficiente, reduzindo-se ao mínimo a enxurrada e as perdas de solo pela erosão.

O efeito da poluição do ambiente por pesticidas ganhou notoriedade junto aos cientistas desde 1963, quando eles chamaram atenção para o problema da ação desses pesticidas no solo, nas águas, na fauna silvestre e mesmo no homem.

Os pesticidas também são levados pelas enxurradas e pelo solo arrastado para os reservatórios e águas correntes: eles causam odor e gosto, podendo oferecer perigo à saúde. Um exemplo é o DDT, que fica firmemente retido no tecido animal. Alguns pesticidas ficam retidos no solo por longo período. Em torno de 40% dos pesticidas ficam cerca de 20 anos no solo.

Já os herbicidas, em geral, podem-se decompor no solo, e a degradação química varia de acordo com a estrutura e características gerais da molécula de cada um. Os mais solúveis penetram mais profundamente no solo do que os menos solúveis; em solos muito argilosos,

as moléculas do produto fixam-se fortemente à argila. Os herbicidas à base de sais de cobre e compostos arsênicos foram usados por muito tempo; os peixes são muito sensíveis ao cobre e ao arsênico, tendo sido registrado seu envenenamento pelas enxurradas com esses produtos. O composto dinitro é extremamente perigoso para os mamíferos; porém, degrada-se consideravelmente rápido. Dos denominados de **nova geração de grupos orgânicos sintéticos**, a simazine e o monurom são os que permanecem mais tempo no solo, sendo que os baseados em delapom e paraquat nele permanecem poucas semanas, não constituindo sério problema de poluição.

Os fungicidas são poluentes; porém, como são usados em pequenas quantidades e em áreas muito limitadas, seu problema é restrito. Por exemplo, a calda bordalesa, utilizada na videira e outras culturas, tem como base o sulfato de cobre; outras formulações onde o enxofre é adotado para o controle de fungos de árvores frutíferas e batata, aplicadas em altas concentrações, podem contaminar os lagos e reservatórios, levadas pelas enxurradas, causando danos aos peixes.

Os inseticidas antigos, formulados com arsênico, são potencialmente perigosos quando carregados pelas enxurradas. Porém, são poucos usados e, geralmente, em pequenas doses. Os que têm como base a nicotina, a rotenona e o píreto são rapidamente degradados no solo. Os fosforados são tão venenosos que deviam ser abolidos, embora sejam rapidamente decompostos. Os clorados, como o DDT e o BHC, são os mais utilizados na agricultura; talvez por isso tenham sido os mais visados pelos que combatem a poluição. Sua vantagem é oferecer resistência à decomposição. No entanto, são retidos nos tecidos dos animais em uma progressiva acumulação.

A poluição associada à erosão será eficientemente controlada se a própria erosão o for. As práticas conservacionistas e o bom manejo do solo reduzem a erosão e, conseqüentemente, fazem da poluição um problema de menor importância. A erosão do solo é o grande problema da humanidade, pois tem uma relação direta com a escassez de alimentos e com a fome: a poluição não é mais uma palavra emotiva, é uma preocupação local e global.



Atividade 4

Os fertilizantes químicos e pesticidas são usados em grandes quantidades na agricultura para manter o alto nível de produção das culturas. Pesquise em sites da internet e na biblioteca do seu polo sobre os principais tipos de fertilizantes, quais são os mais usados e quais as principais doenças que ocorrem nos seres humanos que estão associadas a estes fertilizantes.

Leituras complementares

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ – ABIC. Disponível em: <www.abic.com.br>. Acesso em: 30 jun. 2009.

Neste site, você pode encontrar um pouco mais sobre a história do café.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – IDEMA. Disponível em: <www.idema.rn.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2009.

No site do Idema do Rio Grande do Norte, estão disponíveis informações sobre desenvolvimento ambiental e o perfil do seu município.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Disponível em: <www.embrapa.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2009.

O site da Embrapa fornece dados sobre a agricultura brasileira.

Resumo

Nesta aula, você observou algumas formas de uso e técnicas de conservação dos solos. Você estudou, também, a erosão no solo, entendendo que fatores influenciam este processo, os tipos de erosão que podem ocorrer e suas consequências para o planeta. Viu que a erosão se relaciona com a poluição, quando sedimentos resultantes do desgaste do solo entopem canais, rios, córregos e reservatórios, bem como observou as substâncias que mais poluem os solos. Por fim, percebeu que é possível controlar e até diminuir esses níveis de poluição.

Autoavaliação

1

O que é saprólito? Como um saprólito se torna um solo?

2

Quais são os principais tipos de manejo de solos? Descreva pelo menos um deles.

3

Quais os fatores que contribuem para que ocorra a erosão?

4

Na sua região, você percebe a presença de algum tipo de erosão do solo? Se sim, descreva essa região e como está a situação de quem vive próximo a ela.

5

Descreva as principais consequências da erosão dos solos.

6

Por que os sedimentos podem ser considerados agentes poluidores dos solos?

7

A erosão marinha atua sobre o litoral, modelando o relevo. Escolha uma praia que você conheça, faça uma pesquisa e descreva as principais mudanças na paisagem ocorridas nesta praia quanto à morfologia (forma) da linha de costa e aos problemas ambientais causados nas comunidades costeiras devido a essa erosão marinha.

8

Pesquise na internet e na biblioteca do seu polo o termo “exilados ambientais” e descreva as condições ambientais e possíveis medidas adotadas pelos governos dos países que atualmente vêm sofrendo com esse problema.

Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983.
- BERTONI, Joaquim; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Liv. Freitas Bastos, 1979. 355p.
- EMBRAPA. **Sistema de classificação dos solos**. Brasília, DF: Ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.
- _____. **Sistema de classificação dos solos**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459p.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEPE, 1992. 201p.
- TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

Anotações

Classificação e tipos de solos do Brasil e do estado do Rio Grande do Norte

Aula

12

TIPOS DE SOLOS DO BRASIL



Apresentação

Chegamos enfim a nossa última aula. Aqui veremos como os solos se dividem e como quais suas características principais. O solo é a fonte fundamental da riqueza nacional e a base de suas duas atividades essenciais: a agricultura e a pecuária. Ainda que o país disponha de outros recursos que lhe permitem consolidar a estrutura econômica, sua gravação no mercado internacional, assim como seu bem-estar e progresso interno, dependerão, em todo momento, da capacidade produtiva e da riqueza de suas terras. Para tanto, é preciso, antes de tudo, entender como se distribui e quais são os tipos de solos de cada região do Brasil, especialmente do Estado do Rio Grande do Norte. Um estudo mais aprofundado como este, de classificação dos solos, permite-nos delimitar áreas suscetíveis à agricultura e à pecuária, áreas sem perspectivas de produção, áreas possíveis de serem utilizadas e áreas ambientalmente degradadas ou potencialmente degradadas.

Objetivos

- 1** Entender como se dá a distribuição e as principais características dos solos do Brasil e do Estado do Rio Grande do Norte.
- 2** Compreender a importância dos solos para o desenvolvimento das atividades como agricultura, lazer e planejamento urbano e ambiental.



Breve histórico dos solos do Brasil

Um aumento significativo da produtividade na agricultura brasileira desde 1975 permitiu poupar mais de 50 milhões de hectares de cerrado e floresta que poderiam ter sido desmatados para a abertura de novas áreas de plantio. Esse resultado pode ser atribuído ao uso de tecnologias no campo, à substituição de atividades/culturas, bem como ao bom aproveitamento das novas áreas, com o apoio de instituições de pesquisa que, muitas vezes, trabalham em parceria para obter resultados mais expressivos. Uma parceria desse tipo reuniu a Embrapa Solos (Rio de Janeiro/RJ), unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para elaborar o mapa de solos do Brasil, na escala de 1:5.000.000.

Este novo mapa, lançado no dia 31 de julho de 2004 no auditório do IBGE, no Rio de Janeiro/RJ, inclui os mapas de relevo, vegetação, geologia, fauna e climas do Brasil e já se encontra disponível no site da instituição, o < <http://www.ibge.gov.br>>.

O Mapa de Solos do Brasil identifica e cartografa os diferentes tipos de solos encontrados no país. Reúne informações e conhecimentos produzidos ao longo de mais de 50 anos de ciência do solo no Brasil, e utiliza pela primeira vez a nomenclatura e as especificações recomendadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), da Embrapa Solos (1999), reflexo do avançado estágio de conhecimento técnico-científico dos solos tropicais pela comunidade científica brasileira. Na sua elaboração, foram utilizados os levantamentos exploratórios de solos produzidos pelo Projeto Radam Brasil ao longo das décadas de 1970 e 1980, complementados por outros estudos mais detalhados de solos, produzidos principalmente pela Embrapa e pelo IBGE.

Além de fornecer uma visão panorâmica da grande diversidade de solos do país, o Mapa de Solos do Brasil permite visualizar a distribuição espacial das principais classes de solos, fornecendo informações úteis para diversos fins, como ensino, pesquisa e extensão.

Especificamente para o planejamento territorial, mesmo sem trazer dados para uso local, o mapa contém informações estratégicas para compreensão e avaliação da dinâmica da paisagem nacional, zoneamentos e planejamentos regionais e estaduais, além de planos setoriais, como uso e conservação dos recursos hídricos, corredores de desenvolvimento, sistemas viários e outros. Para um estudo mais aprofundado e visualização deste mapa de solos do Brasil, consulte <www.embrapa.gov.br>.

Sistema brasileiro de classificação de solos

Os tipos de solos a seguir mostram a relação entre as classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), no nível de ordem, e as classes anteriormente utilizadas pela EMBRAPA em seus levantamentos pedológicos. Não estão assinaladas, portanto, as correlações com classes de solos denominadas em levantamentos pedológicos efetuados pelos órgãos que antecederam a EMBRAPA, como o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), Comissão de Solos, dentre outros. Assim, não estão relacionados solos que em levantamentos mais antigos receberam denominações como Mediterrânicos Vermelho-Amarelos, Solos Podzolizados variação Lins, Solos Podzolizados variação Marília, Podzólicos Vermelho-Pardos, Solos Podzolizados de Araçuaí, Solos Podzolizados de Alpinópolis, Regolatsol Amarelo, Solos Bruno-Ácidos, entre outros.

Então, os tipos de solos mais comuns no Brasil são: alissolos, argissolos, cambissolos, chernossolos, espodossolos, gleissolos, latossolos, luvisolos, neossolos, nitossolos, organossolos, planossolos, plintissolos e vertissolos.

Para classificar os solos, temos que entender que estes são sempre produtos da decomposição de rochas, que podem estar em vários estágios. Contudo, em seu processo de formação, atuam também outros fatores, como clima, relevo, microorganismos e seres vivos. Essa transformação ocorre ao longo do tempo.

Os solos, portanto, devido à sua classificação e influência do clima, ocorrem em todos os ambientes. Na Figura 1, observamos as regiões vegetacionais do Brasil, onde ocorrem todos os tipos de solos. Estes solos se formam devido às influências do clima, principalmente, e da composição dos solos.



Figura 1 – Regiões vegetacionais do Brasil

Fonte: Caldas et al. (1978).



Atividade 1

Dentre as regiões vegetacionais do Brasil, encontra-se a caatinga, típica da região Nordeste. Faça uma pesquisa na internet ou na biblioteca do seu polo sobre os principais tipos de vegetação da caatinga mais comuns encontrados na sua cidade ou região.

Solos-paisagens no Brasil

A paisagem é a imagem da ação combinada dos fatores de formação do solo, tais como o relevo, os organismos, o material de origem, o clima e o tempo. É muito importante conhecer a distribuição dos solos na paisagem na execução dos levantamentos de solos (ou pedológicos), e também nos estudos de gênese dos solos. Nas superfícies mais velhas e estáveis da paisagem (relevo plano ou suavemente ondulado), geralmente ocorrem os Latossolos, associados ou não com os Neossolos Quartzarênicos.

Por outro lado, em geral, nas superfícies mais jovens (relevo mais ondulado ou fortemente ondulado) encontramos os Argissolos, Luvisolos, Alissolos, Cambissolos, Nitossolos e Chernossolos e Neossolos Litólicos. Os Vertissolos ocorrem nas baixadas planas ou na parte inferior das encostas quase planas das regiões Nordeste e Sul do Brasil, enquanto que principalmente na faixa litorânea ocorrem os Espodosolos, e nos tabuleiros costeiros, ocorrem os Latossolos e Argissolos coesos. No relevo plano de várzea ocorrem os Organossolos e/ou Gleissolos, podendo ocorrer os Cambissolos nos terraços, e Neossolos Flúvicos ao longo dos cursos d'água.

Classes de solos do Brasil e suas principais implicações agrícolas e não-agrícolas

Aqui, abordaremos as ordens do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, onde faremos uma correspondência entre os atributos e horizontes de diagnósticos já vistos nas aulas anteriores e classes em vários níveis categóricos. Os conceitos apresentados para cada classe são os do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Fiquemos atentos na grafia dos termos referentes às classes de solos. Estas seguem as recomendações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, onde as palavras com todas as letras maiúsculas representam, respectivamente, o primeiro e o segundo níveis categóricos, isto é, ordem e subordem; a palavra com a primeira letra maiúscula representa o grande grupo, e a palavra com a primeira letra minúscula, o subgrupo. Por exemplo: ARGISSOLO (ordem) AMARELO (subordem) Distrófico (grande grupo) arênico (subgrupo). A seguir, descreveremos todos os tipos de solos existentes no Brasil e as principais atividades agrícolas e de uso desses solos.

Argissolos

Esta classe compreende solos que têm como característica principal a presença de horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Além disso, esse horizonte apresenta argila de atividade baixa e, ainda, saturação por alumínio. Os argissolos compreendem, depois dos latossolos, a ordem mais extensa de solos brasileiros, sendo, por isso, de especial importância em nosso país. Eles abrangem uma grande quantidade de solos, desde eutróficos, distróficos e álicos até alumínicos, rasos a muito profundos, abruptos ou não, com cascalho, cascalhentos ou não, com fragipã e até com caráter solódico, o que torna difícil uma apreciação generalizada para os solos dessa ordem como um todo.

Em regiões montanhosas, é comum a presença de argissolos com cascalho ou cascalhentos, interferindo, portanto, no volume de nutrientes e de água presentes por unidade de volume, além do preparo do terreno para o plantio quando em superfície ou próximo a ela (Figura 2). É ainda comum entre esses solos a presença de matacões. Quando a quantidade de matacões é tal que se configura a classe de rochiosidade moderadamente rochosa, o uso de máquinas motorizadas já se torna proibitivo, embora ainda possam ser usados implementos à tração animal. A presença de argissolos com grande quantidade de matacões é mais comum em zonas serranas com relevo fortemente ondulado ou montanhoso. Esses fatores tornam esses terrenos inadequados ao uso agrícola, e, mesmo para pequenos usos, suas limitações são fortes. Essas condições o limitam também para áreas de recreação, além de torná-los inadequados para aterros sanitários, lagoas de decantação e cemitérios.

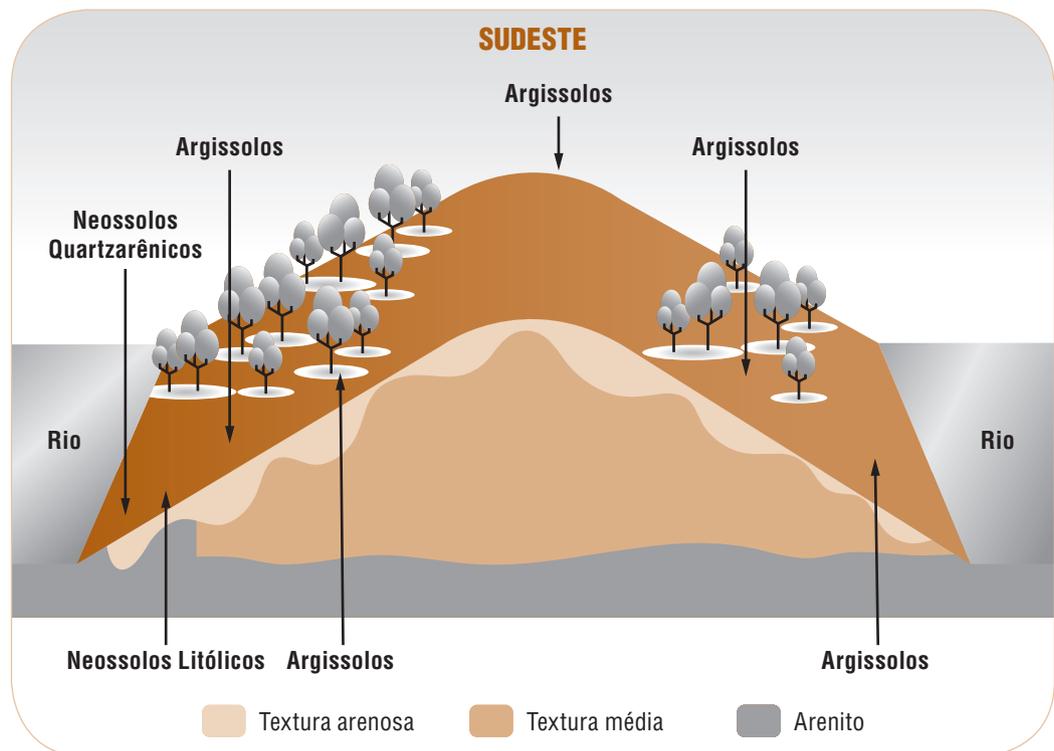


Figura 2 – Solos-paisagens na região Sudeste do Brasil

Fonte: Hélio do Prado. Extraído de: <www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>. Acesso em: 1 jul. 2009.



Atividade 2

Faça um paralelo entre os solos-paisagens da região Sudeste do Brasil, como visto nesta aula e os solos-paisagens da região Nordeste do Brasil, como visto na aula 9, enfatizando, principalmente a distribuição dos argissolos dessas regiões.

Matacões: são conhecidos por seu nome em inglês, *boulders*, que são grandes blocos arredondados de diâmetro maior que 256 mm, produzidos pelo processo de intemperismo químico, conhecido como esfoliação esferoidal, ou pelo desgaste de blocos arrastados por correntes fluviais.

Cambissolos

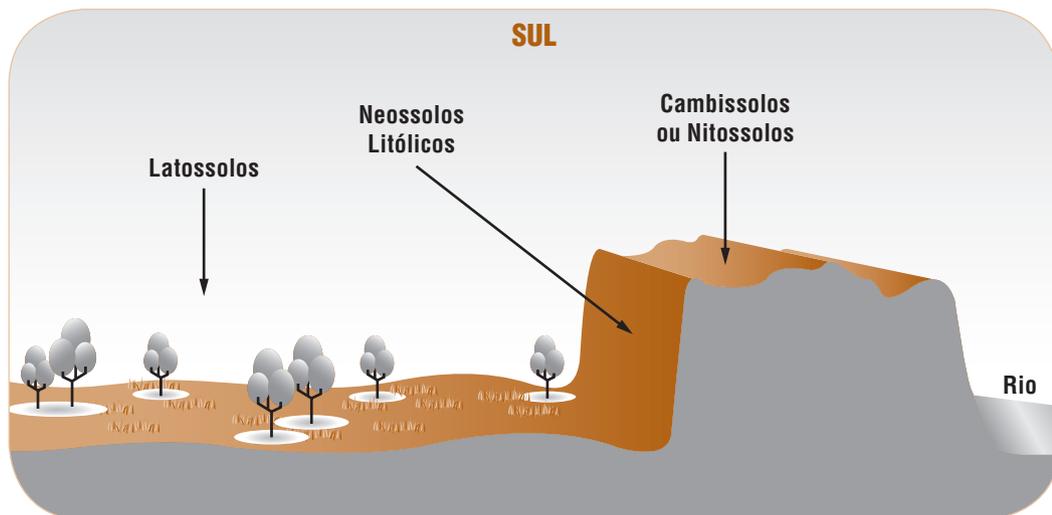
Essa classe compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos chernossolos, plintissolos ou gleissolos. O conceito central é o de solos em estágio intermediário de intemperismo, isto é, que não sofreram alterações físicas e químicas muito avançadas. É, também, uma característica desses solos a pequena diferença de argila ao longo do perfil, exceção feita aos Cambissolos desenvolvidos de sedimentos aluviais, os quais podem apresentar distribuição de argila bastante irregular ao longo do perfil. A concepção central é, portanto, a de solos que em geral não são muito profundos, que apresentam teores relativamente elevados de minerais primários facilmente intemperizáveis, atividade da fração argila de média a alta e uma discreta variação de textura.

Os cambissolos, diferentemente da maioria dos argissolos, não apresentam acréscimo importante de argila no horizonte B, fato que os torna, em igualdade de condições de relevo e uso, menos suscetíveis à erosão.

Os cambissolos ocorrem indiscriminadamente em todas as classes de relevo, desde os planos até os montanhosos. Nas planícies aluviais são encontrados também CAMBISSOLOS Sálícos ou CAMBISSOLOS Salinos e CAMBISSOLOS Sódicos ou CAMBISSOLOS solódicos, CAMBISSOLOS que são ao mesmo tempo sódicos e salinos e até vérticos. Os CAMBISSOLOS Sódicos apresentam problemas devido à presença de teores significativamente elevados de sódio no complexo de troca, e os CAMBISSOLOS salinos, teores de sais em níveis prejudiciais às culturas não adaptadas. A drenagem é uma prática imprescindível nesses solos para a eliminação do sódio e dos sais, daí ser importante a presença de condições favoráveis a tal prática. É de se esperar maior dificuldade de drenagem nos CAMBISSOLOS Sódicos vérticos do que nos outros CAMBISSOLOS Sódicos, porém, sem horizonte vértico, pois este geralmente apresenta, quando saturado, baixíssima condutividade hidráulica.

Os cambissolos situados em planícies aluviais estão sujeitos a inundações. Inundações frequentes e de média a longa duração constituem fator limitante ao pleno uso agrícola desses solos e séria limitação à sua utilização como aterro sanitário, lagoa de decantação, cemitério, área para *camping* e recreação.

Nas regiões mais secas, é muito comum a presença de CAMBISSOLOS Carbonáticos, muitos deles situados em relevo quase plano. Tais solos possuem elevado potencial nutricional, apresentando como problema maior a falta de água. Os valores elevados de pH que alguns desses solos apresentam podem se refletir em indisponibilidade de alguns micronutrientes, notadamente zinco, ferro, cobre e manganês (Figura 3).



Fonte: Hélio do Prado. Extraído de: <www.pedologiafacil.com.br/solospaisagem.php>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Figura 3 – Solos-paisagens na região sul do Brasil

Nas regiões serranas do Brasil meridional, é comum a presença de cambissolos com caráter aluminico. São solos muito pobres, além de apresentarem elevados teores de alumínio extrável, o que lhes confere séria limitação ao aproveitamento agrícola. As condições climáticas – baixa temperatura média anual, aliada a limitações químicas – diminuem bastante as opções de uso de tais solos. A fruticultura de clima temperado, as pastagens e o reflorestamento com pinus são seus principais usos.

Chernossolos

São solos constituídos por material mineral, que tem como características determinantes alta saturação por bases, argila de atividade alta e horizonte A chernozêmico sobrejacente a um horizonte B textural, B nítico, B incipiente ou horizonte C cálcico ou carbonático. Os chernossolos são por definição solos com elevado potencial agrícola, pois são muito ricos quimicamente, e a presença do horizonte A chernozêmico, rico em matéria orgânica, lhe confere horizonte superficial bem aerado e estruturado. As principais limitações desses solos são de ordem física e, naqueles situados em clima mais seco, a falta de água. Sua elevada plasticidade e pegajosidade do horizonte superficial, quando de textura argilosa, determinam elevada plasticidade e pegajosidade quando molhado, dificultando a trafegabilidade e o preparo do terreno para o plantio. Isso é particularmente importante quando é usada a tração animal. E a presença de mudança textural abrupta em CHERNOSSOLOS ARGILÚVICOS Órticos abuptos lhes confere elevada erodibilidade, especialmente naqueles situados em terrenos declivosos.

É comum, nas regiões mais secas, a presença de chernossolos com teores elevados de carbonato de cálcio e com caráter vértico, e até de solos que apresentam ambos os atributos. E estes requerem irrigação para a produção de plantas não adaptadas a essa condição.

Espodosolos

Compreendem solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente ao horizonte E álbico ou horizonte A, que pode ser de qualquer tipo, ou ainda subjacente a horizonte hístico com menos de 40 *cm* de espessura.

No Brasil, os espodosolos, em sua grande maioria, possuem textura arenosa ao longo do perfil, sendo pouco frequentes os que apresentam horizonte B de textura média e raros os de textura argilosa. A condição de textura arenosa determina elevada permeabilidade, ressecamento rápido, elevada taxa de decomposição da matéria orgânica e virtual ausência de reservas em nutrientes, posto que a fração mais grossa é constituída, com raras exceções, de quartzo.

Alguns espodosolos apresentam mudança textural abrupta. Este atributo pode influir significativamente na disponibilidade hídrica de tais solos, visto que a presença de horizonte de textura bem mais fina (maior percentagem de argila), além de reter maior quantidade de água, determina, em geral, menor permeabilidade interna, diminuindo, portanto, a quantidade de água que percola em profundidade.

Os espodosolos, com raríssimas exceções, são solos ácidos e muito pobres em nutrientes para as plantas. A pobreza em micronutrientes é também acentuada. Nos de textura arenosa, que são a grande maioria, a capacidade de retenção de cátions está restrita praticamente à matéria orgânica, um pouco mais elevada na camada superficial. Apesar de suas limitações químicas, algumas áreas de espodosolos nos tabuleiros costeiros nordestinos são utilizadas com cana-de-açúcar mediante intenso uso de insumos e alcançando apenas níveis médios a baixos de produtividade. Nas baixadas litorâneas da região nordestina, é importante a exploração extrativista do cajueiro e coco-da-baía, nativos dessas áreas.

As maiores ocorrências dos espodosolos estão no extremo Norte do Brasil (Noroeste da Amazônia e Centro-Sul de Roraima). Ao longo das baixadas litorâneas, especialmente a partir de Pernambuco, indo em direção ao Sul, encontram-se muitas ocorrências de espodosolos, especialmente em Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santos e Rio Grande do Sul (Figura 4).

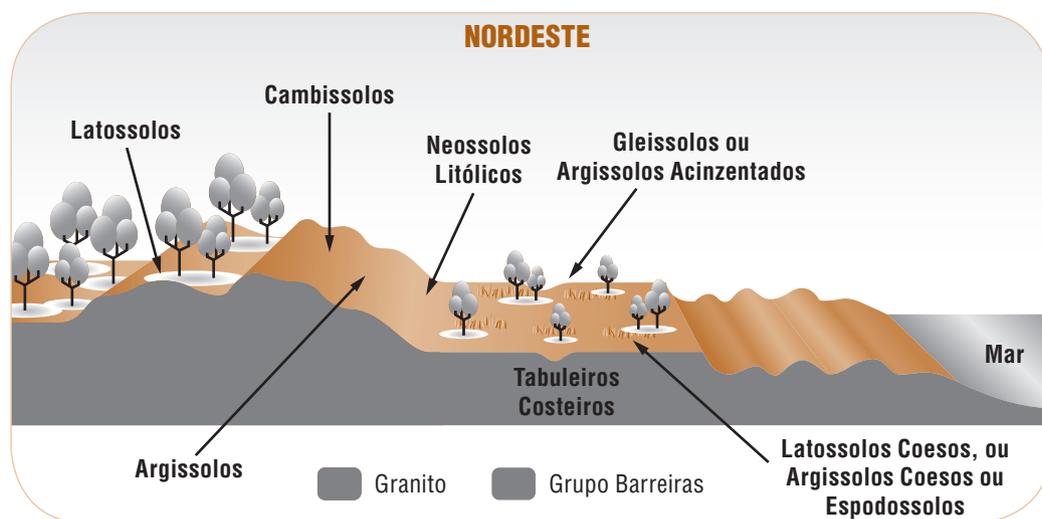


Figura 4 – Solos-paisagens na região Nordeste do Brasil

Fonte: Hélio do Prado. Extraído de: <www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Gleissolos

A ordem dos gleissolos compreende solos hidromórficos constituídos por material mineral e que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 50 *cm* da superfície do solo, ou a profundidades entre 50 e 125 *cm*, desde que imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte C, com presença de mosqueados abundantes, com cores de redução. Excluem-se dessa classe solos com características distintivas dos Vertissolos, Planossolos, Plintossolos ou Organossolos.

A grande maioria desses solos encontra-se em planícies aluviais que apresentam excesso de água durante grande parte do ano. A condição de drenagem interna má a muito má é, portanto, geral para todos os solos dessa classe. A grande maioria dos gleissolos apresenta lençol freático elevado (mais de 50 *cm* da superfície do terreno) durante grande parte do ano, produzindo forte limitação de uso. Os gleissolos, de maneira geral, pela presença do lençol freático próximo ou muito próximo à superfície do terreno, pela situação em planícies aluviais sujeitas a inundações, não são adequados para uso como cemitérios, aterros sanitários, lagoas de decantação, áreas de acampamentos e recreações.

Latossolos

Esta classe de solos compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial. Os solos dessa ordem ocupam mais de 50% do território brasileiro, constituindo, portanto, nesse aspecto, a ordem mais importante do país.

São solos que apresentam avançado estágio de intemperismo e, conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores ou virtual ausência de minerais primários facilmente alteráveis. Sua reserva em nutrientes é, portanto, muito reduzida, fato que não os impede de serem solos bastante produtivos quando nem manejados.

Do ponto de vista da fertilidade, os latossolos variam desde os eutróficos até os alumínicos, estes últimos relativamente pouco comuns, sendo os LATOSSOLOS BRUNOS Alumínicos os mais frequentes entre eles. Como esses solos em geral apresentam horizonte superficial rico em matéria orgânica, requerem quantidade expressivas de corretivos para neutralizar sua acidez. Os LATOSSOLOS eutróficos são mais comuns em regiões de clima mais seco ou em solos derivados de rochas básicas, como os basaltos e diabásios. E os LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos (Latossolos Roxos Eutróficos) estão entre os solos brasileiros com maior produtividade e ocupação agrícola.

A grande maioria dos latossolos situa-se em relevo aplainado a suavemente ondulado. As ocorrências em relevo montanhoso são bem menos frequentes. São solos de fácil preparo para o plantio, mesmo os argilosos, em decorrência de sua adequada consistência. As condições de relevo e a baixa erodibilidade dificultam os processos erosivos, especialmente nos solos que apresentam horizonte superficial de textura franco-argilosa ou mais fina. São, por isso, solos bastante utilizados para culturas extensivas.



Atividade 3

Os latossolos são os solos mais abundantes no Brasil. Faça uma pesquisa sobre as ocorrências desses solos no país e indique que tipos de atividades antrópicas, ou seja, praticadas pelo homem, são mais frequentes neste tipo de solo.

Luvissolos

Esta classe compreende solos com horizonte B nítico ou B textural, exclusivamente eutróficos, com alta saturação por bases e argila de atividade alta. São solos muito ricos quimicamente, apresentando elevado potencial nutricional, apesar de poder ocorrer, especialmente nos LUVISSOLOS HIPOCRÔMICOS, por vezes, saturação por alumínio relativamente elevada na parte mais superficial, menos saturada por bases. Tais solos, identificados como LUVISSOLOS HIPOCRÔMICOS Órticos alissólicos, não apresentam, contudo, maiores problemas devido ao teor absoluto de alumínio relativamente alto. A classe luvissolos compreende solos situados em condições climáticas completamente distintas, o que lhes confere significativa diferença quanto à aptidão agrícola. A grande maioria dos LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos (anteriormente denominados de Solos Brunos Não-Cálcicos) ocorre na região semiárida nordestina, enquanto a maioria dos LUVISSOLOS HOPOCRÔMICOS (anteriormente denominados Podzólicos Bruno-Acinzentados Eutróficos) se restringe às regiões altimontanas do Brasil meridional de clima subtropical, sem ou apenas com discreta deficiência hídrica anual, ou ainda com significativa deficiência hídrica, como na região de Bagé (RS); porém, nesse caso, menos acentuada que a verificada no semiárido nordestino, onde a irrigação é imprescindível para ampliar o leque de opções de uso do solo e para permitir boas produções.

Os luvissolos, em sua grande maioria, apresentam textura arenosa ou média em superfície, fato que determina consistência em geral macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, apesar de a argila ser de elevada atividade. Essa condição permite preparo fácil para o plantio. Os luvissolos e em especial os LUVISSOLOS ÓRTICOS apresentam regolito (solum + horizonte C + saprólito) de espessura relativamente reduzida, fato que limita seu uso como aterro sanitário.

Neossolos

Compreendem solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos em consequência da baixa intensidade de atuação desses processos, o que não permitiu, ainda, modificações expressivas do material originário; das características do próprio material, pela sua resistência ao intemperismo ou

composição química; e pelo relevo, que, isoladamente ou em conjunto, impediu ou limitou a evolução desses solos.

Em ordem, esta classe agrega quatro subordens, que são:

- **NEOSSOLOS LITÓLICOS** (anteriormente denominados de Solos Litólicos);
- **NEOSSOLOS FLÚVICOS** (anteriormente denominados de Solos Aluviais);
- **NEOSSOLOS REGOLÍTICOS** (anteriormente denominados de Regossolos);
- **NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS** (anteriormente denominados de Areias Quartzosas).

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS apresentam severas restrições ao aprofundamento do sistema radicular das plantas, posto que o contato lítico ocorre a pouca profundidade. Esse fato determina um reduzido volume de água e de nutrientes disponíveis para as plantas e pequeno volume para o sistema radicular ancorá-las, especialmente árvores que apresentem sistema radicular profundo. Agrava essa limitação o fato de grande parte desses solos ocorrer em relevo fortemente ondulado a montanhoso e, em muitos casos, com rochas expostas. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS se distribuem por todas as regiões do Brasil, predominando em áreas declivosas; porém, em algumas áreas, como na região de Uruguaiana (RS), o relevo chega a ser plano.

Os NEOSSOLOS FLÚVICOS apresentam uma diversidade bem maior de solos que as outras classes de neossolos. Do ponto de vista químico há desde solos muito ricos até muito pobres. Esses solos, por apresentarem argila de atividade alta e por ela estar altamente saturada por bases, possuem um potencial nutricional bastante elevado.

Já os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS, como os identificados no nível de subgrupo como lépticos (NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico Léptico), são bastante semelhantes aos NEOSSOLOS LITÓLICOS, especialmente aqueles que apresentam contato lítico após 50 *cm* de profundidade. Em tais solos, o volume de água e de nutrientes disponíveis para as plantas é igualmente baixo, além de oferecerem, como aqueles, pequena ancoragem a elas.

E os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, por serem muito arenosos, apresentam sérias limitações com respeito ao armazenamento de água disponível para as plantas. E como suas areias são constituídas praticamente de mineral quartzo, estes são solos desprovidos por completo de minerais primários alteráveis e, portanto, virtualmente sem nenhuma reserva potencial de nutrientes para as plantas. Apesar disso, são bastante utilizados com reflorestamento e até com cultura canaveira; neste caso, com produções sempre aquém das obtidas em outros solos. No Nordeste do Brasil, extensas áreas desses solos são cobertas de coco-da-baía e cajueiros.

E em resumo, os neossolos oferecem variadas limitações aos usos não-agrícolas. Os de textura arenosa, como os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Psamíticos e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS, são muito permeáveis e, apesar de poderem apresentar espessa zona de areação, sua baixa capacidade adsortiva facilita a lixiviação profunda de produtos tóxicos e

metais pesados e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático. São, pela facilidade de escavação, adequados para cemitérios. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS e os subgrupos lépticos de outras subordens de neossolos são inadequados para uso como cemitérios e aterros sanitários, devido à sua reduzida espessura. Os NEOSSOLOS FLÚVICOS, em especial os gleicos, têm o lençol freático a pouca profundidade, o que limita também tais solos para usos não-agrícolas.

Nitossolos

Estes compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, com argila de atividade baixa ou com caráter alumínico. São solos com textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares ou prismáticos muito bem desenvolvida (moderada ou forte), com superfícies dos agregados reluzentes, relacionadas à cerosidade e/ou superfície de compressão. E, por definição, são solos com pequena diferença textural, o que lhes confere, em igualdade de condições de relevo e uso, menor erodibilidade que outros solos que apresentam diferenças mais acentuadas de textura. São, também, solos profundos e, apesar de argilosos, possuem boa permeabilidade interna. A maior parte dos nitossolos corresponde às anteriormente denominadas Terras Roxas Estruturadas, constituindo solos de grande importância agrícola.

Os NITOSSOLOS, especialmente os VERMELHOS, são abundantes no Brasil Meridional (Figura 5), relacionando-se com o extenso derrame basáltico que se prolonga de São Paulo até o Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Outras regiões menos extensas, porém ainda importantes do ponto de vista espacial, encontram-se em Ceres (GO), no extremo Norte do Estado de Tocantins e em Tocantinópolis (MA). Pequenas áreas são, contudo, encontradas em inúmeras outras regiões no Brasil.

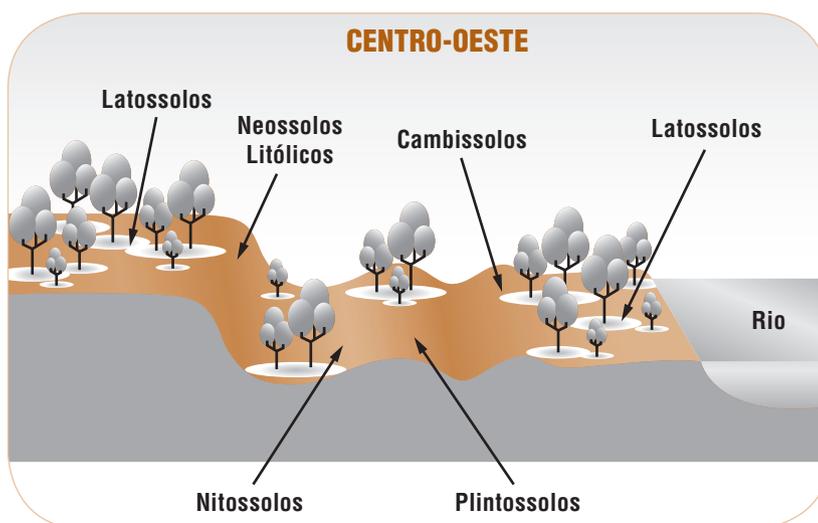


Figura 5 – Solos -paisagens na região Centro-Oeste do Brasil

Fonte: Hélio do Prado. Extraído de: <www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Organossolos

Compreendem solos pouco evoluídos, constituídos por material orgânico proveniente de acumulações de restos de vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal a muito mal drenados, ou em ambientes úmidos de altitude elevada e que estão saturados com água por poucos dias no período chuvoso. Em todos os casos, possuem coloração preta, cinzenta muito escura ou marrom e elevados teores de carbono orgânico.

No Brasil, a maioria desses solos ocorre em ambientes mal drenados de planícies aluviais, sendo raros os ORGANOSSOLOS desenvolvidos em outros ambientes.

Grande parte dos organossolos situados na planície costeira é influenciada pelas marés e apresenta elevados teores de compostos de enxofre, dando origem aos materiais sulfídricos, e, quando drenados, ao horizonte sulfúrico. Esses solos, identificados como ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS, oferecem sérias limitações ao uso agrícola, posto que na condição natural são muito mal drenados, carecendo de drenagem para poderem ser utilizados e, quando drenados, forma-se ácido sulfúrico, com acentuada diminuição do pH do solo. As limitações são tanto mais intensas quanto menos profundo se forma o horizonte sulfúrico.

Os ORGANOSSOLOS em geral são pobres quimicamente, ácidos, e devido a seu elevado poder tampão, requerem substanciais quantidades de corretivos para serem corrigidos, o que onera bastante seu uso. Raros são em nosso país os ORGANOSSOLOS Eutróficos. São solos geralmente utilizados para cultivos hortícolas. No litoral do estado de São Paulo, por exemplo, são usados na cultura de banana.

Planossolos

Compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B, imediatamente subjacente, adensado, em geral, de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção de lençol de água (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano.

São solos com sérias limitações físicas. A baixa condutividade hidráulica do horizonte plântico determina a formação de um lençol freático suspenso temporário nos períodos chuvosos do ano e ao estabelecimento de ambiente redutor em seu topo e na base do horizonte suprajacente, causando sérios distúrbios nas plantas menos adaptadas a essa condição de hidromorfismo temporário, como o cafeeiro e plantas citrícolas. A transmissão de doenças de plantas que se propagam com maior facilidade em ambiente relativamente mal drenado é também um fator limitante desses solos. Além do lençol freático temporário no topo do horizonte plântico, é comum a presença de horizonte glei, como nos planossolos identificados como gleicos.

Nos PLANOSSOLOS NÁTRICOS, é muito importante a profundidade de ocorrências do horizonte B devido à presença de teores elevados de sódio em seu complexo de troca. Nesse particular, os PLANOSSOLOS NÁTRICOS arênicos e espedoarênicos são considerados os melhores para a agricultura, pois neles o horizonte B nátrico está entre 50 e 100 *cm* nos primeiros e a mais de 100 *cm* de profundidade nos últimos. Os PLANOSSOLOS NÁTRICOS necessitam de substituição e lavagem do sódio, sendo crucial, para tanto, uma boa permeabilidade interna. Essa condição é bastante limitada nos PLANOSSOLOS NÁTRICOS vérticos, pois este horizonte possui baixíssima condutividade hidráulica saturada. Igual dificuldade apresentam os PLANOSSOLOS HÁPLICOS Sálidos vérticos para a eliminação dos sais em excesso.

Nos PLANOSSOLOS com caráter carbonático ou horizonte cálcico, como os PLANOSSOLOS HÁPLICOS Carbonáticos e os PLANOSSOLOS NÁTRICOS Carbonáticos, é possível a ocorrência de deficiência em certos micronutrientes, especialmente zinco, ferro, cobre e manganês, devido a seu elevado pH.

Observa-se que as maiores concentrações de ambos ocorrem no Nordeste e no Pantanal Mato-grossense, e ainda no Rio Grande do Sul e no Norte de Roraima, no caso dos PLANOSSOLOS HÁPLICOS.



Atividade 4

Trace um paralelo entre os solos ORGANOSSOLOS e PLANOSSOLOS, identificando suas principais características físicas.

Plintossolos

Estes compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário do excesso de umidade, e de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentarem expressiva plintificação com ou sem petroplintita ou horizonte litoplíntico.

São solos que apresentam horizonte B textural sobre ou coincidente com horizonte plíntico, ocorrendo também solos com horizonte B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte B. O horizonte plíntico, dependendo de outros requisitos, pode ocorrer a várias profundidades, assim como o horizonte litoplíntico. São predominantemente solos ácidos, com saturação por bases baixa e também com argilas de atividade baixa. Todavia, ocorrem também solos com saturação por bases média a alta, como também com caráter

solódico ou sódico, sendo pouco comuns, contudo, aqueles com argilas de atividade alta. Essas condições determinam que a classe dos PLINTOSSOLOS é formada por solos com enorme diversidade morfológica e analítica.

Na apreciação agrícola e não-agrícola dos PLINTOSSOLOS é importante levar em consideração a profundidade em que está ocorrendo a presença do horizonte plíntico, litoplíntico ou petroplíntico e a quantidade de plintita e/ou de concreções presentes.

Os PLINTOSSOLOS estão usualmente relacionados a terrenos de várzea, áreas com relevo plano ou suavemente ondulados e também em terço inferior a vertentes. São mais frequentemente utilizados com cultura de arroz e pastagens.

Na Figura 6, observa-se que as áreas mais expressivas estão situadas no Estado do Amazonas, na ilha de Marajó e na Baixada Maranhense, no Pantanal, nos Estados do Tocantins e do Piauí.

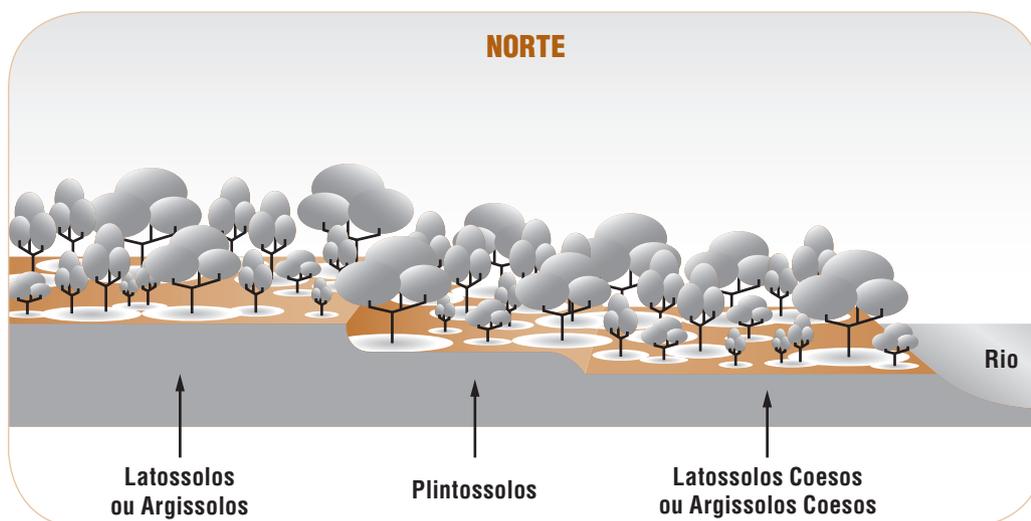


Figura 6 – Solos-paisagens na região Norte do Brasil

Fonte: Hélio do Prado. Extraído de: <www.pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Vertissolos

Compreendem solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, porém nunca suficiente para caracterizar um B textural. Como são solos com no mínimo 30% de argila, e sendo esta de atividade alta, apresentam elevada capacidade de contração quando secos e expansão quando úmidos, resultando em fendas profundas na época seca, estruturas inclinadas com relação à superfície do terreno e superfícies de fricção.

A quase totalidade dos vertissolos descritos no Brasil apresenta elevados valores de soma de bases e de saturação por bases, sendo, portanto, eutróficos. Como são solos de argila de atividade alta, esses valores se traduzem em elevada reserva em nutrientes. Além disso, com frequência possuem significativos teores de minerais primários facilmente intemperizáveis.

São solos com discreta diferenciação de horizontes. As principais restrições dos vertissolos se relacionam com propriedades físicas, sobretudo a condutividade hidráulica e a consistência. Devido à sua capacidade de contração, formam grande quantidade de fendas quando secos e, por isso, apresentam elevada condutividade hidráulica não-saturada. A presença de fendas condiciona, nas culturas de arroz irrigado, grande perda inicial de água.

Os altos teores de argila de elevada atividade coloidal determinam consistência extremamente dura a muito dura em solo seco, firme a muito firme em solo úmido, e plástica a muito plástica e pegajosa a muito pegajosa quando molhado. Essas condições de consistência se manifestam no preparo dos solos para o plantio, muito trabalhoso e difícil, exigindo força de tração muito maior do que em solos de igual textura, mas com argilas de baixa atividade, requerendo várias passagens de grade para destorroar os grandes torrões e formar um leito adequado para o plantio, a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas. Outro fator limitante desses solos se deve à estreita faixa compreendida entre os teores de umidade considerados ótimos e ruins para o preparo para o plantio, sendo difícil a um agricultor, especialmente àqueles que não dispõem de maquinário adequado, lavrar todas as suas terras durante o período no qual as condições de umidade são as mais adequadas. Os vertissolos apresentam, portanto, limitações muito mais pronunciadas para o nível de manejo B (tração animal) do que para o nível de manejo C (tração motorizada).

Ocorrências e tipos de solos do estado do Rio Grande do Norte

Dentre os vários tipos de solos do Estado, podemos destacar:

Luvissolos (Solos Bruno Não Cálcicos) – ocupam a parte Centro-Sul do Estado e caracterizam-se por serem rasos a pouco profundos, de relevo suavemente ondulado, moderadamente ácidos a praticamente neutros, estando relacionados principalmente com os biotitas-gnaisses. Estes solos são ricos em nutrientes, mas o seu uso é restrito em virtude de estarem localizados, em sua maioria, no sertão, onde as chuvas, assim como o relevo e a profundidade efetiva, são fatores restritivos.

Latossolos Vermelho-Amarelos – estende-se por quase todo o litoral do Rio Grande do Norte e caracteriza-se por apresentar solos profundos, acima de um metro, bem drenados, porosos, friáveis, com baixos teores de matéria orgânica e predominantemente ácidos.

Neossolos (Areias Quartzosas, Regossolos, Solos Aluviais, Solos Litólicos) – ocupam também quase todo o litoral e a margem dos principais rios. São solos não hidromórficos, arenosos, desde ácidos até alcalinos e excessivamente drenados, tanto na forma muito profunda (as Areias Quartzosas) quanto na forma rasa e pouco profunda (os Litólicos), com fertilidade que vai de baixa, nas Areias Quartzosas, a alta, nos Litólicos (Figura 7).



Fonte: <www.brasil-natal.com.br/destinos_polos_cosiabrasileira>
Acesso em: 1 jul. 2009.

Figura 7 – Aspecto típico de areias quartzosas. Galinhos/RN

Planossolos (Soloncharks–Sálico, Solonetz–Solodizado) – estão presentes em pequenas áreas do Estado. São solos de rasos a pouco profundos, com limitação de moderada a forte para uso agrícola, em consequência das más condições de drenagem do solo e dos teores de sódio trocável, que variam de médio a alto.

Argissolos (Podzólicos Vermelho-Amarelos) – ocupam, principalmente, a região do Alto Oeste. Caracterizam-se por serem solos medianamente profundos a profundos, fortemente a moderadamente drenados, com baixos teores de matéria orgânica, possuindo grande potencial agropecuário.

Cambissolos Eutróficos – característicos de áreas de relevo plano a fortemente ondulado, sob a vegetação de caatinga hipo e hiperxerófila, são solos rasos a profundos, bem drenados, desenvolvidos a partir de diversas rochas, como calcário, granito e migmatito.

Solos de mangue – presentes nas desembocaduras dos rios, como o Potengi e o Curimataú, e caracterizam-se por apresentar salinidade e grande quantidade de matéria orgânica (Figura 8).



Figura 8 – Visão geral de um típico solo de mangue do rio Potengi, Natal/RN

Fonte: <www.flickr.com>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Chernossolos (Rendzinas) – localizados na chapada do Apodi, são solos alcalinos rasos moderados a imperfeitamente drenados e derivam de calcários (Figura 9).



Figura 9 – Solos típicos compostos de calcário na Chapada do Apodi

Fonte: <www.wikipedia.org/wiki/Chapada_do_Apodi>. Acesso em: 1 jul. 2009.

Resumo

A aula abordou as relações existentes entre todos os solos do Brasil, enfatizando os solos do Estado do Rio Grande do Norte. Enfatizamos, também, a classificação dos solos do Brasil e suas possibilidades de desenvolvimento seja na agricultura, pecuária, lazer e planejamento urbano ou ambiental.

Autoavaliação

1

Os ESPODOSSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral. Cite os locais de maiores ocorrências desses solos no Brasil.

2

Qual a importância e influência da água na formação dos solos GLEISSOLOS?

3

Quais as principais características e diferenças entre os NEOSSOLOS LITÓLICOS, NEOSSOLOS FLÚVICOS, NEOSSOLOS REGOLÍTICOS e os NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS?

4

Descreva as principais características vegetacionais do Brasil. Subdivida nas regiões Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

5 Quais as principais características que diferenciam os solos LUVISSOLOS CRÔMICOS dos LUVISSOLOS HOPOCRÔMICOS?

6 Os solos de mangue são presentes em todas as desembocaduras dos rios. Faça uma pesquisa e enumere todos os rios que deságuam no litoral do Estado do Rio Grande do Norte.

7

Os solos **CHERNOSSOLOS** (Rendzinas), típicos por serem formados de calcário, são localizados predominantemente na Chapa do Apodi. Nela, encontramos o Lajedo de Soledade. Faça, então, uma pesquisa sobre o que é o Lajedo de Soledade e sua importância para o turismo regional.

8

Descreva e compare as principais características dos solos **ARGISSOLOS** e **CAMBISSOLOS**.

Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1983.
- BERTONI, Joaquim; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Liv. Freitas Bastos, 1979. 355p.
- EMBRAPA. **Sistema de classificação dos solos**. Brasília, DF: Ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1999.
- _____. **Sistema de classificação dos solos**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006.
- _____. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 1 jul. 2009.
- FELIPE, J. L. A.; CARVALHO, E. A. **Atlas Escolar do Rio Grande do Norte**. João Pessoa, PB: Grafset, 2001.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999. 340p.
- MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: LTC, 1975. 459p.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2. ed. Jaboticabal, SP: FUNEPE, 1992. 201p.
- TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000.

Anotações

Esta edição foi produzida em **mês de 2012** no Rio Grande do Norte, pela Secretaria de Educação a Distância da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (SEDIS/UFRN). Utilizando-se Helvetica Lt Std Condensed para corpo do texto e Helvetica Lt Std Condensed Black títulos e subtítulos sobre papel offset 90 g/m².

Impresso na nome da gráfica

Foram impressos **1.000** exemplares desta edição.

SEDIS Secretaria de Educação a Distância – UFRN | CampusUniversitário
Praça Cívica | Natal/RN | CEP 59.078-970 | sedis@sedis.ufrn.br | www.sedis.ufrn.br

ISBN 978-85-7273-875-0



9 788572 738750 >



Ministério da
Educação

