

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Volume 2::

Geomorfologia Geral::





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Geomorfologia Geral

Volume 2

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

Ministério da
Educação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Apoio:



FAPERJ

Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua da Ajuda, 5 – Centro – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20040-000

Tel.: (21) 2333-1112 Fax: (21) 2333-1116

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-presidente

Masako Oya Masuda

Coordenação do Curso de Geografia

UERJ – Glaucio José Marafon

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

COORDENAÇÃO DE

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

SUPERVISÃO DE

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Flávia Busnardo

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

E REVISÃO

Heitor Soares de Farias

José Meyohas

Karin Gonçalves

Paulo César Alves

AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Thaís de Siervi

Departamento de Produção

EDITOR

Fábio Rapello Alencar

COORDENAÇÃO DE

REVISÃO

Cristina Freixinho

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Beatriz Fontes

COORDENAÇÃO DE

PRODUÇÃO

Bianca Giacomelli

DIRETOR DE ARTE

Alexandre d'Oliveira

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Alexandre d'Oliveira

Juliana Fernandes

ILUSTRAÇÃO

Fernando Romeiro

CAPA

Fernando Romeiro

PRODUÇÃO GRÁFICA

Patrícia Esteves

Copyright © 2014, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

A257G

Afonso, Anice. .

Geomorfologia geral. V. 2. / Anice Afonso, Telma Mendes da Silva. – Rio de Janeiro: Cederj, 2014.

290 p.: 19 x 26,5 cm

ISBN: 978-85-7648-957-3.

I. Geomorfologia. 1. Silva, Telma Mendes da. I. Título.

CDD: 551.41

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Vieira

Universidades Consorciadas

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
Diretor-geral: Carlos Henrique Figueiredo Alves

IFF - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
Reitor: Luiz Augusto Caldas Pereira

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
Reitor: Silvério de Paiva Freitas

UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO
Reitor: Ricardo Vieiralves de Castro

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Roberto de Souza Salles

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO
Reitor: Carlos Levi

UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO
Reitora: Ana Maria Dantas Soares

UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Reitor: Luiz Pedro San Gil Jutuca

Aula 8 – Como o clima influencia na alteração das rochas e na formação dos solos? _____	7
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 9 – Desgaste, fluxos e acúmulo de materiais em encostas _____	43
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 10 – Como a drenagem dos rios interfere nas formas de relevo – parte 1 _____	87
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 11 – Como a drenagem dos rios interfere nas formas de relevo – parte 2 _____	119
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 12 – A ação do gelo na superfície da Terra _____	149
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 13 – As classificações do relevo no ensino da Geomorfologia _____	187
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 14 – As classificações do relevo brasileiro usadas no ensino básico de Geografia _____	223
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Aula 15 – Prevenção de riscos de desastres naturais, planejamento e recuperação ambiental a partir de mapeamentos geomorfológicos _____	257
Anice Afonso e Telma Mendes da Silva	

Referências _____	285
--------------------------	-----

Aula 8

Como o clima
influencia na
alteração das
rochas e na
formação dos
solos?

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Meta da aula

Relacionar os elementos climáticos a processos geomorfológicos específicos, dando ênfase ao intemperismo (processo de alteração das características originais das rochas da litosfera) e à pedogênese (processo de formação dos solos).

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. caracterizar a geomorfologia climática e descrever as fases do ciclo hidrológico;
2. identificar os diferentes tipos de intemperismo físico;
3. identificar os diferentes tipos de intemperismo químico;
4. relacionar a formação de solos (*pedogênese*) aos ambientes climáticos.

INTRODUÇÃO

O relevo da superfície terrestre está em constante transformação, graças à ação de agentes internos (como visto na aula anterior) e de agentes externos (ação da temperatura, da água, dos ventos e dos organismos), incluindo a ação antrópica. A geomorfologia, como ciência que estuda as formas de relevo, tem foco na sua gênese, composição (materiais) e nos processos que nelas atuam. Assim, as feições geomorfológicas são resultado da interação espacial e temporal dos elementos da litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera.

As inúmeras modificações que ocorreram no passado ao longo da história geológica do planeta explicam a diversidade de formas de relevo que ocorrem na Terra. Essas alterações continuam a ocorrer nos dias atuais e continuarão a provocar alterações futuras nas formas de relevo. O relevo não está parado: sua evolução é constante, provocado por modificações permanentes que resultam de processos geomorfológicos com graus variados de intensidade e frequência no tempo e no espaço.

Nesta aula, iniciaremos o estudo dos processos geomorfológicos provocados pelos agentes externos. Entre os agentes externos mais evidentes na modificação da litosfera, destacamos a ação da água e do sol. A umidade é a maior responsável pelos processos de *intemperismo* (alteração física e/ou química dos materiais da superfície terrestre); a água da chuva, dos rios, do mar e das geleiras, devido à erosão, ao transporte e à deposição de materiais. No entanto, a água não mudaria de estado físico se não fosse pela ação do sol, responsável principal por mudanças de temperatura e, por consequência, pela transformação da água em vapor ou gelo, pela circulação de massas de ar (gerando ventos), pela formação de ondas que afetam as zonas costeiras e outros processos sobre a superfície terrestre.

A ação dos agentes externos sobrepõe-se à dos agentes internos em muitas regiões em todos os continentes, constituindo paisagens

fortemente influenciadas pelo clima. Isso explica a classificação de certas paisagens de acordo com critérios *morfoclimáticos*, buscando relacionar a dinâmica dos elementos do clima (água, temperatura, ventos etc.) aos processos de intemperismo, erosão, transporte e sedimentação que contribuem para a elaboração de formas especiais de feições morfológicas e/ou aos tipos de materiais encontrados em ambientes climáticos específicos.

Geomorfologia climática e a morfodinâmica do relevo

A geomorfologia climática é um ramo da geomorfologia que busca relacionar as influências exercidas pelos elementos climáticos sobre o relevo. A identificação de feições geomorfológicas particulares, associadas a ambientes climáticos específicos, leva à definição de *sistemas morfogenéticos* de relevo, nos quais os climas exercem (ou exerceram) ação modificadora sobre a paisagem. Entre os sistemas morfogenéticos mais expressivos, podem ser citados aqueles formados sob ambientes glaciais, desérticos, temperados, tropicais, devendo ainda considerar-se variabilidades de cada tipo climático, especialmente no que se refere ao volume e à distribuição das chuvas ao longo do ano.

Os elementos climáticos com maior eficiência na ativação de processos externos são *temperatura* e *umidade*. Esses dois elementos são os maiores responsáveis pela alteração nas características de minerais e rochas expostos à ação dos fenômenos meteorológicos, dos corpos d'água (rios, geleiras, oceanos) ou dos organismos. Daremos início ao estudo da ação do clima sobre o relevo, relembrando o funcionamento do ciclo da água sobre a superfície terrestre.

O ciclo hidrológico

A **Figura 8.1** ilustra esquematicamente o movimento da água ao longo de um percurso chamado *ciclo hidrológico* ou ciclo da água. Nele, a água circula na hidrosfera em seus diferentes estados físicos, sempre interagindo com a atmosfera, litosfera e biosfera.

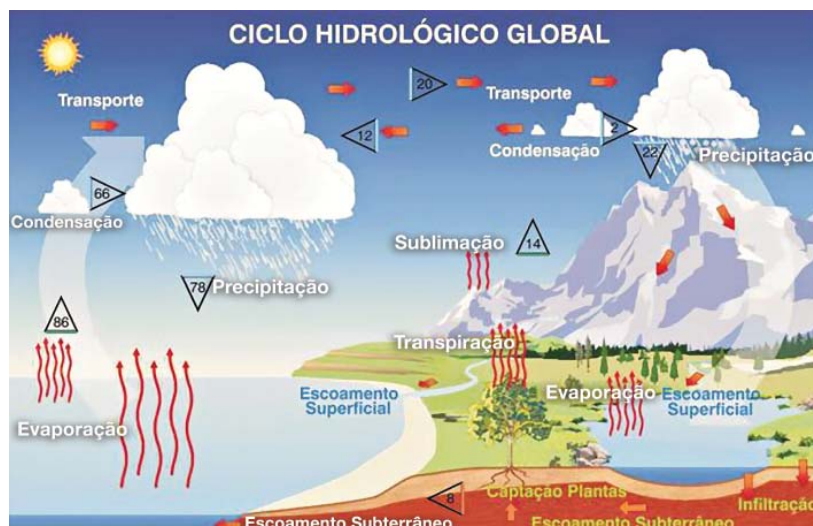


Figura 8.1: Ilustração esquemática das diferentes fases do ciclo hidrológico. Observa-se que os triângulos estão indicando a direção que toma a respectiva fase, sendo os valores encontrados dentro dos triângulos correspondentes ao percentual aproximado de cada fase do ciclo hidrológico.

Fonte: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?ID_OBJETO=119060&tipo=ob&cp

Pela **Figura 8.1**, pode-se observar que “o ciclo” pode ser descrito a partir de qualquer um de seus estágios, como, por exemplo, a partir da ascensão do vapor d’água da superfície do planeta para a atmosfera. A transformação da água líquida em vapor d’água se dá principalmente por *evapotranspiração* (evaporação das águas dos oceanos, lagos, cursos d’água e superfícies, somada à transpiração das plantas e de outros seres vivos). As áreas continentais que produzem os maiores volumes de vapor d’água são as regiões de florestas equatoriais, onde a evapotranspiração é muito acentuada e está fortemente associada às elevadas temperaturas nas

latitudes próximas à linha do equador. Nas áreas de climas muito frios (regiões polares ou áreas de grande altitude), a água pode passar do estado sólido (gelo) diretamente ao estado gasoso. Esse processo é chamado de *sublimação*.

O vapor d'água que fica em suspensão na atmosfera pode se *condensar* em forma de neblina ou de nuvens. Parte da água que compõe as nuvens *precipita-se*. Dependendo da temperatura e das condições atmosféricas, a água pode se precipitar como gotas de chuva, flocos de neve ou grãos de gelo (granizo). A neve se forma quando o vapor d'água solidifica-se sem passar pelo estado líquido; no contato com superfícies muito frias, o vapor congela em forma de geada. O granizo se forma a partir do congelamento de gotas de chuva, ou seja, só há granizo se o vapor d'água já tiver condensado para o estado líquido. Parte da precipitação ocorre sobre os oceanos; parte do vapor d'água atmosférico (contido ou não em nuvens) é transportado pelos ventos para os continentes, onde também pode se condensar e precipitar-se sob forma de chuva, gelo ou neve. O vapor d'água atmosférico também é transportado dos continentes para os oceanos, porém em menor quantidade.

Percolar

Quando um líquido atravessa um sólido. Nesse caso, a água passando pelo solo.

Ao se precipitar, parte da água das chuvas que cai sobre os continentes *escoa superficialmente*, abastecendo tanto lagos quanto rios que deságuam no oceano. Parte da água da chuva *infiltra* no solo, onde pode ser absorvida pelas plantas ou **percolar** através dele, caracterizando *fluxos subsuperficiais*. A água que penetra nos materiais da litosfera, alcançando grandes profundidades, pode ficar armazenada por anos ou séculos, movimentando-se lentamente em *fluxos subterrâneos* até rios e lagos ou até os oceanos. As diversas fases do ciclo podem ocorrer simultaneamente no tempo e no espaço, uma vez que o dinamismo de seus componentes é grande e variado.

As fases deste ciclo têm relação direta com os processos geomorfológicos. As diferentes regiões climáticas do planeta possuem distinções na intensidade com que ocorre cada fase do ciclo, o que está diretamente relacionado às características dos elementos do clima: temperatura, umidade e ventos. Estes elementos

são primordiais para a distinção da ação dos processos atuantes nas diferentes áreas da superfície terrestre.

O escoamento da água, seu congelamento sobre ou dentro das rochas, a presença de vapor d'água na atmosfera ou da umidade no solo influenciam a biosfera e atuam intensamente sobre os materiais da litosfera, condicionando a formação de *paisagens morfoclimáticas*, onde materiais e formas de relevo são muito influenciados pela ação da água em seus diferentes estados físicos. Em regiões onde há disponibilidade de água, como em áreas tropicais úmidas, as fases do ciclo da água são intensas. Nessas áreas, os fluxos de água (subsuperficiais e superficiais) possuem papel fundamental nos processos de alteração de solos e rochas, e de mobilização de materiais.

Já áreas temperadas e frias, onde a intensidade de energia solar é menor; em áreas menos úmidas, como regiões desérticas ou semiáridas ou onde a água encontra-se congelada, o ciclo dá-se de modo menos dinâmico, fazendo com que os processos de alteração de solos e rochas ocorram de modo menos acelerado. A ausência da água é tão importante quanto a sua presença, influenciando materiais e formas de relevo em áreas desérticas e semiáridas.



Atende ao Objetivo 1

1. A ação do clima sobre as rochas e formas de relevo constitui o foco dos estudos em geomorfologia climática. Compreender o ciclo hidrológico é importante para compreender como a circulação das águas e as variações de temperatura podem influir na relação relevo/clima. Sobre esse tema, avalie as frases a seguir. Indique as corretas (C) e comente as afirmativas que você considerar erradas (E):

- a) () As fases que compõem o ciclo hidrológico podem ocorrer simultaneamente.
- b) () A evapotranspiração é o mesmo que evaporação das águas continentais.
- c) () A infiltração e o escoamento superficial independem da permeabilidade do solo.
- d) () As águas que atingem os lençóis subterrâneos também integram o ciclo hidrológico.
- e) () A precipitação é um fenômeno que ocorre somente com a água em estado líquido.
- f) () O vapor d'água na atmosfera se origina da evaporação e da evapotranspiração, podendo mais tarde se precipitar sob a forma de chuvas, neve ou granizo.
- g) () A infiltração da água é maior nas rochas impermeáveis e pouco porosas.
- h) () O escoamento superficial da água é maior sobre superfícies pouco porosas, com pouca vegetação ou impermeabilizadas (como em muitas áreas urbanas).
- i) () A biosfera não tem relação com o movimento das águas do ciclo hidrológico.
- j) () A hidrosfera é o sistema planetário onde ocorre o ciclo da água.

Resposta Comentada

Conhecer as etapas do ciclo hidrológico implica também entender sua interação com a litosfera e a biosfera. As frases desta atividade tratam de algumas dessas relações. Estão corretas as afirmativas a, d, f, h, j. A seguir, os comentários sobre as afirmativas erradas:

- b) (E) A evapotranspiração resulta da evaporação, que também pode ocorrer sobre superfícies oceânicas, e da transpiração dos organismos.
- c) (E) A infiltração e o escoamento superficial dependem da permeabilidade do solo.
- e) (E) A precipitação da água pode ser no estado líquido ou sólido (neve e granizo).
- g) (E) A infiltração da água é maior nas rochas porosas e permeáveis.

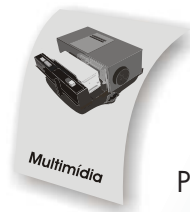
i) (E) A biosfera interfere no ciclo da água, seja pela transpiração das plantas, seja por aumentar a porosidade do solo e a taxa de infiltração, entre outros processos.

Antes de mais nada... a ação do intemperismo!

Na geomorfologia climática, buscamos compreender a relação entre o clima e os processos responsáveis por formas de relevo e depósitos sedimentares específicos. Podemos considerar como principais processos responsáveis pela contínua esculturação de diferentes feições do relevo terrestre o *intemperismo*, o *transporte*, a *erosão* e a *sedimentação*.

O intemperismo é o processo que altera as características originais das rochas, sendo, portanto, o processo externo primordial e indispensável para a ocorrência dos demais. Depois do intemperismo, os fragmentos de rocha, ou as substâncias geradas pela sua decomposição, podem ser erodidos e transportados, dando origem aos materiais que se depositam em distintos ambientes de sedimentação (encosta, fluvial, glacial, eólico, lagunar, dentre outros).

Vamos tratar neste item basicamente do intemperismo, que é uma palavra derivada de *intempérie*, ou seja, rigor do tempo, das tempestades e vendavais. Neste caso, o “tempo” está relacionado diretamente ao estado da atmosfera, ou seja, às condições específicas do regime climático de uma dada área que irá definir o tipo de intemperismo que vai ocorrer. A palavra para *intemperismo* em inglês é *weathering*, tendo o mesmo sentido de indicar a ação dos elementos do clima (*weather*) sobre os materiais da litosfera.



Existem alguns ótimos sites com ilustrações e fotos dos efeitos do intemperismo sobre as rochas.

Para começar, confira os indicados a seguir:

http://www.geocaching.com/seek/cache_details.aspx?guid=756a62fd-24f0-47d8-a59d-7fce44a16068
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1746>
<http://www.meioambiente.pro.br/arpoador/intemperismo.html>
<http://www.slideshare.net/sritakukii/erosin-intemperismo>
http://www.cprm.gov.br/publique/media/cader-nol_17_09_2012.pdf

O intemperismo é o processo pelo qual as rochas da superfície terrestre são alteradas química ou fisicamente pela ação dos elementos do clima (umidade, variações de temperatura, ventos...), da água em seus diferentes estados e ainda por causa da ação de organismos. O *intemperismo* é, desta forma, resultado de um conjunto de *processos físicos e químicos* que são capazes de promover, respectivamente:

- fragmentação (quebra, fissuras, desagregação das rochas);
- decomposição (alteração química dos minerais das rochas).

Diferentes tipos de rochas, sob condições idênticas de regime climático, sofrem intemperismo em graus diferentes. Isso depende muito do tipo de composição mineralógica da rocha. Certas rochas possuem grande teor de minerais solúveis, ficando mais suscetíveis ao intemperismo químico. Os calcários e mármore possuem elevada solubilidade da calcita, solúvel em água carbonatada (H_2CO_3), ligeiramente ácida. Já rochas como granitos e gnaisses, ricas em minerais de quartzo (sílica, SiO_2), são mais resistentes à ação do intemperismo químico.

No entanto, a intensidade do intemperismo depende também da superfície rochosa que está exposta diretamente aos agentes intempéricos. Quanto maior a superfície da rocha exposta aos elementos do clima e à ação dos organismos, mais rápido é seu processo de alteração. Rochas com muitas fraturas e articulações alteram-se com muito mais rapidez, pois facilitam a entrada da água e de raízes por entre os fragmentos de rocha (**Figura 8.2**).

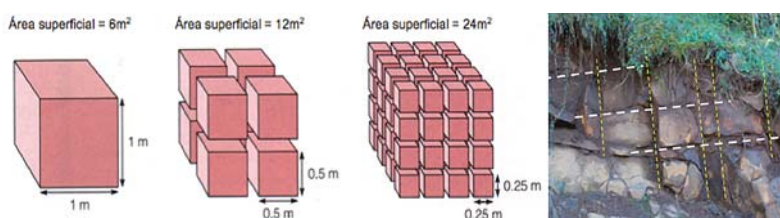


Figura 8.2: Cubos representando esquematicamente três situações: quanto menor o tamanho dos cubos, maior a superfície das rochas exposta aos agentes intempéricos.

Fonte: Nelson F. Fernandes (2010).

A **Figura 8.2** ilustra a ação do intemperismo entre as **diáclases** em um afloramento de rochas basálticas. As linhas tracejadas realçam os planos de fratura por onde ocorre intenso processo de decomposição química. A água, os organismos, as raízes e as enzimas produzidas pelas plantas penetram com maior facilidade entre os blocos, por dentro do pacote rochoso, acelerando sua desintegração.

Diáclases

São fraturas que dividem as rochas em blocos.

Intemperismo biológico

O *intemperismo biológico* é resultado da combinação da ação física e química dos organismos sobre as rochas. Isso pode ocorrer tanto pela pressão do crescimento de raízes nas fendas das rochas (*intemperismo físico*) como pela presença

de ácidos orgânicos ou das trocas químicas entre os elementos minerais e certos organismos (como musgos e líquens) que produzem enzimas que levam à decomposição de certos minerais (*intemperismo químico*).

Todos os tipos de intemperismo provocam a desagregação e fragmentação das rochas ou sua decomposição química, originando materiais de tamanhos bastante diversificados, com diâmetros que variam desde partículas microscópicas até “matacões”, que são grandes blocos de rocha. A tabela granulométrica, simplificada no **Quadro 8.1**, apresenta a classificação dos materiais de acordo com o seu tamanho.

Quadro 8.1: Classificação granulométrica simplificada

Classificação granulométrica	Tamanho do grão
Matacão	Maior que 256 mm
Bloco ou calhau	De 256 a 64 mm
Seixo	De 64 a 4 mm
Grânulo	De 4 a 2 mm
Areia grossa	De 2 a 0,5 mm
Areia média	De 0,5 a 0,25 mm
Areia fina	De 0,25 a 0,062 mm
Silte	De 0,062 a 0,004 mm
Argila	Menor que 0,004 mm

Fonte: Adaptado de <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Granulometria>.

Atente para o fato de que, contrariando a denominação popular, “areia” e “argila” são *tamanhos de grãos*, não são *substâncias* em si. Há areias quartzosas (compostas por grãos de quartzo), areias monazíticas (compostas por grãos de monazita) e outras, dependendo da rocha que deu origem a esses fragmentos.

Já as argilas (materiais finíssimos, microscópicos) também possuem composições variadas, sendo geradas, no entanto, por processos relacionados à decomposição química das rochas, que veremos mais adiante.

Esses fragmentos de rocha podem permanecer *in situ* (no mesmo local onde foram formados), mas podem também ser *transportados*, principalmente pela ação da água, do vento ou do gelo, sendo depositados em áreas diferentes daquelas onde se formaram. Nesse caso, quando ocorre o transporte, eles passam a ser chamados de *sedimentos*.

Mas, por enquanto, vamos tratar de entender melhor os diversos tipos de intemperismo que produzem fragmentos de rocha ou minerais decompostos que permanecem *in situ*, ou seja, antes de serem erodidos, transportados e sedimentados pelos agentes morfológicos externos.

Intemperismo físico

O *intemperismo físico* caracteriza-se pela *fragmentação física* ou *desagregação mecânica* de rochas. Sejam grandes “lascas” rochosas ou pequenos grãos de areia, os pedaços de rocha preservam a constituição mineralógica da rocha matriz ou “rocha-mãe”, de onde os fragmentos saíram.

A fragmentação física ou desagregação mecânica das rochas pode ocorrer em consequência de diversos processos, entre os quais destacamos os que possuem relação direta com os elementos do clima.

Intemperismo por alternância de temperatura (calor/frio)

Você já deve ter observado que a temperatura pode provocar mudanças no volume ou no tamanho de certos materiais. Algumas substâncias dilatam-se e contraem-se mais intensamente que outras, como materiais metálicos, por exemplo. Assim, certos minerais das

rochas dilatam-se durante períodos de calor intenso. Quando a temperatura cai, os minerais contraem-se.

Sabendo que a composição mineralógica das rochas é heterogênea, composta por diferentes minerais, é fácil concluir que estes, ao se dilatarem em proporções diferentes, provocam fissuras, pequenas fendas, ou rachaduras que aos poucos vão desagregando as rochas. Com o tempo, a alternância das temperaturas leva a sucessivos processos de dilatação e contração dos minerais das rochas, levando à fragmentação das rochas em pedaços cada vez menores, mas com a mesma composição química da rocha matriz (**Figura 8.3**).



Figura 8.3: Intemperismo em rocha metamórfica (gnaisse) no Morro do Patronato, em São Gonçalo (RJ). Com o passar do tempo, o intemperismo provoca o aumento das fendas nas rochas, até fragmentá-las em blocos. Na foto do canto inferior direito, observa-se um conjunto de blocos soltos em uma encosta íngreme, sobre uma vegetação rarefeita. Tais blocos criam riscos significativos para as edificações situadas nas bases dessas encostas.

A dilatação e contração das rochas é maior nas quinas e arestas dos blocos falhados. Assim, é comum que essas partes dos matacões e/ou blocos sejam destruídas antes do seu “miolo”, já que este não fica exposto diretamente ao calor/frio. Esse processo é chamado de *esfoliação esferoidal*, fazendo com que os fragmentos adquiram um aspecto arredondado, pela perda das partes pontiagudas (quinas) ou retas (arestas). Tal processo é perceptível tanto em grandes formações rochosas (como o Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro) como em blocos menores (**Figura 8.4**).



Figura 8.4: Na foto maior, o Morro do Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro, com aspecto arredondado devido à exposição direta ao intemperismo. A figura esquematiza a maior ação do intemperismo (representado pelas setas) nas quinas e arestas dos blocos rochosos. A foto à direita mostra o efeito da esfoliação esferoidal nas rochas.

Fontes: Bloco com esfoliação esferoidal: <http://www.flickr.com/photos/rubempjr/8048298332/in/set72157631253722308/>

Nas áreas de climas secos ou onde as rochas ficam diretamente expostas à incidência da radiação solar (sem cobertura vegetal), as variações de temperatura ao longo do dia são maiores.

Essas condições explicam a predominância do intemperismo físico em regiões desérticas (**Figura 8.5**) ou em paredões rochosos sem cobertura vegetal (especialmente nas regiões tropicais, onde a incidência solar é mais intensa).



Figura 8.5: Blocos resultantes da ação do intemperismo físico no Deserto de Joshua Tree, Califórnia (EUA).

Intemperismo por ação do gelo

Em áreas sujeitas a frio intenso, o congelamento da água dentro de fissuras ou fendas nas rochas tem o efeito de expansão, aumentando cerca de 9% em seu volume. O gelo, ao consolidar, expande-se e pressiona nas frestas das rochas, o que provoca aumento do seu tamanho (**Figura 8.6**).



Figura 8.6: Intemperismo físico por ação do gelo.

Fonte: Adaptado de Teixeira et al., 2000

Intemperismo por ação dos organismos

As sementes e raízes das plantas podem entrar nas fendas das rochas. À medida que crescem, pressionam e alargam essas fendas, contribuindo para a fragmentação das rochas (**Figura 8.7**). Em áreas costeiras, ouriços do mar escavam tocas na superfície das rochas, o que faz com que surjam vários orifícios nestas (**Figura 8.8**).



Figura 8.7: Raízes crescendo nas fissuras das rochas.

Fontes: <http://geoufma.wordpress.com/2011/01/22/intemperismo/>; <http://www.meioambiente.pro.br/arpoador/intemperismo.html>



Figura 8.8: Orifícios na superfície das rochas, formados pela ação de ouriços do mar.

Fontes: <http://www.meioambiente.pro.br/arpoador/intemperismo.html>; <http://cifonauta.cebimar.usp.br/photo/952/>

Intemperismo por ação de sais minerais

Os sais minerais dissolvidos na água por vezes se infiltram em pequenas fendas das rochas ou mesmo nos seus poros. Ao cristalizarem, estes sais expandem-se, criando um efeito semelhante ao da água congelada. O intemperismo por sais é intenso em áreas costeiras ou com lençol freático rico em sais minerais (**Figura 8.9**).



Figura 8.9: Cristais de cloreto de sódio (sal grosso), com formas e tamanhos variados. À esquerda, crosta de sais formada sobre blocos de rochas, no litoral do Mar Morto (Israel, 2012).



O intemperismo físico provocado pela cristalização de sais é especialmente sério em áreas onde materiais porosos (como tijolo e cimento) ficam em contato com terrenos ricos em sais. A umidade que sobe do chão para as paredes leva os sais para cima. Esses, ao cristalizarem, arrebatam a estrutura dos tijolos, que vão esfarelando aos poucos. Com o tempo, as estruturas edificadas perdem resistência, podendo até mesmo desabar.

Intemperismo químico

A influência dos agentes climáticos no intemperismo químico pode ser determinada pela temperatura e pelo volume de chuvas. Um clima com características de maior umidade e temperaturas mais quentes leva a taxas mais intensas de intemperismo químico. A água abundante e as temperaturas elevadas favorecem as reações químicas. Nas áreas de climas quentes e áridos, a falta de água para reações químicas reduz consideravelmente as taxas de intemperismo químico.

O intemperismo químico está relacionado à decomposição das rochas pela alteração química, em função da ação da água (H_2O), ácidos (H_2SO_4 , HNO_3 , H_2CO_3), gases atmosféricos (dióxido de carbono e oxigênio) e/ou pela ação de organismos. Os processos associados ao intemperismo químico envolvem uma série de reações químicas, tais como dissolução, hidratação e oxidação. Tais reações exigem uma revisão de noções de química, como veremos a seguir.

Dissolução

Determinados sais minerais dissolvem-se na água, como ocorre com o sal marinho ($NaCl$). Em contato com a molécula de água

(H₂O), os cristais das moléculas de cloreto de sódio (NaCl) dissolvem-se. Dissolvidos na água, estes sais minerais são transportados na solução resultante, que pode infiltrar e percolar em rochas ou materiais solúveis. Com a evaporação da água, os sais recristalizam-se, aumentando seu volume e, conseqüentemente, o tamanho das fendas ou pressionando as estruturas moleculares dos materiais onde se infiltraram. Essa recristalização, apesar de microscópica, contribui para a desintegração desses materiais. Na **Figura 8.9** você pôde ver que alguns cristais de cloreto de sódio podem chegar a grãos de mais de 5 mm, pressionando as fendas e os poros das rochas onde chegaram a se infiltrar, quando estavam dissolvidos.

Veja, portanto, que o intemperismo por sais pode ser considerado tanto *químico* (pela dissolução dos sais) quanto *físico* (pela pressão exercida pela cristalização dos sais dentro de fissuras ou poros dos materiais).

Há minerais que não são solúveis em água, mas podem ser dissolvidos por alguns tipos de ácidos. Os musgos e líquens, por exemplo, são organismos que possuem um papel fundamental na desintegração das rochas (**Figura 8.10**).



Figura 8.10: Musgos sobre paredão rochoso (foto à esquerda) e líquen (foto à direita) sobre rocha. O intemperismo químico se dá pela ação desses organismos “colonizadores”, responsáveis pela decomposição de minerais primários.

Fontes: <http://www.cecgodoy.pro.br/bancodeimagens/v/reinovegetal/briofitas/SEL-2008-fotos-variadas-agua-branca-e-botanico-140-md-web.jpg.html>; <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1746>

Ao recobrir rochas desprovidas de vegetação, os líquens, musgos e outras pequenas plantas, produzem ácidos orgânicos que reagem com os minerais do substrato. Essas reações químicas levam à formação de novas substâncias, chamadas *minerais secundários*, geralmente do tamanho de argilas, nas camadas superficiais do solo. Os minerais secundários (argilas) associados à matéria orgânica na superfície do solo vão aos poucos criando condições para o surgimento de plantas cada vez maiores, processo denominado *sucessão ecológica*, muito estudado por biólogos.

As argilas são, na verdade, minerais secundários (*argilominerais*), com composições e estruturas moleculares variadas, cujas características dependem da composição da rocha matriz, dos organismos e do clima atuantes na sua formação.

Hidratação

A entrada da molécula da água (H_2O) na estrutura mineral dos materiais provoca sua expansão volumétrica por hidratação. A hidratação é especialmente intensa em certos tipos de argilas expansíveis. Com a evaporação da água, os materiais voltam ao volume anterior, podendo ocorrer, no entanto, rachaduras e fendas devido ao “encolhimento dos materiais”. As “gretas de contração” são feições comuns em áreas onde materiais argilosos secam em fases de estiagem (**Figura 8.11**).

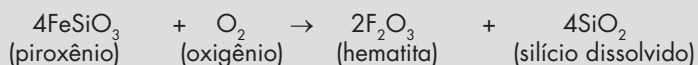


Figura 8.11: Gretas de contração formadas pelo ressecamento de depósitos de argila.

Fontes: [http://www.geolocation.ws/v/P/48442035/chama-se-gretas-de-contrao/en](http://www.geolocation.ws/v/P/48442035/chama-se-gretas-de-contrao/en;); http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/contracao_solo.pdf (adaptado)

Oxidação

A oxidação é uma reação química que se dá quando os minerais perdem elétrons em contato com a molécula de oxigênio. A reação química provocada pela oxidação é maior sobre rochas com minerais ricos em ferro. O basalto, por exemplo, é uma rocha rica em minerais como *piroxênio* (FeSiO_3). Em contato com o oxigênio, o piroxênio reage para formar óxidos de ferro (como a *hematita*, $2\text{Fe}_2\text{O}_3$). A reação de oxidação é a seguinte:



Esta reação requer água para que o piroxênio (FeSiO_3) dissolva e libere sílica (SiO_2) e Fe^{2+} . O Fe^{2+} é oxidado por oxigênio (O_2) e forma Fe^{3+} , que combina com H_2O e precipita como molécula de Fe_2O_3 . Entendeu? Haja química!!!

Bem, em geomorfologia climática, a presença das reações de oxidação é indicada por solos, lamas argilosas ou rochas com cores avermelhadas e/ou acastanhadas. Os componentes químicos formados pela oxidação (*óxidos*) são em geral menos resistentes e se soltam da superfície das rochas com mais facilidade do que os minerais primários. Rochas resistentes como granitos e gnaisses,

quando oxidadas, podem ficar quebradiças e menos resistentes devido à ação deste tipo de intemperismo químico.

Os argilominerais ricos em óxidos podem ser transportados dentro do solo por *lixiviação*. Trata-se de processo semelhante a uma “lavagem”, em que apenas substâncias solúveis ou muito pequenas (como esses óxidos) podem ser movimentadas por dentro do solo, junto com a água. Quando esses óxidos se acumulam e secam (em camadas dentro do solo) são formadas as *crostas lateríticas* ou *cangas*, que são verdadeiras carapaças muito rígidas que dificultam a penetração das raízes dentro dos solos e até mesmo a infiltração da água. A palavra *laterita* quer dizer “tijolo” em latim, uma vez que, em muitas áreas, a laterita é usada em materiais de construção semelhantes a tijolos ou blocos de cerâmica.

Os solos lateríticos (com camadas de laterita) ocorrem comumente em áreas onde o clima apresenta alternância de meses muito chuvosos (favorecendo a lixiviação) e meses muito secos e quentes (favorecendo a secagem dos óxidos). No Brasil, tais materiais são encontrados nas áreas de ocorrência do *clima tropical típico* (também chamado de *tropical continental* ou *tropical semiúmido*), áreas que se estendem do Centro-oeste até trechos do Sudeste brasileiro (**Figura 8.12**). Há diversos países onde esse processo ocorre em grandes áreas, principalmente nos continentes africano e asiático, onde o clima tropical continental cobre vastas áreas



Figura 8.12: Imagens de carapaças lateríticas, resultantes do intemperismo por oxidação. À esquerda, fragmentos de laterita. As demais fotos ilustram a extração da laterita para ser usada como material de construção.

Fontes: <http://www.monografias.com/trabajos14/rio-aro/rio-aro.shtml>; <http://acquatricos.blogspot.com.br/2010/08/laterita.html>

Os depósitos lateríticos podem comportar jazidas metálicas importantes. Óxidos de ferro, manganês e alumínio são explorados por empresas de mineração em muitos pontos do território brasileiro. No Quadrilátero Ferrífero (MG), na região de Carajás (PA) e no Maciço do Urucum (MS), as imensas jazidas de ferro resultam da oxidação de rochas intemperizadas ao longo de muitos milhões de anos.



Relações entre clima e intensidade do intemperismo

Nas regiões tropicais úmidas e equatoriais, devido à alta pluviosidade e às temperaturas elevadas, o intemperismo pode se estender até profundidades de várias dezenas de metros, contrastando com as áreas de climas frios e secos, ou desérticas, onde o intemperismo químico, quando ocorre, alcança profundidades de apenas alguns centímetros. Nas áreas com grande presença de vegetação (especialmente florestas), as reações químicas são muito mais intensas, pois a vegetação produz ácidos orgânicos, elevando o pH da água e contribuindo para o intemperismo químico em minerais oxidáveis, como a sílica. Em climas áridos (como nos desertos) ou frios (zonas glaciais ou áreas de grande altitude), a ação mecânica do intemperismo predomina, fragmentando a rocha e desagregando-a em grãos menores.



Atende aos Objetivos 2 e 3

2. Em uma região, as condições de temperatura e de umidade na superfície variam muito. Em áreas cobertas por florestas, as oscilações térmicas são menos intensas, a umidade é maior e a ação dos organismos é maior, seja pela presença de raízes e da microfauna, seja pela produção de enzimas e ácidos orgânicos. Nas superfícies diretamente expostas ao sol, a temperatura varia intensamente. Os materiais da superfície ficam submetidos a frequentes e grandes variações de temperaturas e de umidade que facilitam sua desagregação.

De acordo com seus conhecimentos e com as informações apresentadas no texto anterior, associe as frases numeradas de I a III aos enunciados que se seguem, colocando entre parênteses o algarismo que corresponda à melhor associação de ideias.

- I. Em áreas onde as condições ambientais são favoráveis à presença de vegetação florestal, o intemperismo químico predomina sobre o intemperismo físico.
 - II. Regiões desérticas apresentam condições mais favoráveis ao intemperismo físico, haja vista as maiores amplitudes térmicas diárias e a escassez de umidade.
 - III. Nas áreas de florestas sobre escarpas ou encostas muito íngremes, o material intemperizado frequentemente desliza por ação da gravidade, expondo paredões de rocha diretamente ao sol.
- a) () A formação de solos fica comprometida em áreas desérticas, pois, mesmo que a rocha matriz seja fragmentada, a camada mineral formada pelos fragmentos resultantes do intemperismo físico carecerá de materiais orgânicos e minerais secundários.
 - b) () As serras do Sudeste brasileiro apresentam grandes áreas de cobertura florestal, mas os afloramentos rochosos sofrem com o intemperismo físico, responsável pela fragmentação mecânica de grandes blocos de rochas.

- c) () O intemperismo biológico corresponde a processos físicos e químicos associados, mas a desagregação mecânica é menos expressiva devido à sombra e à retenção de umidade promovida pela presença da cobertura florestal.

Resposta Comentada

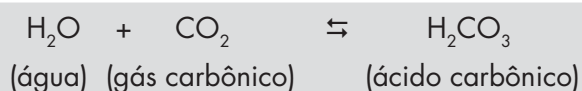
A ação do intemperismo é fundamental para alterar as características originais das rochas da crosta terrestre. A questão trata de relacionar processos geomorfológicos a tipos climáticos e de cobertura vegetal. A sequência que indica a melhor associação de ideias é II – III – I.



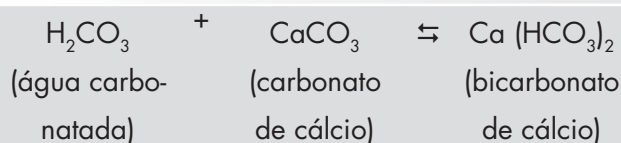
Intemperismo em rochas solúveis: a geomorfologia cárstica

A *geomorfologia cárstica* trata das formas de relevo produzidas a partir da dissolução química de rochas calcárias, ricas em carbonato de cálcio (CaCO_3). Com a dissolução dos minerais ao longo das fendas e fraturas das rochas, formam-se galerias e corredores subterrâneos que acabam se articulando, dando origem a grutas e cavernas.

A água da chuva, em geral, costuma ser ligeiramente ácida devido à reação química entre as moléculas de água e as moléculas de gás carbônico da atmosfera. Essa combinação produz *ácido carbônico* ou *água carbonatada*, a partir da reação:



A água carbonatada penetra no calcário através das fraturas e fendas, dissolvendo a rocha em sua percolação. A dissolução provocada pela água carbonatada se dá pela reação:



Observe que as reações químicas expressas anteriormente são *reversíveis*. Se as moléculas de água da solução de bicarbonato de cálcio evaporarem, serão formadas novas moléculas consolidadas de carbonato de cálcio, o que explica a existência de *espeleotemas* tais como *estalactites* (formas que crescem do teto das cavernas para baixo), *estalagmites* (formas que crescem do chão para cima, por acúmulo de carbonato de cálcio), *helectites*, *travertinos* e outras formas curiosas no interior das cavernas (**Figura 8.13**).

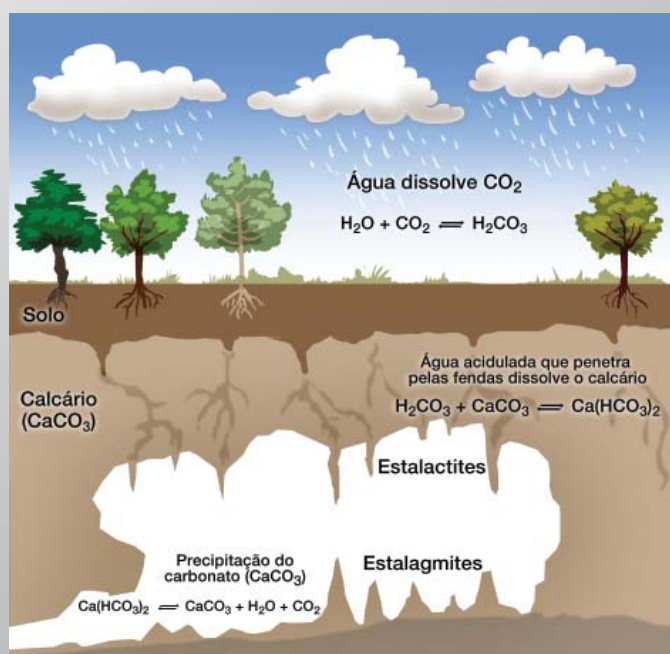


Figura 8.13: Formação de espeleotemas.

Com a consolidação do carbonato de cálcio e a evaporação das moléculas de água (H_2O), o interior das cavernas costuma ter grandes concentrações de gás carbônico (CO_2). Isso pode fazer com que seja muito perigoso visitar cavernas onde a circulação atmosférica é deficiente, pois há o risco de um visitante ter narcose por carbono ao respirar grandes quantidades deste gás.

Do ponto de vista geomorfológico, os ambientes cársticos subdividem-se em *sistemas endocársticos* (que incluem as cavernas e os *espeleotemas*, como estalagmites e estalagmites), *aquíferos de condutos* (galerias, dutos e rios subterrâneos por onde a água circula) e *relevo exocárstico* (formas superficiais, como dolinas, torres, lapiás), conforme você pode observar no esquema ilustrativo da **Figura 8.14**.

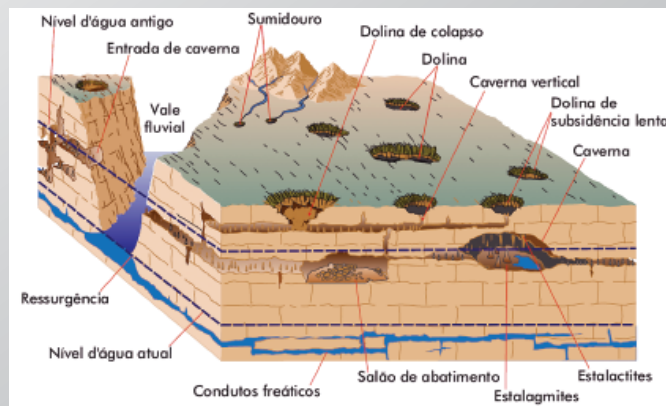


Figura 8.14: Principais componentes do sistema cárstico.

Fonte: Teixeira et al., 2000.

A espeleologia é a ciência que estuda os ambientes endocársticos, ou seja, processos e formas relacionadas à formação de cavernas. Além de se constituir um sistema geomorfológico fascinante e de grande

beleza (**Figura 8.15**), o estudo das cavernas pode contribuir para a compreensão da existência de tipos de vidas animais e humanas primitivas. Muitas grutas e cavernas constituem um patrimônio de valor científico e cultural, sendo que algumas delas já possuem importância nacional e integram o acervo da humanidade.



Figura 8.15: Gruta do Lago Azul, localizada em Bonito, no Mato Grosso do Sul. Na entrada da caverna, esculpida em terrenos calcários, surge um lago de águas azuis, cercado de estalactites. Suas dimensões a tornam uma das maiores cavernas inundadas do planeta. Em 1992, uma expedição franco-brasileira de mergulhadores encontrou nela diversos fósseis de mamíferos – como o tigre-de-dente-de-sabre e a preguiça-gigante – que viveram durante o período geológico do Pleistoceno – 6.000 a 10.000 anos atrás.

Fonte: <http://www.portalbonito.com.br/guia-passeio/grutas/gruta-do-lago-azul>

Para saber mais sobre cavernas e ambientes cársticos, consulte:

<http://www.mundogump.com.br/30-cavernas-mais-legais-mundo/>

<http://tudosobrecavernas.blogspot.com.br/>

<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-se-forma-uma-caverna>

Pedogênese e sua relação com as zonas climáticas

A pedogênese corresponde ao conjunto de processos que levam à formação dos solos. Tanto os fragmentos de rocha que permanecem *in situ*, ou seja, no mesmo local onde foram formados, quanto os sedimentos que foram transportados pelos agentes externos do relevo podem se misturar à matéria orgânica proveniente da decomposição de plantas, animais e bactérias, passando por um conjunto de processos que leva à progressiva formação dos solos, ou seja, a *pedogênese*. Assim, os processos pedogenéticos decorrem tanto dos efeitos do intemperismo como pela reorganização de materiais com composição e estruturas diferentes em camadas distintas dentro do solo (**Figura 8.15**).

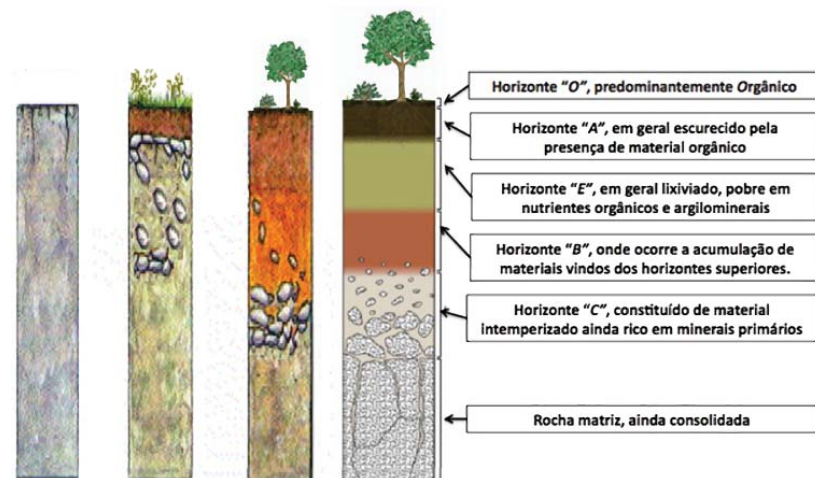


Figura 8.15: Etapas da formação do solo. Ao longo da pedogênese, o intemperismo avança para camadas mais profundas do substrato e a ação da água provoca migração de minerais primários, argilominerais e matéria orgânica dentro do solo. Nas regiões tropicais, é comum haver solos maduros, com as camadas identificadas como parece na ilustração.

Fontes: Elaborado a partir de <http://rusoares65.pbworks.com/w/page/4305414/Solo> e <http://www.dct.uminho.pt/pnpg/gloss/horizontes.html>.

A pedologia é a ciência dos solos, ramo da geografia física que estuda os processos formadores e as características

dos diferentes tipos de solo. Há uma infinidade de tipos de solos diferentes e suas características dependem basicamente da rocha matriz (ou sedimentos que deram origem ao solo) e do clima, uma vez que este determina o teor de umidade e as variações de temperatura responsáveis pelos tipos de intemperismo e de atividade orgânica que influenciarão a pedogênese em seus diferentes estágios. O relevo e o tempo decorrido desde o início da pedogênese são também fatores determinantes para este processo.

O gráfico da **Figura 8.16** relaciona algumas variáveis associadas aos processos de intemperismo e formação de solos. Observe que, nas áreas onde a precipitação e a temperatura são mais altas (com formação de florestas tropicais), a formação de minerais secundários é mais intensa, aprofundando a pedogênese. Nas áreas desérticas, semiáridas e muito frias, o intemperismo químico é menos significativo, limitando o aprofundamento dos perfis de solos.

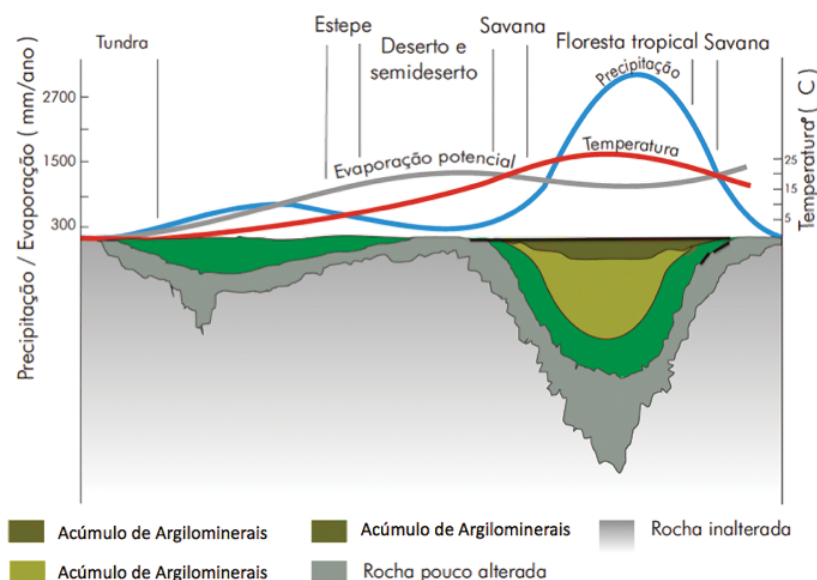


Figura 8.16: O tipo e a intensidade do intemperismo e da pedogênese podem ser relacionados com a temperatura, a pluviosidade e a vegetação. O intemperismo químico é mais intenso nos trópicos, sendo menos intenso nas zonas frias e áridas. Fonte: Adaptado de Teixeira et al., 2000.



Atende ao Objetivo 4

3. Você observou na **Figura 8.16** que o clima e a cobertura vegetal são importantes fatores na formação dos solos. Assim, considere as afirmativas abaixo e selecione a seguir a afirmativa incorreta:

- a) () Os materiais superficiais (solos, sedimentos e rochas) em áreas tropicais com alta pluviosidade sofrem intenso intemperismo químico, sendo comuns solos muito profundos.
- b) () Nas regiões tropicais semiúmidas, onde ocorre a vegetação de savanas e cerrados, ocorrem solos relativamente profundos, evidenciando intemperismo químico significativo.
- c) () Nas regiões temperadas com pluviosidade moderada, os solos são em geral menos profundos, tendo em vista a menor profundidade do manto de intemperismo.
- d) () Nas áreas desérticas e semiáridas, a baixa umidade do ar e dos solos justifica a presença de solos muito arenosos e profundos.
- e) () Nas regiões periglaciais, a ação de líquens e musgos, espécies típicas da tundra, contribuem para o intemperismo químico, apesar das baixas temperaturas regionais.

Resposta Comentada

Talvez você tenha precisado pesquisar alguns termos deste exercício, o que é comum e contribui para ampliar seu leque de conhecimentos. A única afirmativa errada é a letra d. Nas áreas desérticas, mesmo que haja grande acúmulo de areias, estas representam sedimentos, e não solos, uma vez que a ausência de água e de matéria orgânica dificulta a formação de minerais secundários, a formação de camadas diferenciadas e a estruturação dos materiais. Nas áreas desérticas e semiáridas, a pedogênese é muito limitada pela escassez de umidade e de material orgânico.

Conclusão

Ao final desta aula você deve ter compreendido que os elementos do clima são determinantes para a compreensão dos processos de intemperismo e pedogênese. A umidade atmosférica e as oscilações de temperatura influenciam no desenvolvimento dos organismos, que por sua vez também contribuem para a alteração dos materiais da superfície da litosfera. Deste modo, é importante conhecer os mecanismos envolvidos no ciclo hidrológico, bem como suas relações com a atmosfera, a biosfera e a litosfera.

Importantes formas de relevo estão associadas aos processos de intemperismo físico e químico. Observamos nesta aula algumas feições encontradas em ambientes tropicais úmidos e semiúmidos, áridos e glaciais, relacionando os agentes do clima aos processos que levaram à formação de algumas formas e materiais particulares.

Os processos que levam à alteração de rochas, bem como aqueles relacionados ao desenvolvimento dos horizontes do solo, podem ocorrer *in situ*, sem que haja transporte de materiais, o que em geral envolve processos erosivos e deposicionais. Mas isso já é assunto para as próximas aulas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2, 3 e 4

Observe as figuras a seguir, atentando para alguns elementos que possuem relação com a ação do intemperismo em áreas climáticas específicas. Sabendo que a dinâmica do clima (sobretudo o ciclo hidrológico e as alterações de temperatura) e as características do substrato são fundamentais para entender as formas e os materiais produzidos por tipos de intemperismo, estabeleça relações entre esses elementos para as figuras a seguir.



Figura 8.17: Topo da Serra do Rola-moça (Belo Horizonte, MG), superfície sustentada por uma camada rígida de cangas lateríticas. O clima local é o tropical típico, continental ou semiúmido.

Fonte: <http://www.pedrohauck.net/2008/08/blzonte-ii.html>

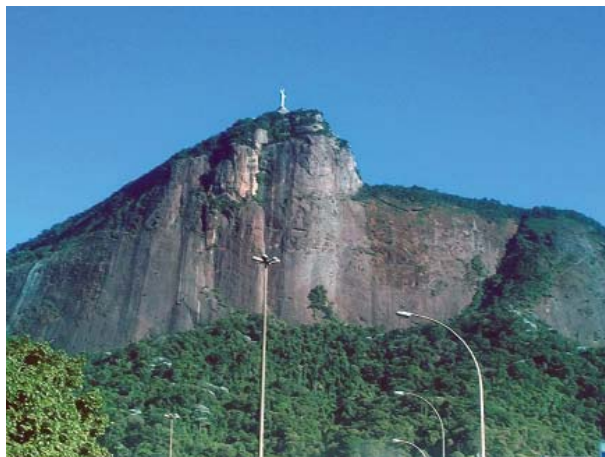


Figura 8.18: Paredões rochosos no Morro do Corcovado (Rio de Janeiro, RJ). O clima local é o tropical úmido ou litorâneo, sem estação seca muito acentuada.

Resposta Comentada

As feições e os materiais produzidos por intemperismo são muito comuns em diferentes paisagens por todo o país. É importante “treinar” a observação desses elementos e buscar associá-los aos processos que lhes deram origem.

Na **Figura 8.17**, a formação de carapaças lateríticas é favorecida pela alternância de meses chuvosos e secos, típica do clima tropical continental. A laterita corresponde a uma camada rígida, resistente à ação da erosão, constituindo uma espécie de proteção para a Serra do Rola-moça, em Minas Gerais.

Na **Figura 8.18**, o arredondamento dos afloramentos rochosos diretamente à ação do sol se dá pelo processo de esfoliação esferoidal, em que quinas e arestas são destruídas por haver ali maior retrabalhamento mecânico pela dilatação e contração dos minerais das rochas. A chuva frequente e a alta umidade atmosférica típica do clima tropical úmido também intensificam o intemperismo químico nas rochas dos maciços costeiros do Rio de Janeiro.

Resumo

1. A geomorfologia climática prioriza o estudo das relações entre materiais e formas de relevo à influência da dinâmica dos elementos climáticos.
2. O ciclo hidrológico é um importante fator de compreensão dos processos climáticos que afetam os processos externos que modificam a litosfera.
3. O intemperismo é o processo responsável pela alteração dos materiais que recobrem a superfície terrestre, precedendo os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

4. O intemperismo físico tem relação com a desagregação e fragmentação das rochas, enquanto o intemperismo químico as decompõe, produzindo minerais secundários (argilominerais)
5. A pedogênese é o processo de formação dos solos e tem profunda relação com o intemperismo.

Aula 9

Desgaste, fluxos e acúmulo de materiais em encostas

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Apresentar os mecanismos envolvidos nos processos erosivos, de transporte e de deposição de materiais em encostas, bem como as medidas de prevenção contra riscos de desastres provocados por tais processos.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. identificar os mecanismos envolvidos nos processos de encostas (ou vertentes);
2. reconhecer fatores que tornam os terrenos das encostas mais resistentes aos processos erosivos, reduzindo sua *erodibilidade*;
3. reconhecer fatores que potencializam o efeito erosivo das chuvas sobre as encostas, aumentando sua *erosividade*;
4. diferenciar processos hidroerosivos e movimentos de massa nas encostas;
5. identificar mecanismos de prevenção contra riscos de desastres associados a processos de encostas.

Pré-requisitos

Nesta aula, para a realização da atividade prática, reserve duas garrafas PET transparentes, pequenas e idênticas, um copo pequeno com grãos de feijão ou arroz, a mesma quantidade de farinha de trigo ou fubá e dois recipientes de vidro.

INTRODUÇÃO

Encostas ou vertentes representam a categoria de relevo mais comum em todas os ambientes terrestres. Constituem basicamente a superfície inclinada a partir dos pontos mais altos do terreno, possuindo declividade e extensão variáveis. Seus limites são difíceis de precisar, mas possuem relação direta com os processos que caracterizam estes segmentos: a movimentação de materiais em decorrência da *força da gravidade*.

A força da gravidade é a maior responsável pela ocorrência dos processos erosivos nas encostas. Quando a energia da força da gravidade é maior que a energia de coesão ou de resistência dos materiais, estes são deslocados encosta abaixo. Este efeito é mais efetivo quando outros fatores – tais como terremotos, gelo ou água escorrendo e vento – contribuem para que os materiais inconsolidados se desloquem encosta abaixo.

O estudo dos processos, formas e materiais nas encostas tem enorme importância, tendo em vista a sua direta relação com a apropriação antrópica do relevo. A compreensão dos fatores condicionantes e dos mecanismos deflagradores de processos erosivos nas encostas é fundamental para evitar (ou pelo menos reduzir) desde os prejuízos provocados pela erosão dos solos até as perdas de vidas decorrentes de eventos erosivos extremos.

Na maior parte da superfície terrestre a chuva tem o poder de intensificar a ação da força da gravidade que atua sobre os materiais inconsolidados nas encostas, contribuindo para deflagrar processos erosivos sob determinadas condições. Os fluxos de água da chuva nas encostas podem provocar os chamados *processos hidroerosivos*, relacionados à formação de ravinas e voçorocas. A infiltração da chuva pode provocar a saturação de umidade nos terrenos, condição que pode levar a *movimentos de massa*. Nesta aula, vamos diferenciar esses dois tipos de processos, descrevendo

alguns fatores relacionados à sua deflagração e, ainda, alguns mecanismos que podem minimizar seus efeitos.



Figura 9.1: Foto panorâmica do megaevento erosivo ocorrido na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011. A foto dá uma dimensão de como o fenômeno foi amplo, criando cicatrizes nas encostas em função de deslizamentos generalizados.

Fonte: DRM, 2012.

Movimento de materiais nas encostas

Para que os processos de mobilização dos materiais nas encostas ocorram é necessário que estes já estejam inconsolidados, sejam eles rochas já intemperizadas ou materiais sedimentares já deslocados. Tais materiais podem ser basicamente classificados como:

- elúvios: produzidos *in situ* pelo intemperismo e nunca tendo sido transportados;
- colúvios: materiais heterogêneos transportados e depositados em segmentos suaves e mais baixos das encostas, provenientes de segmentos mais elevados do relevo;
- tálus: materiais muito heterogêneos, com presença de grandes blocos de rocha, depositados, em geral, no sopé de encostas muito íngremes e que apresentam afloramentos rochosos nas partes superiores.

Nem sempre é fácil distinguir esses tipos de materiais, especialmente quando ocorre pedogênese (formação de solos)

e intemperismo após a deposição dos colúvios. De qualquer modo, *elúvios*, *colúvios*, *tálus* e solos são considerados *materiais inconsolidados*, sendo, portanto, mais suscetíveis à mobilização (erosão e transporte) pelos processos de encostas. Tais processos dependem fundamentalmente de dois conjuntos de fatores: a *erodibilidade das encostas* e a *erosividade dos agentes geomorfológicos*.

Erodibilidade das encostas

Mesmo estando inconsolidados, a *inércia* (resistência ao movimento) e a *coesão interna* (estrutura) desses materiais dificultam seu deslocamento. Diversos fatores determinam a *erodibilidade* de materiais nas encostas, ou seja, sua resistência à erosão. Os fatores que iremos expor a seguir são os mais significativos para a erodibilidade das encostas, mas devem sempre ser analisados em conjunto e em relação a outros fatores relativos à intensidade dos agentes erosivos, como veremos mais adiante.

- Textura e estrutura dos materiais: a textura tem relação com a granulometria dos materiais (vide Aula 8), enquanto que a estrutura tem relação com as propriedades de agregação e coesão interna dos materiais. Em geral, as partículas de granulometria média a fina (como areia e silte) são mais facilmente transportadas do que grãos maiores e mais pesados (como seixos e blocos). Apesar de seu reduzido tamanho, as argilas em geral contribuem para dar mais estrutura aos materiais inconsolidados nas encostas, como se “cimentassem” os grãos maiores dentro do solo (**Figura 9.2**). A presença de matéria orgânica também contribui para a agregação de partículas muito pequenas, tornando tais materiais mais coesos e resistentes à erosão (**Figura 9.3**).



Figura 9.2: Amostra de solo formado por arranjo estruturado de partículas de argila, silte e areia agregadas.

Fonte: http://solonasescolas.blogspot.com.br/2012/06/textura-estrutura-e-poros_11.html

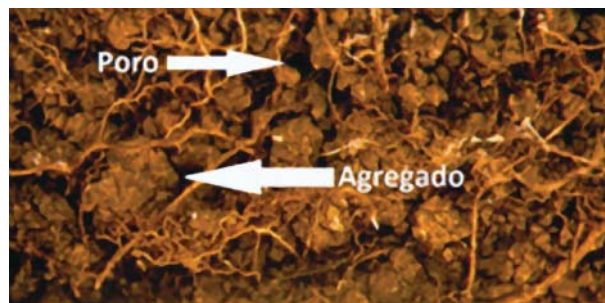


Figura 9.3: Raízes entre os agregados de solo. Percebe-se a presença de poros entre os grânulos, o que facilita a passagem da água entre estes.

Fonte: http://solonasescolas.blogspot.com.br/2012/06/textura-estrutura-e-poros_11.html

Percolação

É o termo usado para designar o processo de movimentação da água dentro do solo, através dos espaços (poros) entre as partículas do terreno.

- Porosidade dos materiais de encosta: trata-se do espaço entre as partículas do terreno. Quanto menores forem as partículas, menores serão os poros, o que reduz a permeabilidade dos terrenos. Tanto a infiltração como a **percolação** da água ocorrem lentamente por entre poros microscópicos, ficando a água retida por mais tempo dentro dos solos. O volume de água retido entre as partículas menores (como argila e silte) é muito maior do que ocorre nos terrenos com textura mais grossa (arenosa, por exemplo), nos quais o escoamento da água é rápido por entre

os grãos maiores. Quanto mais água houver nos poros entre os grãos, menor é a coesão interna dos materiais inconsolidados, o que favorece sua movimentação encosta abaixo (**Figura 9.4**).



A percolação, processo de movimentação da água dentro do solo, não deve ser confundida com infiltração, que designa a entrada de água no terreno. São diferentes. Ainda existe o termo exfiltração, usado para designar a saída de água dos terrenos, que se refere a situações típicas de nascentes de rios ou de áreas em que o solo está saturado, quando a água chega à superfície das encostas.

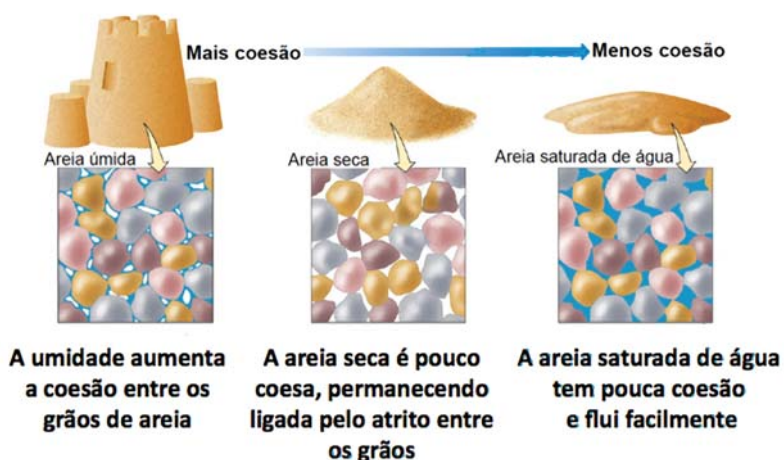


Figura 9.4: Poros entre grãos de areia. Observe que a areia úmida dá maior coesão entre os grãos de areia, mas quando os poros estão saturados de água, o material escorrega mais facilmente. Observe ainda que os grãos de areia seca tem coesão interna mais fraca quando comparados com os aglomerados de areia e argila, vistos anteriormente.

Fonte: <http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/117/ch12-movimentos%20de%20massa.pdf>

- Cobertura vegetal: a vegetação constitui fator que, por um lado, contribui para a redução de algumas formas de erosão nas encostas, podendo, no entanto, agravá-las sob certas condições. Deste modo, nem sempre encostas recobertas de vegetação estão a salvo de processos erosivos (especialmente deslizamentos e corridas de lama).

Em geral, a vegetação protege o terreno contra o impacto das gotas ou do fluxo de águas superficiais. As folhas de troncos interceptam as gotas de chuva, reduzindo seu impacto sobre o chão; a **serrapilheira** também protege as encostas do impacto das gotas e do escoamento da chuva sobre os terrenos. A matéria orgânica em decomposição produz enzimas que contribuem para aumentar a coesão entre as partículas de areia, silte e argila, criando agregados mais estáveis e resistentes à erosão. A presença de raízes e da microfauna associada à vegetação (tais como formigas e minhocas) aumenta a porosidade dos solos, contribuindo para que a chuva se infiltre no terreno. Quanto maior a infiltração, menor a erosão provocada por fluxos superficiais de água sobre as encostas. A recuperação de encostas com revegetação pode contribuir no controle da perda de materiais superficiais dos solos (**Figura 9.5**).

Serrapilheira

Restos de troncos e folhas sobre o chão.



Figura 9.5: Recuperação de encosta feita com gramíneas e leguminosas, a fim de reduzir a erosão provocada pelo impacto da chuva e pelos fluxos superficiais de água sobre o terreno. A primeira imagem é de 2009 e a segunda, de 2010, ambas tiradas em Botuverá (SC).

Fonte: http://sistemavetiver.blogspot.com.br/2010_03_01_archive.html

Há, no entanto, situações em que a vegetação pode agravar a erodibilidade nas encostas. Folhas muito grandes ou largas – como as de jaqueiras ou bananeiras – podem acumular muitas gotas e, ao se dobrarem pelo peso das gotas acumuladas, lançam fluxos concentrados de água sobre o terreno, intensificando a erosão pluvial. A vegetação pode favorecer o desenvolvimento de *descontinuidades texturais* dentro dos solos. Quando saturados de umidade, os materiais porosos ficam menos coesos, tornando-se também mais pesados e mais vulneráveis a deslizamentos (**Figuras 9.6 e 9.7**).

A maior infiltração da água da chuva em áreas florestadas torna os horizontes e/ou camadas superficiais menos coesos, mais pesados e com maior plasticidade. Quando tais condições estão associadas a fortes declividades nas encostas, *descontinuidades texturais* dentro do perfil de solos, fraturas geológicas ou corte de estradas com taludes muito íngremes, processos erosivos de grande magnitude costumam ser deflagrados.



A descontinuidade textural dos materiais de encostas se refere à presença de camadas muito porosas e permeáveis sobre outra menos porosa/permeável ou sobre material rochoso não intemperizado. A descontinuidade textural pode levar à formação de fluxos subsuperficiais entre camadas diferentes, favorecendo deslizamentos nas encostas.



Figura 9.6: Deslizamento de terra que fechou uma das entradas do túnel Rebouças (Rio de Janeiro, RJ) em 2007, após chuvas intensas, apesar da presença de vegetação na encosta.

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro.

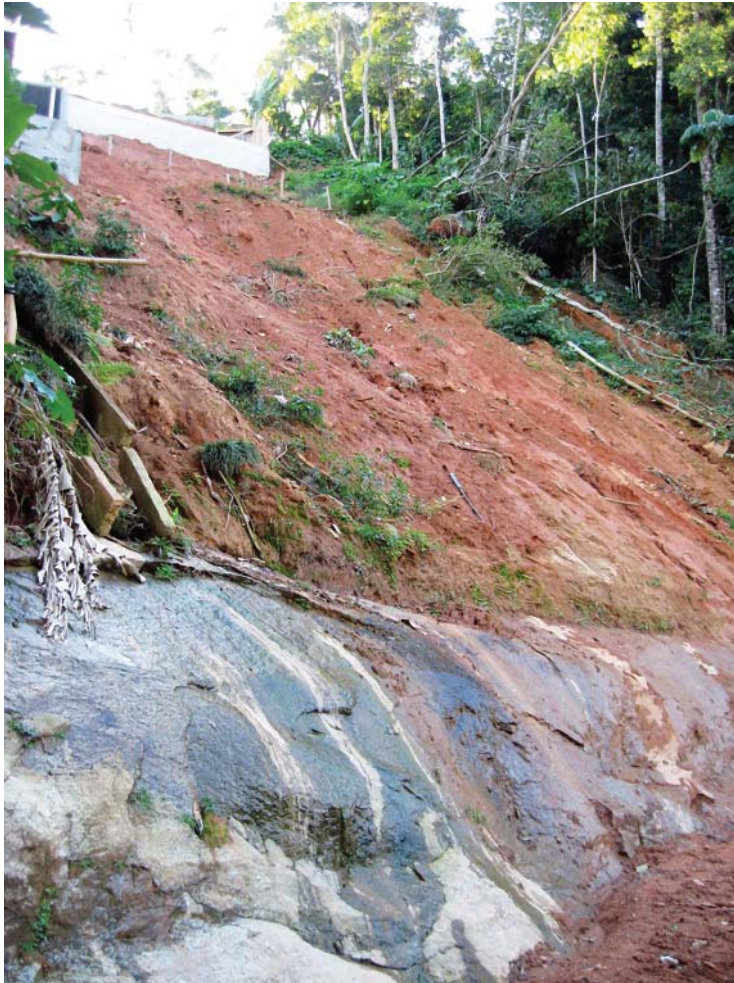


Figura 9.7: Processo erosivo decorrente de fluxo de água no contato entre materiais inconsolidados e afloramento rochoso.

Outro fator de erodibilidade associado à vegetação é a presença de raízes já decompostas dentro do solo, o que leva ao surgimento de dutos nos espaços antes ocupados pelas raízes. Tais dutos podem intensificar fluxos concentrados de água dentro do solo. O processo se agrava especialmente quando o solo poroso encontra-se saturado de umidade, tornando-se mais pesado e menos coeso. Essas condições, associadas a características das encostas (declividade, forma ou comprimento) podem contribuir para deflagrar movimentos de massa de grandes proporções.

- Propriedades das encostas: a *declividade*, o *comprimento* e a *forma* das encostas afetam sua erodibilidade.

Quanto à *declividade*, em geral, quanto maior a inclinação das encostas, maior será sua suscetibilidade à erosão, uma vez que encostas mais íngremes contribuem para acelerar os *fluxos superficiais* (sobre o terreno) ou *subsuperficiais* (dentro das camadas de colúvios ou dos horizontes de solo).

O *comprimento das encostas* tem relação com a quantidade de água que escoar encosta abaixo, tendo em vista o acúmulo dos fluxos sobre o terreno. Isso pode contribuir para a erosão superficial nos segmentos mais baixos das encostas. Naturalmente que isso vai depender de outras características, como a própria declividade (quanto menos íngreme, mais lento o fluxo e maior a infiltração), a cobertura vegetal e a porosidade do solo.

A *forma* tem relação com a convergência dos fluxos de água nas encostas. Os segmentos côncavos – tanto em planta como em perfil (vide Aula 5) – apresentam maior convergência de fluxos, sendo, em geral, mais suscetíveis a processos erosivos. É comum encontrar *rampas de colúvios* na base dos segmentos côncavos das encostas (**Figura 9.8**).



Figura 9.8: Segmento côncavo de encosta, com sinais de erosão (ravinas) no trecho mais íngreme da encosta. Destaca-se ainda a rampa formada pelo acúmulo de colúvios transportados até a base da encosta (localidade: Manga do Céu, Andaraí, Bahia).

Fonte: <http://www.cprm.gov.br/geossit/geossitios/ver/102>

- Condicionantes geológicos: a presença de falhas e fraturas nas rochas cria fragilidades para os materiais de encosta, bem como propiciam o surgimento de fluxos hidrológicos subterrâneos. Tais características contribuem ainda para que o avanço dos processos de intemperismo ocorra no interior das encostas, disponibilizando ainda mais materiais inconsolidados nestas (**Figura 9.9**).



Figura 9.9: Fraturas no bloco rochoso, através das quais surgem fluxos de água. Observe ainda a camada de materiais inconsolidados diretamente sobre a superfície rochosa impermeável.

Fonte: DRM, 2012.

- Fatores antrópicos: as intervenções feitas pelo homem que mais afetam a estabilidade das encostas estão relacionadas a cortes feitos para implantação de moradias e rodovias, desmatamentos, atividades de mineração, lançamento de águas servidas e de lixo nas encostas. Nos últimos anos, o número de acidentes associados a deslizamentos de encostas em áreas urbanas tem relação direta com a ocupação desordenada de áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos (**Figura 9.10**).



Figura 9.10: Área de alto risco de deslizamento no morro da Viúva (Ilha do Governador, Rio de Janeiro). Observa-se que, apesar de o padrão construtivo não ser precário, o prédio no alto da encosta e as casas na base desta estão vulneráveis a processos relacionados à erosão nas encostas.



Atende aos Objetivos 1 e 2

1. Compare a porosidade e a permeabilidade dos materiais, usando dois recipientes transparentes, igualmente perfurados embaixo e colocados dentro de vasilhames. Preencha-os até a metade, um deles com argila (simular com farinha de trigo ou de milho) e o outro

com areia grossa (simular com grãos de feijão ou de arroz). Despeje cuidadosamente (e ao mesmo tempo) um copo de água em cada um dos recipientes. Descreva o ocorrido, levando em consideração a velocidade de infiltração, percolação e o tempo de exfiltração entre os dois recipientes.

Resposta Comentada

A experiência descrita contribui para a demonstração de como a textura, a estrutura e a porosidade dos materiais influenciam o movimento da água nas encostas.

No recipiente preenchido com material de maior granulometria, a água infiltrará imediatamente, percolando e exfiltrando rapidamente, o que ocorre em razão dos espaços maiores (poros) entre os grãos.

No recipiente com material de granulometria fina, a água vai demorar muito mais a se infiltrar, podendo até ficar acumulada sobre o material seco embaixo da superfície (**Figura 9.11**). Tanto a infiltração como a percolação serão muito lentas, e pode demorar dias até que a água exfiltre, ficando retida e aumentando o volume do material contido no recipiente.



Figura 9.11: As garrafas nas fotos estão preenchidas com farinha de milho (à esquerda) e feijão (à direita). Despejamos ao mesmo tempo a mesma quantidade de água sobre os materiais e, após alguns minutos, observa-se que a água fica retida na superfície da farinha, mas percola rápido através dos grãos de feijão. Algumas horas depois, observa-se na última foto que a água é absorvida pela farinha, aumentando o volume do material, o que pode ser observado pela elevação do nível da farinha úmida na garrafa.

Erosividade dos agentes morfológicos

A força da gravidade – que fundamentalmente responde pela maior parte dos processos erosivos nas encostas – é mais efetiva quando outros fatores contribuem para que os materiais se desloquem encosta abaixo.

No Brasil, a chuva é o principal fator de deflagração dos processos erosivos nas encostas, intensificando a ação da gravidade. A intensidade com que a chuva cai e/ou o volume de

chuvas precipitado em um certo período de tempo são parâmetros fundamentais para determinar sua *erosividade*, ou seja, seu potencial erosivo. Dentre os fatores mais significativos, destacamos:

- Intensidade da chuva: tem relação com as propriedades cinéticas das gotas de chuva, ou seja, relacionadas ao seu movimento. Características como o tamanho das gotas e a velocidade com que estas atingem o solo (que pode ser alterada em decorrência da ação dos ventos) são fundamentais na definição da energia cinética das gotas de chuva.
- Volume e duração da chuva: o *volume relativo* de chuva trata da quantidade precipitada por unidade de tempo – por exemplo, quantos milímetros de chuva por hora. Quanto maior esse valor, mais difícil fica para a chuva se infiltrar no terreno, pois se a chuva cair mais rápido que a velocidade de infiltração dos solos, mais água correrá direto sobre a superfície das encostas, podendo causar *erosão superficial* ao escorrer sobre o terreno. Se a chuva cair mais lentamente, a infiltração tende a ser maior, acompanhando a velocidade da percolação da água através dos materiais das encostas.

O *volume absoluto* constitui o total de chuva precipitado em um determinado período de tempo. Ao longo de dias ou semanas, a chuva que se infiltra vai progressivamente sendo acumulada no solo, onde tende a escoar lentamente (*escoamento subsuperficial*). A umidade acumulada nas encostas torna os terrenos pesados e com menor coesão interna. Assim, quando os terrenos já estão saturados, mesmo que o volume relativo da chuva seja pequeno, podem haver processos erosivos intensos.



Há regiões da superfície da Terra onde a ação da chuva nos processos de encosta é menos relevante quando comparada à ação de outros fatores. A força das geleiras, do vulcanismo e do tectonismo são exemplos disso.

Nas áreas onde ocorrem grandes geleiras, a declividade das encostas associada ao peso do gelo e ao escoamento de água derretida no contato das geleiras com o terreno (entre outros fatores) podem provocar avalanches violentas, altamente destrutivas.

Nas áreas onde a ação do vulcanismo é intensa, podem ocorrer processos erosivos extremamente violentos nas encostas. Há áreas em que as lavas são expelidas de vulcões e derretem as geleiras em áreas montanhosas, formando fluxos de lama quente que podem alcançar imensas extensões. Tais fluxos são chamados de *lahar*, possuindo imensa força erosiva. Para obter informações e imagens sobre os efeitos do *lahar*, consulte <http://skywalker.cochise.edu/wellerr/students/lahars/project.htm>. Os abalos sísmicos também intensificam o efeito da erosão provocada por movimentos de massa uma vez que os tremores abalam a estrutura interna dos terrenos e rochas, reduzindo sua coesão e resistência à força da gravidade.



Atende aos Objetivos 1 e 3

2. O Alerta Rio é o sistema de alerta que resulta de um convênio entre diversas instituições especializadas em geotécnica e em climatologia no município do Rio de Janeiro e, desde 2011, vem emitindo em tempo real boletins relacionados à ocorrência de chuvas e possibilidades de deslizamentos. Nas situações em que há a previsão de chuvas intensas para o município do Rio de Janeiro, são emitidos avisos para órgãos como a Defesa Civil, o Corpo de Bombeiros, a Guarda Municipal, concessionárias de serviços públicos e difusores de informações (emissoras de rádio, TV, sites). A população é avisada por meio dos canais do Alerta Rio, incluindo as redes sociais (Twitter e Facebook), e via SMS (para os cidadãos já cadastrados). Para conhecer a previsão meteorológica e as probabilidades de deslizamentos decorrentes das condições das chuvas em diferentes bairros da cidade do Rio de Janeiro, consulte http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/?page_id=6.

Sendo assim:

a) Pesquise como se cadastrar para receber os alertas de chuvas fortes e deslizamentos no Rio de Janeiro por mensagens via telefonia móvel (SMS) no site da Defesa Civil do Rio de Janeiro em <http://www.formulariosonline.com.br/sitedc/>.

b) No site do Alerta Rio (http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/?page_id=27), veja quais são os bairros onde estão localizadas as estações pluviométricas da cidade do Rio de Janeiro.

Resposta Comentada

a) Para receber alertas por SMS, cadastre-se junto à sua operadora de telefonia móvel, conforme dados da **Figura 9.12**.



The screenshot shows the website of the Subsecretaria de Defesa Civil of Rio de Janeiro. The header features a banner with a cityscape and the text "Subsecretaria de Defesa Civil" and "RIO DE JANEIRO". Below the banner is a navigation bar with links: "Telefones Úteis", "Estatísticas", "Cursos", "Fotos", "Voluntariado", and "Fale Conosco".

On the left side, there is a "Menu Principal" with links: "Home", "Notícias", "Quem Somos", "Voluntariado", and "Ações de Adaptação do Rio". Below it is a "Sistema de Alerta e Alarme" section with links: "O Sistema A2C2", "Alerta por SMS", "Roteiro A2C2", "Projeto NUDEC", "Plano de Contingência", "Previsão do Tempo - Alerta Rio", and "Alerta Rio".

The main content area is titled "Alertas por SMS". It states: "A Subsecretaria de Defesa Civil do Município do Rio de Janeiro está disponibilizando, junto as operadora **Claro, Oi, Tim e Vivo**, um canal gratuito para divulgação de alertas, notícias e dicas de prevenção contra acidentes." It then says: "Confira abaixo um exemplo de mensagem do canal:".

An example message is shown: "31-08 DefCivil: Previsao de chuva moderada/forte em toda a cidade. Evite locais de risco.Caso necessario ligue 199. (DCRJ)".

Below the message, it says: "Previsão de mensagens por Mês: 10".

It then provides instructions: "Para se cadastrar nas operadora **Oi, Tim e Vivo** envie **DCRJ** para o número **4000**. Para se cadastrar na operadora **Claro** envie **DCRJ** para o número **889**."

Finally, it says: "Você receberá uma mensagem da operadora. Para confirmar, responda "SIM" e sua assinatura gratuita será feita. O usuário não precisa ter créditos para fazer o cadastro."

Figura 9.12: Até 2012, essa era a tela com as informações pedidas na consulta ao site da DCRJ.

b) As estações são Vidigal, Urca, Rocinha, Tijuca, Santa Teresa, Copacabana, Grajaú, Ilha do Governador, Penha, Madureira, Irajá, Bangu, Piedade, Jacarepaguá/Tanque, Saúde, Jardim Botânico, Barra/Itanhangá, Jacarepaguá/Cidade de Deus, Riocentro, Guaratiba, Estrada Grajaú/Jacarepaguá, Santa Cruz, Grande Méier, Anchieta, Grotta Funda, Campo Grande, Sepetiba, Alto da Boa Vista, Mendanha, Recreio dos Bandeirantes, Laranjeiras, São Cristovão, Tijuca/Muda.

Tipos de processos erosivos nas encostas

Os movimentos gravitacionais que deslocam partículas, blocos de rochas e até segmentos inteiros das encostas podem ser divididos em função do modo como o material é transportado junto com os fluxos de escoamento de água (*processos hidroerosivos*) ou como um pacote de materiais que se move como um todo (*movimentos de massa*). O tipo de material envolvido (blocos de rocha ou partículas de material inconsolidado) e a velocidade do movimento (desde alguns centímetros por ano até centenas de metros por minuto) também são importantes nas classificações dos processos erosivos nas encostas.

Processos hidroerosivos

Os processos hidroerosivos são provocados pelo impacto da água sobre materiais inconsolidados, desagregação e transporte de partículas por fluxos superficiais ou subsuperficiais no terreno. Os principais processos hidroerosivos são:

- Erosão por gotejamento ou por salpicamento (*splash*): trata-se do efeito do impacto das gotas de chuva sobre o terreno. Gotas maiores e mais pesadas batendo diretamente sobre solos desprotegidos de vegetação possuem um poder desagregador, capaz de destruir torrões e pequenos núcleos agregados de solo. O escoamento da água sobre o terreno pode transportar as partículas menores que estiverem desagregadas (especialmente argilas), que podem obstruir os poros do terreno e “selar” a superfície dos solos. Com a superfície dos solos “selada”, a infiltração é muito reduzida, o que provoca menor entrada de água nos solos e maior escoamento superficial das águas da chuva (**Figura 9.13**).

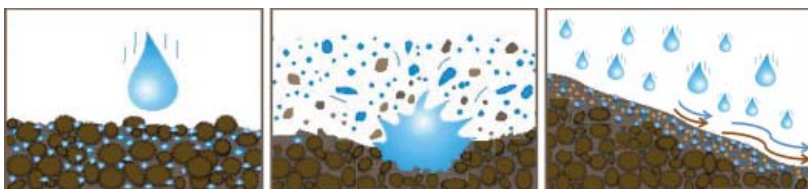


Figura 9.13: Efeito do impacto da gota de chuva sobre os agregados do solo. As partículas finas desagregadas obstruem os poros superficiais do solo, dificultando a infiltração de chuvas posteriores.

- Erosão por escoamento superficial: quando o volume de chuvas supera a capacidade de infiltração dos solos começam a ocorrer fluxos superficiais de água. Esses fluxos podem se encontrar difusos, dispersos, como lâminas finas de água sobre o terreno, provocando *erosão em lençol*. Caso encontrem obstáculos (vegetação, blocos maiores de rocha ou microdepressões etc.), esses fluxos tendem a perder energia. No entanto, quando tais fluxos se intensificam, seu potencial erosivo aumenta, podendo haver transporte de partículas, dependendo do volume de água, da velocidade e da turbulência dos fluxos. Em geral, o escoamento em lençol evolui para a formação de filetes canalizados de água que, concentrando sua eficiência erosiva, levam à formação de **ravinas**.

É comum observar a formação de ravinas em áreas com solos selados ou compactados pelo pisoteio do gado, que destrutura os agregados do terreno. Com o tempo, as ravinas podem evoluir, se alargando, se aprofundando e/ou se conectando com outras ravinas, resultando em processos erosivos de maior proporção, formando *voçorocas* (**Figura 9.14**).

Ravinas

São sulcos no terreno, formados pela erosão de fluxos concentrados de água que escoam pela superfície do terreno.



Figura 9.14: Coalescência de ravinas e formação de voçorocas em uma encosta. Observe os terracetes resultantes do pisoteio do gado nas encostas. O solo compactado e desestruturado na superfície do terreno dificulta a infiltração da chuva, levando à formação de fluxos superficiais que propiciam a formação de ravinas (município de Casimiro de Abreu, RJ, 2008).

- Erosão por escoamento subsuperficial: assim como ocorre em superfície com a erosão em lençol, a água que percola dentro dos poros dos materiais inconsolidados pode concentrar-se e promover o transporte e a erosão de materiais ao longo de planos ou dutos dentro dos solos ou colúvios. É comum que os fluxos subsuperficiais ocorram em áreas onde haja descontinuidades texturais ou sobre as camadas que já estiverem saturadas de água. À medida que o tempo passa, a erosão subsuperficial pode levar ao aumento do tamanho dos dutos. Quando a superfície acima destes desaba, formam-se voçorocas com largura e profundidade significativas (**Figura 9.15**).



Figura 9.15: Voçoroca conectada à rede de drenagem (município de São Tiago, MG, 2008).

Fonte: http://www.projetomariadebarro.org.br/?Pagina=obras_



Os processos responsáveis pela formação e evolução de voçorocas são diversificados, mas sempre associados a fluxos hídricos sobre ou dentro dos materiais nas encostas.

Em áreas íngremes e sem cobertura vegetal adequada, as voçorocas crescem em função de eventos chuvosos locais, deixando depósitos de colúvios à sua frente. Há, no entanto, situações em que o avanço das voçorocas se dá em áreas planas, ocorrendo pela ação de fluxos hídricos subsuperficiais conectados às redes de drenagem regionais. Esses fluxos costumam estar associados a estações de maior pluviosidade em escala também regional.

A **Figura 9.16** apresenta um esquema ilustrativo desses tipos de voçorocas.



Figura 9.16: Modelo de evolução de voçorocas: 1. Voçoroca desconectada da rede de drenagem; 2. Voçoroca conectada à drenagem fluvial; 3. Integração dos dois tipos de voçorocas.

Fonte: Casetti, 2005 (adaptado de OLIVEIRA, 1989 e OLIVEIRA; MEIS, 1985).

Para saber mais sobre os processos de evolução de voçorocas e sobre os mecanismos de recuperação de encostas atingidas por elas, consulte os sites:

<http://www.projetomariadebarro.org.br/?Pagina=parceiros>

http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/com-tec33_2005_controle%20vocosocas.pdf

http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/com-tec33_2005_controle%20vocosocas.pdf

http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/corso_rad_2008.pdf

Movimentos de massa

Os movimentos de massa são caracterizados pelo deslocamento de grandes volumes de materiais nas encostas, sejam blocos de rocha, sejam camadas de solos ou colúvios. A heterogeneidade desses tipos de processos é muito grande, seja em função do tipo de material transportado, seja em função da velocidade ou do modo como são deslocados.

A **Figura 9.17** ilustra os principais tipos de movimentos de massa, descritos em seguida.

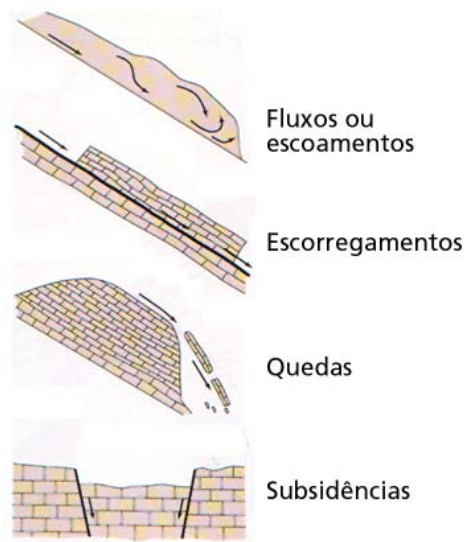


Figura 9.17: Ilustração esquemática dos principais tipos de movimentos de massa.

- Escoamento tipo rastejo: trata-se de um escoamento muito lento e contínuo das camadas ou horizontes de solo mais superficiais das encostas, haja vista o fato de serem em geral mais úmidas ou porosas que as camadas mais profundas. O rastejo pode ser percebido pela presença de árvores com troncos retorcidos: as raízes ficam “presas” no interior das encostas enquanto o deslocamento das camadas superficiais entorta a base dos troncos (**Figura 9.18**).



Figura 9.18: Encostas afetadas por rastejo. Observa-se o encurvamento dos troncos das árvores e o estufamento de algumas porções do solo.

Fontes: <http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/117/ch12-movimentos%20de%20massa.pdf>; <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09a.html>

- Escoamento tipo corridas de massa (de terra, de lama ou de detritos): resulta do escoamento rápido, no qual os materiais se comportam como fluidos, tamanha a quantidade de água misturada às partículas sólidas. O material desce as encostas como um líquido viscoso, se espalhando na base das encostas ou escoando ao longo dos fundos de vales (**Figura 9.19**). Tais corridas são difíceis de prever, podendo ocorrer em áreas com cobertura vegetal preservada, como os que ocorreram na Região Serrana em 2011.

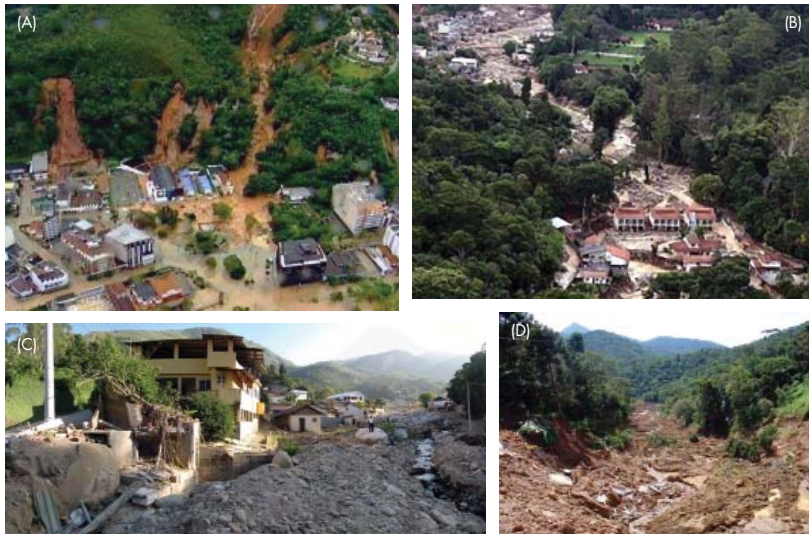


Figura 9.19: Imagens de corridas de terra, lama e detritos. (A) Área urbana na base de uma encosta inundada e recoberta pelo fluxo de lama e detritos; (B) Corrida de lama ocorrida por mais de 15 km, destruindo centenas de casas; (C) Escoamento de terra, lama e detritos atingindo o fundo do vale do Córrego da Posse (Teresópolis, 2011); (D) Figura ilustrando como as corridas de terra, lama e detritos iniciadas em encostas íngremes podem escoar ao longo do fundo dos vales. Fontes: (A) e (B): DRM, 2012.

- **Escorregamentos:** processos rápidos e com plano de ruptura definido, ficando evidente a separação entre o material deslocado e o material não movimentado. Os escorregamentos são classificados como rotacionais quando apresentam uma ruptura curva, sobre a qual deslizam grandes “fatias” ou pacotes do substrato deslocado (**Figura 9.20**).

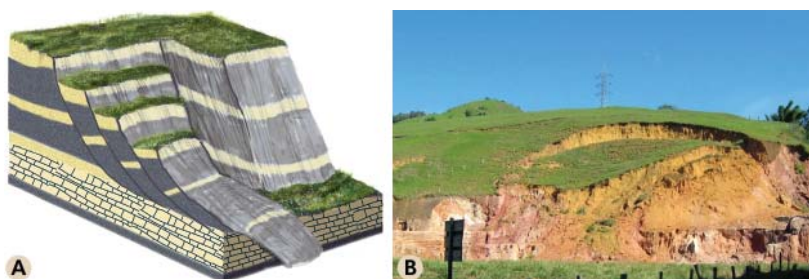


Figura 9.20: (A) Figura esquemática de escorregamento rotacional (B) Escorregamento rotacional, localizado na Estrada Friburgo-Teresópolis (2011). Observa-se o plano de ruptura em forma de cunha e a preservação da superfície do bloco de materiais deslocado.

Fonte: (A) <http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/117/ch12-movimentos%20de%20massa.pdf>

Quando a ruptura provocada pelo deslocamento dos materiais de encosta gera uma cicatriz mais retilínea (plana) e o material deslocado perde sua coesão interna (desestruturando ao cair), o escorregamento é dito *raso* (**Figura 9.21**). É comum que o escorregamento de materiais alcance grande capacidade de transporte, o que explica seu alto poder destrutivo mesmo nas áreas planas, relativamente próximas à base das encostas.

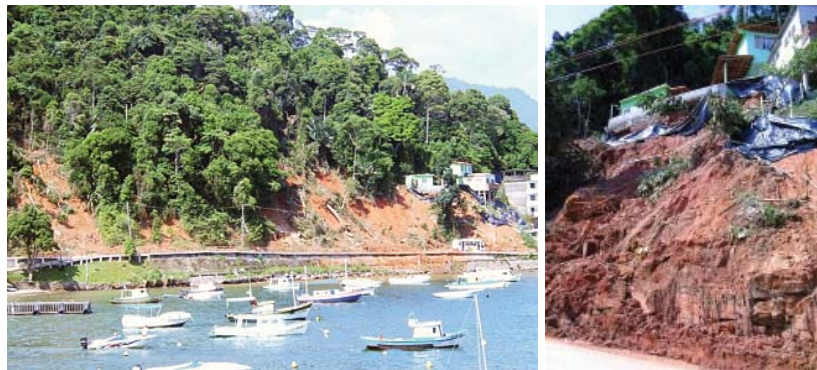
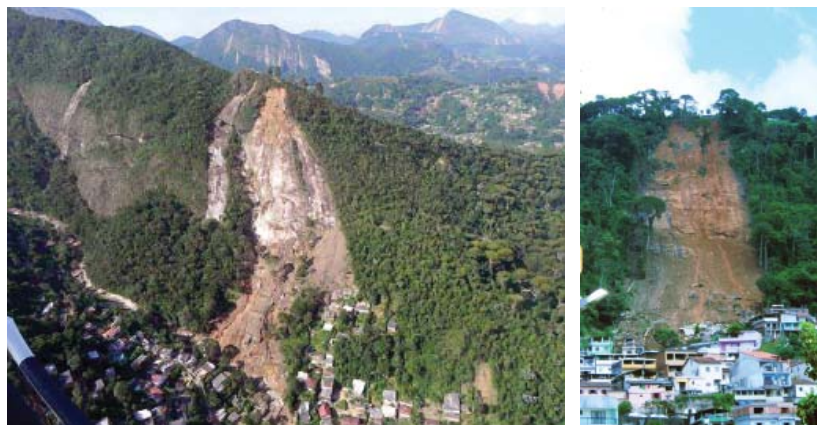


Figura 9.21: Imagens de escorregamentos ocorridos no litoral fluminense (Angra dos Reis, 2011). Observa-se a densa cobertura florestal na área sobre solos pouco espessos, bem como os cortes feitos na base da encosta para a construção da rodovia.



Figuras 9.22: Cicatrizes resultantes de escorregamentos rasos em encostas cobertas de vegetação. Observa-se o pacote de materiais acumulado na base da encosta.

Fonte: (A) DRM, 2012.

- Queda de blocos de rocha ou de solos: materiais que, ao se soltarem do terreno, caem livremente das encostas, em geral muito íngremes (**Figura 9.23**).



Figura 9.23: Queda de blocos na bacia hidrográfica do Córrego da Posse (Teresópolis, RJ, 2011).

Há situações em que o desgaste na base das encostas instabiliza os materiais ao longo destas. Obras como colocação de barreiras e redes sobre encostas instáveis, “chumbamento” ou “grampeamento” dos blocos soltos são tentativas de minimizar os riscos de queda desses materiais sobre vias de transporte ou áreas urbanas (**Figura 9.24**).

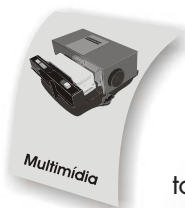


Figura 9.24: Tirantes de concreto e grampos de aço prendendo blocos de rocha em encosta.

- Subsidiências: afundamento do terreno, podendo ser causado por solapamento do teto de cavernas, pela retirada de material subterrâneo (como minérios ou para construção de dutos ou túneis) ou pelo rebaixamento do lençol freático (**Figura 9.25**).



Figura 9.25: Subsidência ocorrida em Pinheiros, bairro da cidade de São Paulo, nas obras da linha 4 do metrô em janeiro de 2007. As causas do fenômeno não foram esclarecidas.



A intensidade atingida por certas corridas de massa já foi registrada em inúmeros vídeos, muitos deles realizados pela população que os presenciava. Há também vídeos e arquivos disponíveis com resultados de pesquisas sobre tais processos. Confira alguns vídeos ocorridos em diversas regiões do mundo: <http://www.youtube.com/watch?v=Dkn1vhCFspl> (voo virtual 3D sobre deslizamentos ocorridos em Nova Friburgo, a partir de imagens GeoEye Google); <http://www.youtube.com/watch?v=2qjNqKzjJ2U> (deslizamentos em Nova Friburgo, em 12/01/2012);

<http://www.youtube.com/watch?v=Ny94aGWOXPw>
(deslizamento na Itália, em 2010);
<http://www.youtube.com/watch?v=pTc1zvD272Q>
(modelo de deslizamento de terra).

Previsão dos desastres naturais provocados por processos de encostas

A observação de cicatrizes nas encostas (mesmo recobertas por vegetação mais recente) e de depósitos resultantes de movimentos de massa (especialmente os depósitos de tálus, com grandes blocos de rocha no pacote de sedimentos) pode dar uma ideia das condições dos futuros padrões de processos erosivos extremos como os escorregamentos rasos e as corridas de terra, lama e detritos (**Figura 9.26**).



Figura 9.26: Foto panorâmica do megaevento erosivo ocorrido na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011. Observam-se diversas encostas com sinais de escorregamentos rasos nos segmentos mais íngremes e os depósitos de blocos e outros materiais transportados por quilômetros ao longo do vale do Córrego da Posse na forma de corrida de detritos (Teresópolis, RJ, 2011).

Evitar que processos hidroerosivos e movimentos de massa ocorram é improvável, uma vez que é da dinâmica natural das formas de relevo que tais processos ocorram. A perspectiva que vem sendo adotada no Brasil e no mundo é a de ampliar o conhecimento sobre estes, a fim de reduzir os impactos capazes de intensificá-los.

Reconhecer que tais fenômenos dificilmente podem ser controlados pelo homem leva a atitudes mais prudentes em relação às formas de relevo. Saber reconhecer os sinais que antecedem deslizamentos e outros fenômenos a eles correlacionados leva a atitudes mais seguras em relação à dinâmica ambiental. Essa postura tem a ver com *resiliência*, ou seja, com a capacidade de conviver com fenômenos extremos correndo a menor quantidade de riscos possível.

A previsão de processos de erosão acelerada associada a movimentos de massa exige, sobretudo, aprofundamento teórico e metodológico adequado, sendo essa uma das especialidades acadêmicas mais importantes em geomorfologia. O treinamento de equipes de especialistas e o desenvolvimento de novas técnicas relacionadas à modelagem das características de encostas, do cálculo dos fatores de segurança e do monitoramento relacionado à previsão desses fenômenos vem contribuindo para reduzir as fatalidades e os prejuízos causados por tais eventos.

Usualmente, medidas preventivas podem ser usadas para evitar ou minimizar danos. Tais medidas podem ser de dois tipos: *estruturais* e *não estruturais*. As medidas estruturais envolvem obras de engenharia, em geral de alto custo, tais como obras de contenção de taludes, implantação de sistemas de drenagem, reurbanização etc. As medidas não estruturais têm relação com políticas públicas voltadas para o planejamento e a gestão do uso do solo, planos preventivos de defesa civil, educação ambiental etc.

Em 2012, o governo federal criou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil através da Lei 12.608/2012. Todos os estados e prefeituras do Brasil, bem como instituições privadas e/ou não governamentais estão sendo estimulados a implementar planos de gestão de riscos contra desastres naturais, sob coordenação da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Alguns órgãos especializados nesses fenômenos vêm divulgando informações básicas sobre estes, buscando disseminar mecanismos de prevenção e alerta contra desastres relacionados à instabilidade de encostas e outros riscos naturais (veja alguns deles no próximo box multimídia).

A seguir, apresentamos algumas medidas preventivas importantes que podem orientar você e seus futuros alunos a proceder de modo mais seguro em relação a desastres naturais provocados por movimentos de massa:

Como prevenir:

- evitar construir em encostas muito íngremes e próximos de cursos d'água;
- não realizar cortes em encostas sem licença da prefeitura, pois isto aumenta a declividade e contribui para a instabilização do talude;
- buscar informações junto a órgãos municipais, estaduais e federais, sobre ocorrências de escorregamentos na sua região, lembrando que os técnicos locais são os mais indicados para avaliar o perigo potencial;
- solicitar às prefeituras estudos sobre a região, além de planos de controle e de monitoramento das áreas de risco;
- promover, junto à comunidade, ações preventivas para o aumento da segurança em relação a escorregamentos;
- não desmatar as encostas dos morros;
- não lançar lixo ou entulho nas encostas e drenagens, pois eles retêm água das chuvas, aumentando o peso e causando instabilizações no terreno;
- verificar a estrutura de sua casa, muros e terrenos, observando se aparecem rachaduras e fissuras que podem ser indicativos de movimentação do terreno, com possibilidade de evoluir para a ruptura e queda da moradia. Neste caso, deve-se procurar um técnico competente ou a defesa civil local para fazer uma avaliação urgente;

- acompanhar os boletins meteorológicos e as notícias de rádio e TV de sua região. Em geral, os escorregamentos são desencadeados por chuvas intensas.

Fonte: Tominaga et al., 2012.



Há diversos órgãos produzindo cartilhas e disseminando as informações relativas a medidas de prevenção contra riscos de deslizamentos de encostas. A cartilha “Comunidade mais segura”, feita pelo CPRM (Serviço Geológico do Brasil) é um ótimo recurso para identificação desses riscos, com sugestões de prevenção bastante úteis (disponível em <http://www.cprm.gov.br/livro/COMUNIDADE%20SEGURA.pdf>).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) produziu um vídeo a fim de divulgar informações relacionadas à prevenção de riscos relacionados à instabilidade de encostas, especialmente em áreas urbanas. Para vê-lo na íntegra, consulte <http://www.youtube.com/watch?v=bhKWHx08jFA&feature=plcp>. A Lei 12.608/2012, que criou a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil no Brasil, pode ser consultada em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm .

No site www.cemaden.gov.br, há diversos vídeos relacionados à compreensão dos fatores relacionados a desastres naturais e sua prevenção.

Confira as informações nestas (e em outras) fontes institucionais e, sempre que possível, passe-as adiante!



Atende às atividades 3 e 4

3. As questões objetivas a seguir sumarizam algumas das questões mais relevantes relacionadas a processos erosivos em encostas. Identifique as afirmativas incorretas, corrigindo-as em seguida.

I. Quanto aos fatores controladores das taxas de erosão, é incorreto afirmar que:

- a) () A erosividade dos materiais e a erodibilidade dos agentes externos são inversamente proporcionais.
- b) () Dependendo das propriedades do solo, da cobertura vegetal e das características das encostas, uma mesma chuva pode provocar processos erosivos diferenciados.
- c) () A umidade acumulada no solo por eventos pluviais antecedentes reduz a capacidade de infiltração dos solos, intensificando os processos de erosão superficial.
- d) () Encostas íngremes, longas e côncavas em geral intensificam a erodibilidade do relevo.

II. Quanto aos processos hidroerosivos...

- a) () ...o salpico das gotas de chuva destrói os agregados dos solos, levando à selagem do solo e podendo levar à redução das taxas de infiltração.
- b) () ...a erosão laminar resulta do escoamento superficial da chuva sobre o solo, sendo mais expressiva em encostas reflorestadas.
- c) () ... as ravinas resultam da concentração de fluxos de escoamento superficial em sulcos do terreno.
- d) () ...voçorocas podem ser produzidas por fluxos superficiais e/ou subsuperficiais.

III. Os movimentos de massa são processos em geral mais violentos e rápidos que os processos hidroerosivos lineares (como ravinas e voçorocas). A deflagração de corridas de terra e escorregamentos comumente se dá [pela (o)]...

- a) () ... presença de descontinuidades texturais em solos de encostas íngremes.

- b) ()... forte acúmulo de umidade no solo em encostas muito íngremes, mesmo que com densa cobertura florestal.
- c) ()... nas encostas protegidas por obras de contenção e mecanismos de dissipação de águas.
- d) ()... perda de coesão dos solos encharcados de água.

Resposta Comentada

I. A afirmativa “a” está incorreta, pois erosividade dos materiais e a erodibilidade dos agentes externos são fatores independentes um em relação ao outro.

II. A alternativa “b” está incorreta, pois em áreas reflorestadas a infiltração aumenta.

III. A afirmativa “c” está errada, pois tais intervenções costumam reduzir a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa.

CONCLUSÃO

Ao final desta aula, você deve ter compreendido os mecanismos responsáveis pela dinâmica dos processos relacionados à mobilização dos materiais nas encostas. Os efeitos da força da gravidade, associados à erosividade dos agentes externos – sobretudo a água das chuvas – e à erodibilidade dos materiais e das encostas são bastante heterogêneos, podendo ser subdivididos em processos hidroerosivos e movimentos de massa. Reconhecer as formas associadas a tais fenômenos contribui para compreendê-los melhor e agir preventivamente em relação aos riscos por eles provocados.

Atividade Final

Atende ao Objetivo 2

A **Figura 9.27** apresenta uma lista de sinais que podem surgir em áreas sujeitas a riscos provocados por processos hidroerosivos e/ou movimentos de massa.

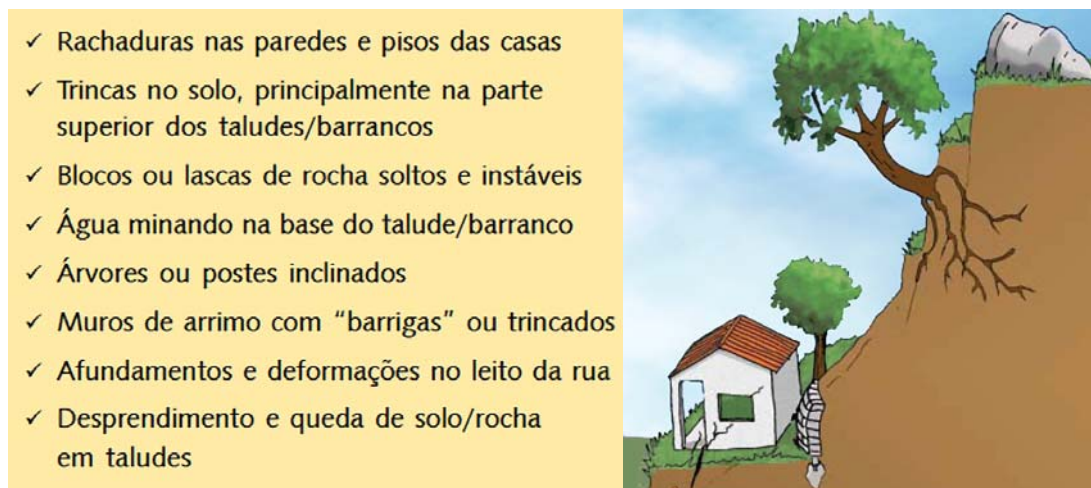


Figura 9.27: Lista de indícios que podem estar associados a situações de riscos de escorregamentos.

Fonte: CPRM, 2007.

Identifique, a seguir, os riscos apresentados nas ilustrações esquemáticas da **Figura 9.28**:

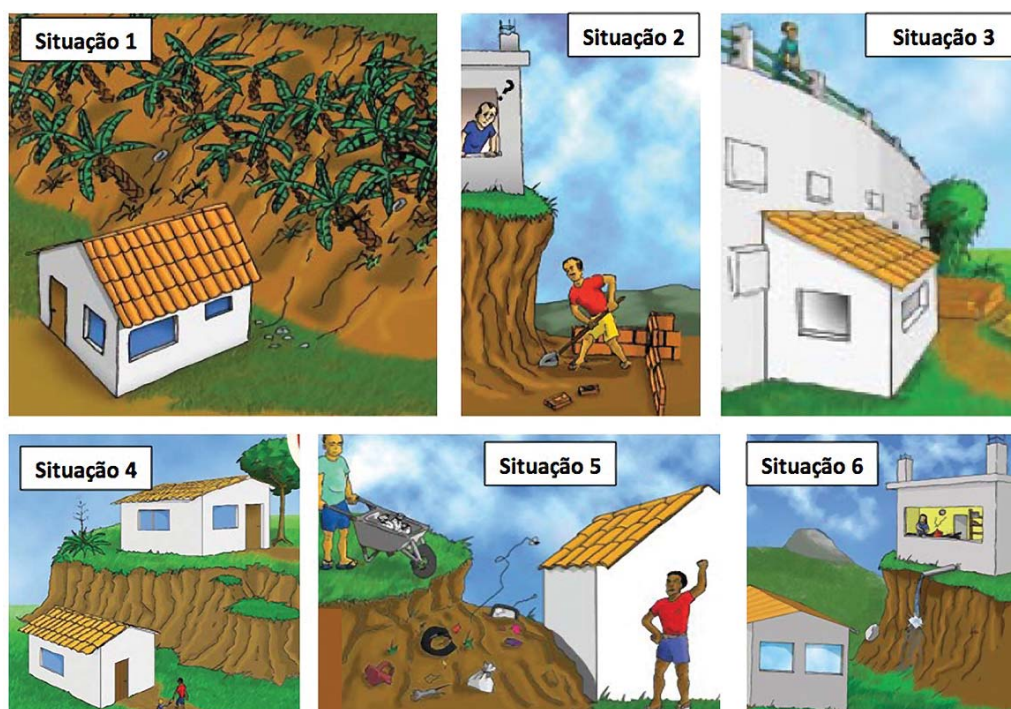


Figura 9.28: Situações de risco de instabilidade de encostas.

Fonte: Adaptado de CPRM, 2007.

Resposta Comentada

As ilustrações esquemáticas mostram que boa parte das situações de risco resulta de noções equivocadas relacionadas ao padrão de ocupação de encostas. A situação 1 denuncia o risco de manter plantações de bananeiras nas encostas, pois suas folhas, troncos e raízes favorecem o acúmulo de água no solo. A situação 2 ilustra o risco de cortar o terreno muito

verticalmente perto das fundações de outras casas. A situação 3 refere-se à construção junto a muros de contenção, o que a coloca em risco. A situação 4 demonstra a necessidade de evitar construções muito perto da borda ou da base de barrancos, sendo ideal manter pelo menos 5 metros de distância da borda superior e de 10 a 15 metros de distância da base. A situação 6 mostra que jogar lixo ou entulho nas encostas cria o risco de que tais materiais escorreguem e causem danos às moradias logo abaixo. A situação 6 ilustra o risco de lançar águas servidas e esgoto em barrancos ou taludes de encostas, pois os fluxos aceleram a erosão das encostas.

RESUMO

1. Compreender processos, formas e materiais das encostas, bem como os fatores condicionantes e mecanismos deflagradores de processos erosivos é fundamental para reduzir desde prejuízos provocados pela erosão dos solos até perdas de vidas decorrentes de eventos erosivos extremos.
2. Os processos de mobilização de materiais nas encostas são muitos e devem ser analisados em conjunto.
3. Os fatores mais importantes relacionados à erodibilidade das encostas são textura, estrutura e porosidade dos materiais, cobertura vegetal, propriedades das encostas, condicionantes geológicos e fatores antrópicos.
4. A chuva é o principal fator que intensifica a ação da força da gravidade sobre os materiais de encosta na maior parte do Brasil. A erosividade da chuva tem relação com sua intensidade, volume e duração.

5. Os processos erosivos nas encostas podem ser classificados como hidroerosivos (relacionados a fluxos de água sobre ou dentro do solo) e movimentos de massa (relacionados a deslocamentos de grandes volumes de terra nas encostas).
6. Os principais processos hidroerosivos são provocados pelo gotejamento da chuva, escoamento superficial e subsuperficial da água. As feições relacionadas a tais processos são ravinas e voçorocas.
7. Os movimentos de massa se subdividem em rastejo, queda de blocos, subsidência, escorregamento e corridas de terra e lama. Tais processos estão em geral associados a desastres naturais de maior magnitude.
8. A previsão dos desastres naturais provocados por processos de encostas demanda divulgação desses conhecimentos e adoção de medidas estruturais e não estruturais de prevenção.

Aula 10

Como a drenagem
dos rios interfere
nas formas de
relevo – parte 1

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Apresentar e discutir a dinâmica dos sistemas fluviais, com destaque para a análise de bacias hidrográficas e da dinâmica dos canais fluviais.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. definir conceitos relacionados a bacias hidrográficas e canais fluviais;
2. compreender os processos de erosão, transporte e sedimentação fluvial;
3. relacionar as formas aos processos fluviais.

INTRODUÇÃO

A dinâmica fluvial tem grande importância na esculturação das formas de relevo da superfície da Terra. Os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, associados ao movimento das águas dos rios ou canais fluviais, constituem o tema dos estudos em geomorfologia fluvial. Pela análise das formas dos canais fluviais, do arranjo das redes de drenagem e das bacias hidrográficas, conseguimos compreender alguns dos processos que deram origem a certas formas de relevo, sendo também responsáveis por sua dinâmica atual.

O estudo das redes e bacias de drenagem envolve análises que vão desde as propriedades da água em segmentos mais rasos ou mais profundos de um rio, até estudos das bacias hidrográficas em escala continental. Nesta aula, apresentaremos alguns aspectos dessas análises que poderão ser úteis na compreensão de como os fatores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e os relacionados aos materiais transportados pelos rios influenciam o comportamento dos canais fluviais.

As marcas do escoamento das águas fluviais

O sistema fluvial reflete a integração de um conjunto de elementos cujas relações estruturais e funcionais criam um todo articulado. Para compreender as formas de relevo criadas pela dinâmica das águas fluviais, é indispensável entender que os sistemas fluviais são compostos por uma rede complexa de componentes que se ajustam às entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de matéria (água e sedimentos) e energia do sistema. Entre esses componentes, destacam-se os seguintes:

- a vazão de água e a capacidade de transporte dos rios, o que explica seu efeito erosivo ou sedimentar, levando em consideração volume, velocidade, turbulência etc. das águas nos canais fluviais;

- as feições morfológicas presentes dentro de uma bacia fluvial, tais como planícies e terraços fluviais, diques marginais, barras fluviais, deltas etc., feições estas que veremos mais adiante nesta aula.

A análise destes aspectos ajuda a compreender o funcionamento de um sistema fluvial e de que modo se dá o ajuste entre os fluxos de água e sedimentos e as formas de relevo resultantes. Quando os fatores controladores sofrem mudanças (como, por exemplo, a intensidade das chuvas, o aporte de sedimentos etc.), o sistema fluvial também passa por transformações, levando a reajustes que provocam mudanças nos canais e redes de drenagem.

Alguns sistemas fluviais ajustam-se rapidamente às mudanças, enquanto outros são mais resistentes. Essa diferença depende das características físico-ambientais de cada ambiente fluvial. As mudanças ocorrem progressivamente através de diferentes escalas de tempo que vão desde pequenas variações sazonais a profundas transformações na escala geológica.

Desta forma, os ambientes fluviais constituem sistemas morfológicos em que forma e processo estão sempre se reajustando em função de uma interferência externa e/ou interna. Estes reajustes são conhecidos como retroalimentação (*feedback*), e são responsáveis pela contínua modificação das feições morfológicas fluviais (reveja esses conceitos na Aula 2).

Conceitos básicos relacionados a canais fluviais e bacias hidrográficas

Os rios ou canais fluviais são formados pelo escoamento linear de fluxos das águas que convergem para os pontos mais baixos do relevo. O volume de água que passa por uma seção transversal de um rio em uma determinada unidade de tempo corresponde à *vazão fluvial*, que é, em geral, medida em metros cúbicos por segundo (m^3/s). A variação anual de vazões e do nível de água dos rios é chamada de *regime fluvial*. A origem das águas que determina o regime dos rios pode ser pluvial (da chuva) ou glacial

(do derretimento de geleiras). Devem ser considerados também os fluxos superficiais e subsuperficiais de águas que escoam pelas encostas e através do solo até a rede de drenagem.

Designamos de *lençol* ou *nível freático* o limite entre zonas saturadas (água subterrânea) e não saturadas de umidade nos solos e rochas. Quando o nível freático encontra a superfície do terreno, a água exfiltra (sai) do solo e surgem as nascentes dos rios. Os rios que são alimentados pela água subterrânea são classificados como rios *efluentes*. Como o escoamento da água subterrânea é lento, esses rios costumam ser perenes (sempre com água). No caso de rios efêmeros (formados apenas durante eventos de chuva intensa) ou temporários (rios sazonais), o nível freático costuma ser mais baixo que o leito dos rios. Quando a água dos rios infiltra no leito fluvial e alimenta o nível freático, os rios são chamados de *influentes* (**Figura 10.1**).

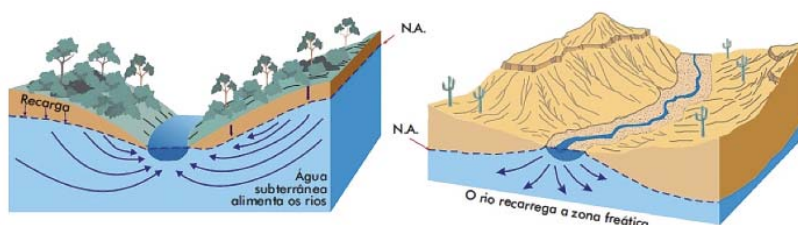


Figura 10.1: Rios efluentes e influentes conforme a posição do nível freático em relação ao leito fluvial.

Fonte: TEIXEIRA et al., 2000

Vimos na Aula 4 que bacias hidrográficas são áreas por onde as águas das chuvas escoam para rios ou cursos d'água que confluem até um rio principal e sua foz. Portanto, as bacias hidrográficas são áreas da superfície terrestre drenadas por um conjunto integrado de rios, considerando os seus *afluentes* (ou rios *tributários*). A água e os sedimentos são transportados pelos rios de **montante** (desde as nascentes) para **jusante** (até a foz), onde pode acontecer do canal principal subdividir-se em diversos canais *distributários*. Ao

Montante

Termo usado para designar a área da bacia hidrográfica ou trechos de um rio situados acima de um determinado ponto de referência.

Jusante

Termo usado para designar as áreas situadas abaixo de um ponto de referência do rio ou da bacia de drenagem.

nos referirmos às *margens esquerda* e *direita* dos rios, devemos nos posicionar no mesmo sentido da vazão, ou seja, voltados para jusante. Esses conceitos estão ilustrados na **Figura 10.2**.

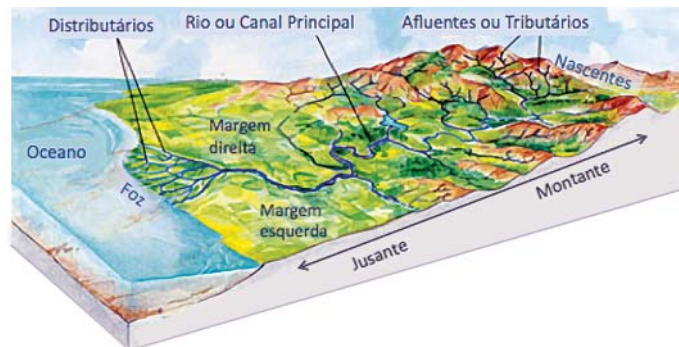


Figura 10.2: Ilustração de uma bacia de drenagem. A rede de afluentes (tributários principais e secundários) converge para o canal principal. A água corre pela rede de drenagem até chegar à foz do rio principal, que é também a foz da bacia de drenagem. Ao nos posicionarmos de frente para a foz do rio, definimos as margens esquerda e direita do rio.

O primeiro passo para o estudo de uma bacia hidrográfica é a delimitação de seu contorno, ou seja, a linha que separa as precipitações em bacias vizinhas, encaminhando o escoamento superficial para um ou outro sistema fluvial. São três os divisores de uma bacia (**Figura 10.3**): *topográfico* (ou da superfície do relevo), *geológico* (definido pelas rochas impermeáveis que delimitam a bacia hidrográfica do aquífero) e *freático* (relacionado à dinâmica dos fluxos hidrológicos subterrâneos e subsuperficiais).

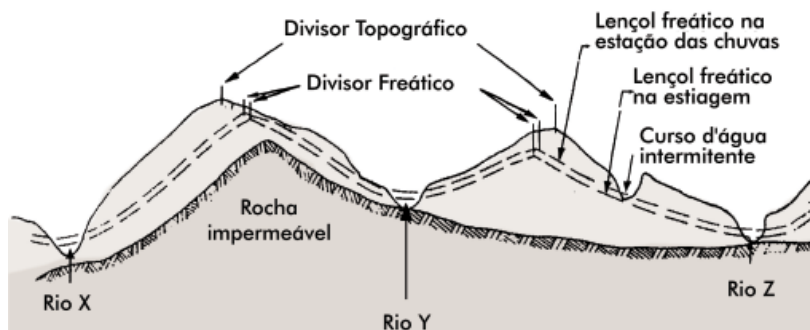


Figura 10.3: Esquema de uma bacia hidrográfica com o seu divisor topográfico e freático.

Fonte: <http://www.mundogeomatica.com.br/Geomaticalleru.htm>

Os *divisores de águas* delimitam as bacias hidrográficas; as elevações que separam fluxos d'água que correm para canais diferentes dentro de uma mesma bacia são chamados *interflúvios*. As bacias hidrográficas podem ser subdivididas em sub-bacias, definidas como sendo a área drenada a montante de um determinado ponto de um canal fluvial ou a partir de uma confluência com outro rio.

Outro conceito importante no estudo da dinâmica dos rios é o de *nível de base*, definido como sendo o nível abaixo do qual um rio não pode continuar a erodir seu próprio canal. O *nível de base geral* corresponde ao nível dos oceanos, uma vez que abaixo dessa superfície passa a atuar a dinâmica marinha/oceânica. Os *níveis de base locais* controlam (pelo menos por algum tempo) a dissecação (erosão ou entalhe) fluvial. Os níveis de base locais podem ter relação com a presença de uma rocha dura e mais resistente no leito dos rios. Lagos e/ou represas também limitam o potencial erosivo das águas correntes.

O termo *hierarquia fluvial* trata da classificação de bacias e canais fluviais segundo um sistema de classificação que vem sendo adotado desde a década de 1950, quando foi proposto por R. Horton e modificado por A. Strahler. Nesse sistema, a hierarquia dos canais é definida a partir dos afluentes que não se ramificam, os quais são classificados como sendo de *primeira ordem*. Ao

receberem um ou mais afluentes, os canais fluviais passam a ser classificados como de *segunda ordem*. Os segmentos de *terceira ordem* são formados pela confluência de dois canais de segunda ordem; os de *quarta ordem* se formam na confluência de dois canais de terceira, e assim por diante. Desse modo, os canais fluviais só mudam de ordem quando se encontram com outro de ordem igual à sua, mas não mudam de ordem caso recebam um segmento de ordem inferior à sua (**Figura 10.4**).

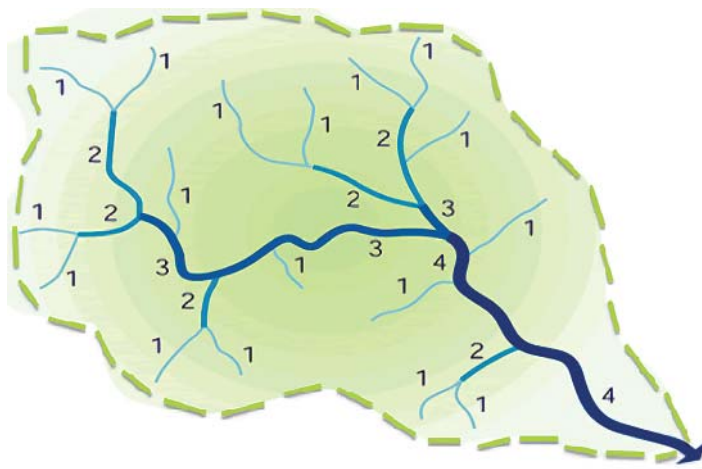


Figura 10.4: Hierarquia fluvial conforme classificação proposta por Strahler. Os canais de primeira ordem representam as nascentes que contribuem para o fluxo de água perene dos canais de ordem superior. Fonte: Ilustração adaptada de http://www.fgmorph.com/fg_4_8.php.

Devemos considerar que as análises e observações feitas em escalas cartográficas variadas possibilitam detalhamento diferenciado dos sistemas fluviais. Com o aumento do detalhamento da escala cartográfica, mais tributários poderão ser reconhecidos, o que pode levar a interpretações distintas em relação aos processos que ocorrem no sistema hidrográfico (**Figura 10.5**).

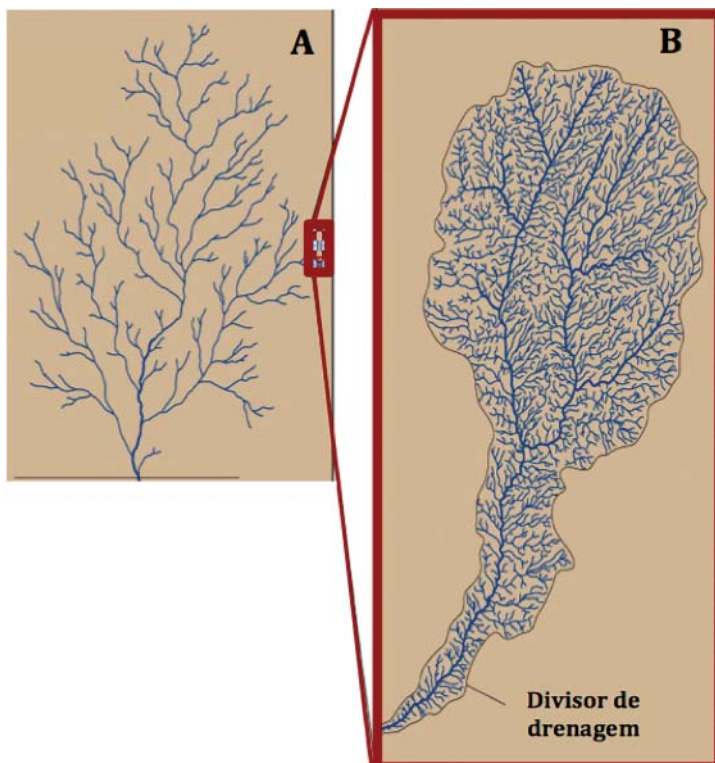


Figura 10.5: Bacias hidrográficas em diferentes escalas de análise. A) bacia hidrográfica representada em escala regional; B) escala de detalhe de uma pequena bacia afluente ao sistema fluvial (indicada pelo retângulo na cor vermelha representado em A). Observa-se que, ao alterar a escala de análise, a quantidade de pequenos canais tributários foi maior.
Fonte: Adaptado de Chistofferson (2012).

Os segmentos de primeira ordem correspondem a *cabeceiras de drenagem*, *mananciais* ou *nascentes*. A proteção das bacias hidrográficas de primeira ordem é fundamental para resguardar a qualidade, a quantidade e a regularidade do fluxo hídrico dos sistemas fluviais. As sub-bacias de primeira ordem – ou microbacias hidrográficas (**Figura 10.6**) são protegidas por programas nacionais e estaduais de recuperação e conservação de solos e recursos hídricos.

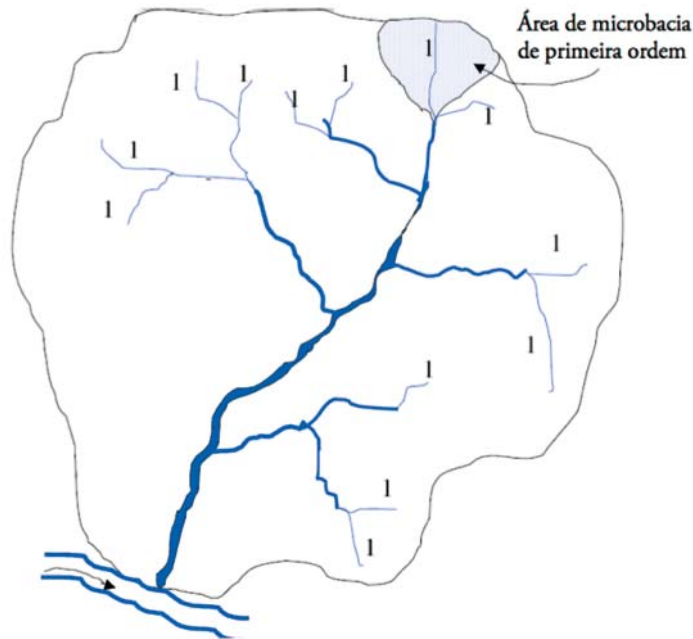


Figura 10.6: Bacia de drenagem com identificação dos segmentos de canais de 1ª ordem, ou nascentes; delimitação da área de uma microbacia de drenagem na parte superior da figura.

A manutenção dos recursos hídricos nas grandes bacias hidrográficas brasileiras depende muito da conservação das bacias de primeira ordem. Infelizmente, a implementação dessa legislação é precária na maior parte do território nacional. Muitos desses pequenos canais fluviais são convertidos em valões pelo lançamento de esgotos, lixo e aterro. A expansão urbana e o avanço das áreas cultivadas, frequentemente, ocorrem sem o devido cuidado com as cabeceiras de drenagem, comprometendo as águas dos cursos fluviais de maior hierarquia. As mudanças feitas em 2012 no Código Florestal Brasileiro reduzem a proteção nas áreas de nascentes, consideradas APPs (Áreas de Preservação Permanente), o que permite “determinadas atividades econômicas” nessas microbacias, criando brechas para o avanço da ocupação sobre essas áreas.

Por outro lado, há muitos produtores rurais, empresários que vêm procurando recuperar as áreas de mananciais e nascentes a fim de garantir um suprimento mais regular de água em suas

propriedades ou para suas empresas. Diversas instituições governamentais e representantes da sociedade civil contribuem para intensificar a pressão para a conservação dessas áreas, principalmente considerando o aumento e a diversificação da demanda de água no Brasil e no mundo.



A água é um recurso natural tido como abundante no Brasil. No entanto, as pressões provocadas pelo aumento da demanda hídrica, pela contaminação das águas fluviais ou pela destruição dos mananciais, vêm alterando essa percepção. A *Pegada Hídrica* é um indicador do uso da água que analisa seu uso de forma direta e indireta, sendo definida como o volume total de água doce que é utilizado para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo, pela comunidade ou produzidos pelas empresas. Saiba mais sobre o tema consultando www.pegadahidrica.org.

Padrões de drenagem

O Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE) propõe a análise de bacias de drenagem a partir de parâmetros que permitem comparar bacias distintas e identificar padrões de drenagem que indiquem características do substrato ou reflitam processos fluviais específicos. Alguns dos aspectos das redes de drenagem traduzem condicionantes morfológicos relacionados à permeabilidade e/ou porosidade do substrato, topografia e/ou declividade, controles geológicos entre outros fatores. Tais parâmetros são descritos a seguir e apresentados na **Figura 10.7**.

- *Grau de integração*: descreve o modo como os rios de uma bacia interagem entre si, evidenciando controles geológicos ou heterogeneidade do substrato;
- *Grau de continuidade*: consiste na continuidade do traçado dos canais de drenagem em função da permeabilidade, da porosidade e do grau de dissolução das rochas e da variabilidade do nível do lençol freático;
- *Densidade de drenagem (Dd)*: calculada pela fórmula $Dd=Lt/A$, onde Lt é o comprimento total dos canais e A corresponde à área da bacia ou sub-bacia em estudo. Reflete diferenças de permeabilidade e porosidade do terreno;
- *Tropia/direção*: indica se a rede de drenagem apresenta uma ou mais orientações preferenciais, o que pode ocorrer devido à existência de controles estruturais;
- *Grau de controle*: avaliado de acordo com as orientações preferenciais da drenagem determinadas pela tropia. Se a tropia for unidirecional, o grau de controle é alto; caso não haja uma orientação preferencial (bidirecional ou tridirecional), o grau de controle é de médio a fraco;
- *Sinuosidade*: refere-se às curvas delineadas pela drenagem, podendo ser abertas, fechadas ou, então, estarem situadas em um grau intermediário. A presença de uma sinuosidade marcante e abrupta poderá mostrar uma anomalia no terreno, retratada por um controle estrutural ou até mesmo litológico;
- *Angularidade*: refere-se às mudanças bruscas de direção da drenagem e indica a influência de fatores estruturais;
- *Ângulo de junção*: corresponde ao ângulo que os ramos secundários fazem com a drenagem principal e relaciona-se com o controle estrutural da drenagem;
- *Assimetria*: parâmetro que reflete o caimento do terreno; estando em geral associada à existência de blocos basculados, cujo limite é demarcado por uma estrutura retilínea.




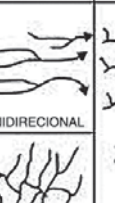
















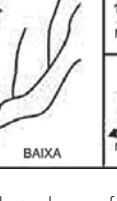






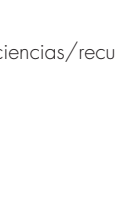

1 - GRAU DE INTEGRAÇÃO	2 - GRAU DE CONTINUIDADE	3 - DENSIDADE	4 - TROPIA	5 - GRAU DE CONTROLE	6 - SINUOSIDADE	7 - ANGULARIDADE	8 - ÂNGULO DE JUNÇÃO	9 - ASSIMETRIA
 ALTO	 ALTO	 ALTA	 UNIDIRECIONAL	 FORTE	 CURVOS	 ALTA	 AGUDO	 FRACA
 MÉDIO	 MÉDIO	 MÉDIA	 BIDIRECIONAL	 MISTOS	 MISTOS	 MÉDIA	 RETO	 FORTE
 BAIXO	 BAIXO	 BAIXA	 TRIDIRECIONAL	 FRACO	 RETILÍNEOS	 BAIXA	 OBTUSO	 FORTE
			 MULTIDIRECIONAL DESORDENADA					
			 MULTIDIRECIONAL ORDENADA					

Figura 10.7: Aspectos de todas as formas existentes no terreno dos parâmetros da propriedade da drenagem sugerido pelo IBGE (2009).

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/geomorfologia/manual_geomorfologia.shtm

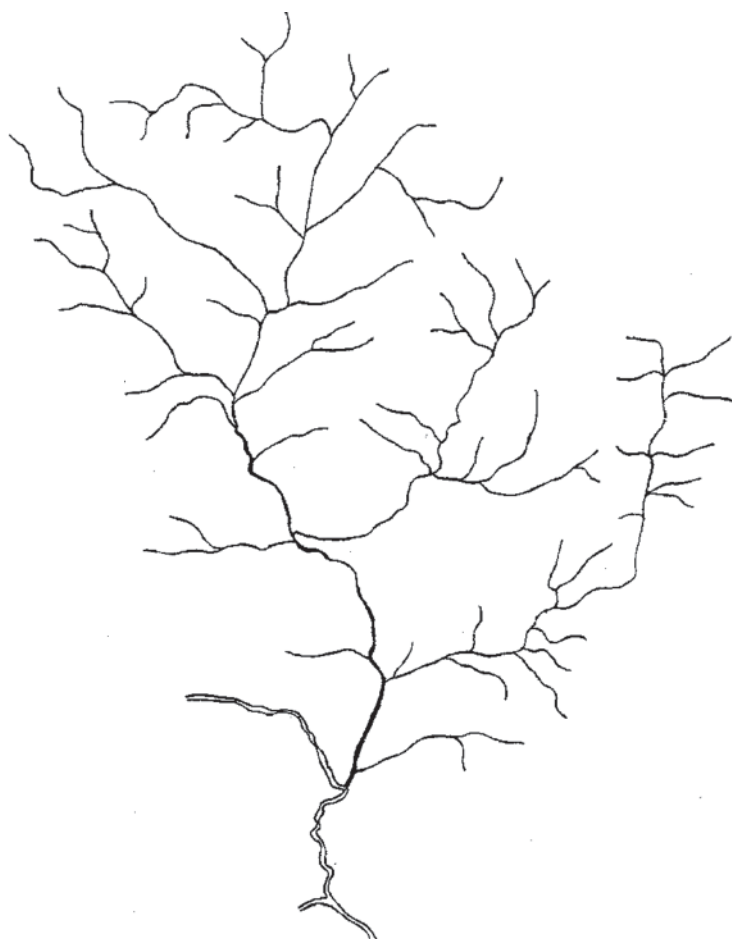


Atende ao Objetivo 1

1. A figura a seguir representa uma sub-bacia de drenagem que chega a um rio maior (traço mais grosso). Utilize a figura para realizar as atividades propostas:

a) Classifique os cursos d'água de acordo com a hierarquia fluvial proposta por Strahler e diga qual é o grau de hierarquia fluvial desta bacia.

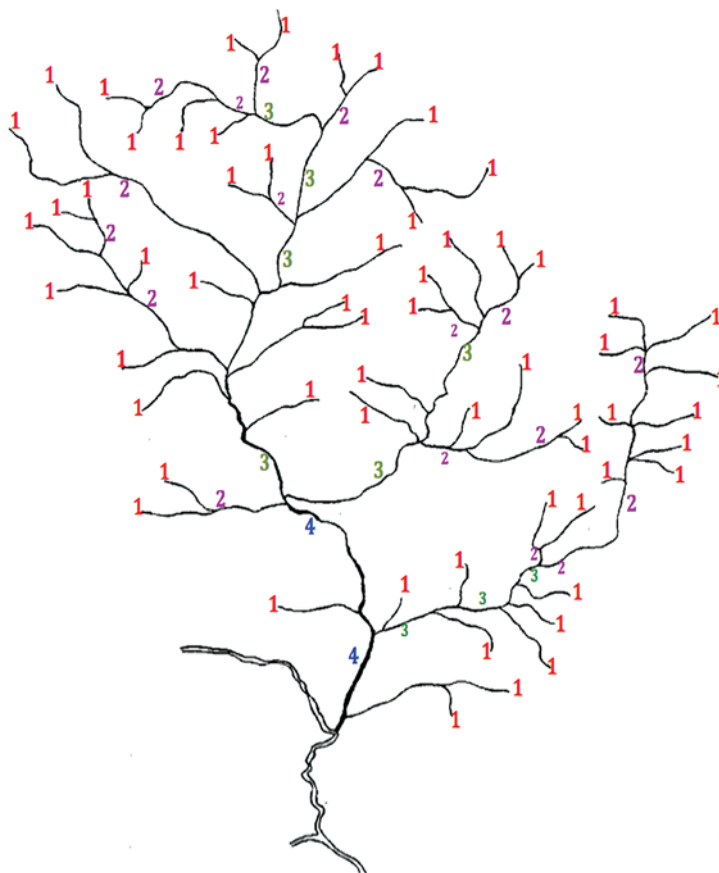
b) Em seguida, descreva qualitativamente as propriedades da drenagem, segundo os critérios do IBGE (2009) expostos na tabela da **Figura 10.7**.



Resposta Comentada

a) Os segmentos de primeira ordem são aqueles que iniciam a rede hidrográfica, portanto, suas nascentes. Comece identificando todos os canais de primeira ordem; em seguida, marque os

de segunda na confluência de dois canais de primeira; os de segunda ordem seguem até a confluência com outro de segunda para subir de ordem e assim por diante. O grau de hierarquia fluvial encontrado para a bacia em análise foi de quarta ordem, como pode ser observado na imagem a seguir.



b) *Grau de integração: média; grau de continuidade: alto; densidade de drenagem: média; tropia/direção: multidirecional dendrítica; grau de controle: fraco; sinuosidade: curvos a mistos; angularidade: baixa; ângulo de junção: baixa; assimetria: fraca.*

O trabalho dos rios: erosão, transporte e deposição fluvial

Dependendo da energia e das cargas dos fluxos de água nos canais fluviais, os rios atuam como agentes erosivos, de transporte e/ou de deposição de sedimentos. Esses processos são controlados por variações climáticas e hidrológicas, bem como pela disponibilidade de materiais a serem transportados e pelos níveis de base que se alteram ao longo de uma mesma bacia hidrográfica. Cada segmento dos canais fluviais ajusta-se às variações que ocorrem ao longo do tempo. Assim, alguns trechos de um canal fluvial podem estar sofrendo processos de erosão, enquanto outros podem estar em pleno processo de transporte ou de sedimentação. Vamos entender um pouco mais sobre esses processos.

Erosão e transporte fluvial

Assim como no ambiente de encostas, o trabalho erosivo dos rios depende da erodibilidade do substrato (controles estruturais e litológicos, granulometria dos sedimentos, presença de vegetação nas margens, inclinação do terreno, influência das atividades humanas etc.) e da erosividade das águas fluviais (como volume, velocidade e turbulência da corrente de água). Todo o material erodido das margens ou do leito dos rios e por eles transportado compõe sua carga, que pode ser dissolvida ou sólida. O transporte desses materiais pelas águas é descrito a seguir e ilustrado na **Figura 10.8**.

- Solução: carga dissolvida, tais como sais minerais solúveis;
- Suspensão: material em geral de granulometria mais fina, que se mantém em movimento sem se depositar no fundo dos rios;
- Saltação: partículas que saltam no fundo dos rios, onde se depositam brevemente até serem novamente mobilizada pelo fluxo de água;

- Tração: quando os sedimentos alcançam granulometria maior (seixos ou blocos), a vazão da água os empurra para jusante; esse transporte pode ser por *rolamento* ou por *arraste*.

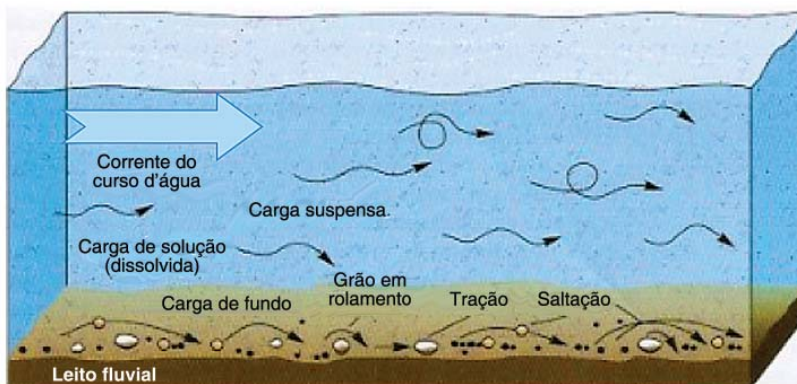


Figura 10.8: Transporte fluvial de materiais erodidos por solução, suspensão, saltação e arraste.

Fonte: CHRISTOPHERSON, 2012.



O vídeo disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=B6p5jXDhDvl> apresenta como o trabalho dos rios no transporte e na sedimentação de partículas varia em função das mudanças de velocidade do fluxo de água. À medida que os fluxos tornam-se menos turbulentos e mais lentos, o material vai sendo depositado no fundo: dos sedimentos maiores (seixos) até a sedimentação do material bem fino (argilas).

Os canais fluviais modificam-se intensamente por processos de erosão e transporte, em função da frequência do fluxo d'água e das mudanças no aporte de sedimentos. Dependendo do fluxo de

energia e da matéria disponível no sistema fluvial, os materiais são transportados (transferidos) em diferentes direções:

- transferências longitudinais: estabelecidas ao longo do canal fluvial, em geral de montante para jusante;
- transferências laterais: transporte de materiais entre o canal e suas margens;
- transferências verticais: correspondem às trocas químicas, biológicas e hidrológicas que ocorrem entre os ambientes de superfície e subsuperfície dos canais fluviais.

Estas formas de interação entre as partes do sistema fluvial denominam-se *conectividade* e são responsáveis pelas alterações morfológicas que ocorrem no canal fluvial ao longo do tempo. A **Figura 10.9** exemplifica diferentes tipos de conectividade de uma bacia hidrográfica, seja em relação à litologia das rochas (ricas em fosfato, no caso da ilustração) seja quanto aos diferentes tipos de uso (mineração, pecuária, agricultura, fonte de esgoto a montante etc.).

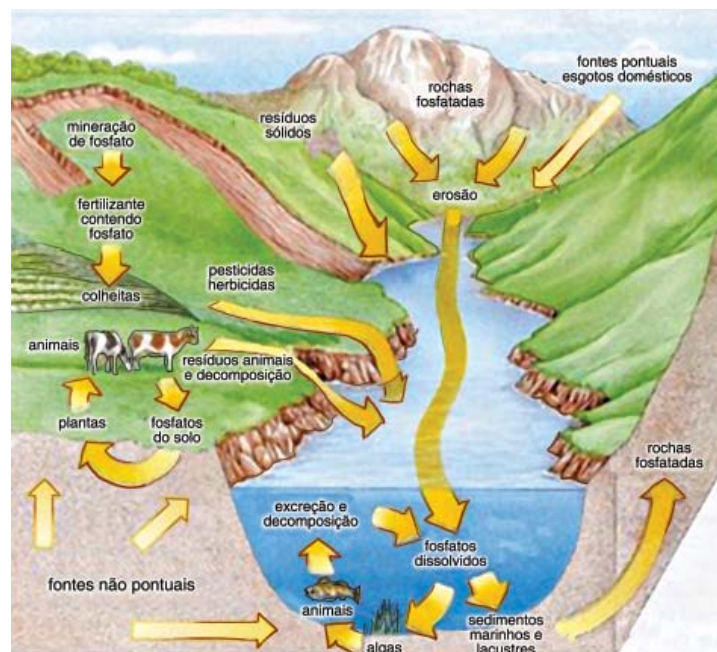


Figura 10.9: Relações entre cargas fluviais e características litológicas e usos do solo em uma bacia hidrográfica hipotética.
Fonte: Dobson e Beck (1999).

A erosão fluvial pode ocorrer por diferentes processos:

- Corrosão: processo de dissolução química provocada pelo contato da água com as rochas das margens e/ou do leito fluvial.
- Abrasão: processo de desgaste mecânico da água, removendo sedimentos ou materiais intemperizados das margens e/ou do leito fluvial.
- Cavitação: processo abrasivo intenso provocado por fluxos de água turbulenta com partículas sólidas que aumentam o desgaste das margens e/ou do leito fluvial; a cavitação é responsável pela erosão na base das cachoeiras (o que explica a ocorrência de grutas ou cavidades atrás das quedas d'água) e pelas *marmitas*, cavidades circulares formadas pela agitação da água turbulenta com seixos no fundo de depressões no leito rochoso dos rios.

Os rios podem erodir os seus canais verticalmente ao removerem materiais do fundo do leito, aprofundando o **talvegue** em relação aos terrenos adjacentes. Esse tipo de erosão pode levar à formação de *terraços fluviais*.

Os terraços fluviais constituem superfícies que já estiveram no mesmo nível altimétrico que os rios, sendo, à época, sujeitos a inundações provocadas pelo extravasamento das águas fluviais durante as cheias. Com o entalhe erosivo do fundo dos rios, essas antigas planícies de inundação deixam de ser sujeitas a enchentes. Morfologicamente, surgem como patamares aplainados, de largura variada, limitados por uma escarpa em direção ao curso d'água (**Figura 10.10**). Quando compostos por materiais relacionados à antiga planície de inundação, são designados terraços aluviais, e quando esculpidos sobre rochas componentes das encostas dos vales, são designados terraços rochosos.

Talvegue

Linha de maior profundidade no leito dos rios.

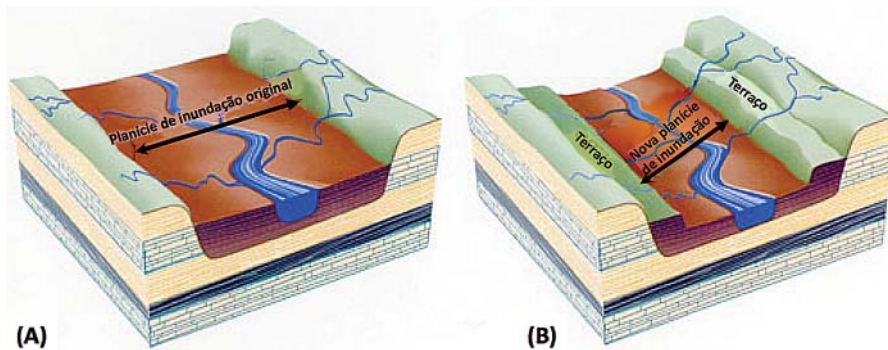


Figura 10.10: A) Observa-se uma *planície fluvial* ou *planície de inundação*, pois quando há episódios de cheia do rio, ocorre o extravasamento do canal com inundação da planície fluvial adjacente ao leito fluvial; B) Por efeito da erosão do leito do rio, o encaixamento do rio forma o *terraço fluvial* ou a *planície abandonada*.

Quando a erosão remove níveis de base locais, os rios podem continuar escavando na direção do alto curso dos rios, ou seja, a montante. Esse tipo de erosão é chamada de *remontante* (**Figura 10.11**).



Figura 10.11: Cataratas do Iguaçu, onde ocorre erosão do nível de base local composto por afloramento de basalto. A queda da água provoca abrasão e cavitação na base das cachoeiras, contribuindo para a erosão remontante.

Fonte: <http://www.info.lncc.br/spr03.html>

A erosão lateral ocorre em geral nas margens côncavas dos rios, onde as águas correm mais rapidamente. Nas margens convexas, o escoamento mais lento promove a acumulação de sedimentos (**Figura 10.12**).

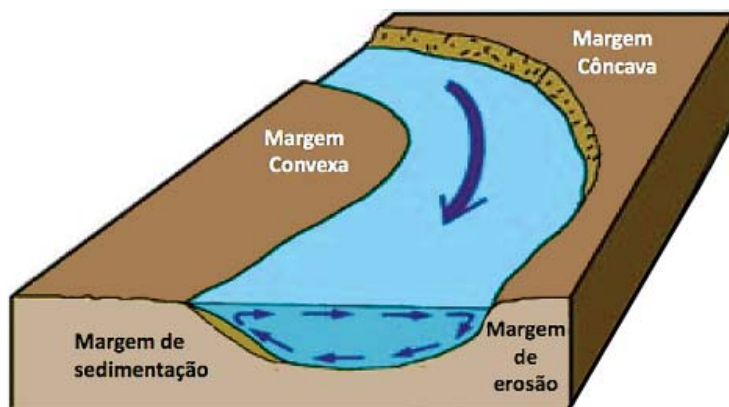


Figura 10.12: Esquema que ilustra a erosão na margem côncava e a sedimentação na margem convexa do rio.

Sedimentação fluvial

A deposição da carga fluvial ocorre quando a velocidade das águas diminui ou quando o volume de carga sólida excede a capacidade de transporte dos rios. O material depositado pelos rios é denominado *alúvio*. As camadas de depósitos aluvionares tendem a apresentar certa homogeneidade granulométrica, pois qualquer redução de volume, velocidade e/ou turbulência da vazão dos rios provoca redução em sua capacidade de transportar carga sólida. Assim, os depósitos fluviais são bons indicadores de variações dos regimes fluviais.

A sedimentação aluvial no próprio canal leva à formação de *barras*, podendo essas serem longitudinais (ao longo do leito dos rios) ou laterais (depositadas nas margens). Quando as barras fluviais são compostas por areias e/ou cascalhos, estas tendem a ser menos estáveis, mudando de posição ou formato ao longo do tempo. A

fixação dos sedimentos ocorre pela presença de vegetação, o que confere durabilidade a esse tipo de feição fluvial.

As planícies de inundação correspondem às superfícies relativamente planas e baixas em relação ao nível médio dos rios. Durante a ocorrência de cheias, essas áreas são tomadas pelas águas que ultrapassam as margens do rio. Por terem topografia plana e estarem perto dos rios, essas áreas costumam ser intensamente ocupadas. Grandes cidades, como Londres, Paris e São Paulo, entre muitas outras, cresceram ao longo dessas planícies, tendo sofrido ao longo de sua história com as enchentes. Ao longo do tempo, diversos mecanismos foram sendo criados para reduzir os prejuízos provocados por enchentes, como barreiras marginais, diques e áreas de contenção da vazão excedente. Mesmo assim, nem sempre tais medidas são suficientes.

Em geral, à medida que o nível e a velocidade das águas fluviais aumentam, maior tende a ser a carga sólida transportada. Quando a água extravasa o canal, tende a haver uma perda de velocidade, e a carga começa a ser depositada ao longo das margens. A repetição deste processo pode levar à formação de *diques marginais* – elevações ao longo das margens dos rios, formadas pela sedimentação nos períodos de aumento do nível da água (**Figura 10.13**). O acúmulo de sedimentos cria progressivamente uma barreira lateral que dificulta o extravasamento das águas e reduz as chances de enchentes.

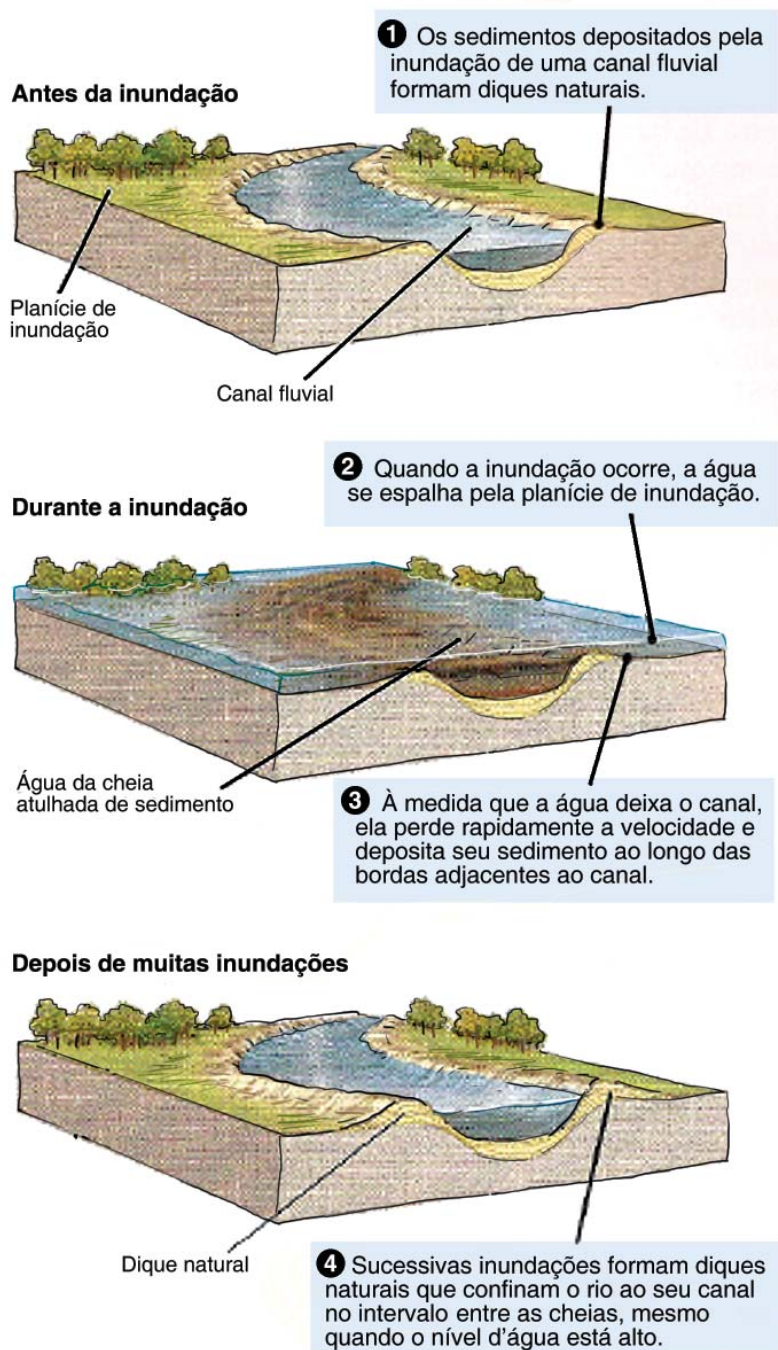


Figura 10.13: Formação de diques marginais.

Fonte: Press et al., 2006.

A foz de rios que transportam grande volume de sedimentos costuma ser caracterizada pela presença de *deltas*, que são protuberâncias na linha da costa formadas pela deposição de alúvios. Alguns grandes rios do mundo possuem deltas imensos que, à medida que recebem mais sedimentos dos rios, vão provocando a expansão das planícies aluviais em direção ao mar, processo este que é denominado de *progradação* costeira. Os rios Mississipi (**Figura 10.14**), nos EUA, Nilo, no Egito, e Ganges, cujo delta situa-se em Bangladesh, destacam-se nesse aspecto.



Figura 10.14: Delta formado na foz do rio Mississipi, próximo à cidade de Nova Orleans, nos EUA. Observe a presença de diversos canais distributários, transportando sedimentos que contribuem para a progradação costeira.

Fonte: Google Earth, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Image©2013 Terra Metrics.

Processos e formas fluviais nos compartimentos morfológicos de bacias hidrográficas

As bacias de drenagem podem ser segmentadas em trechos distintos, conforme as diferentes dinâmicas e segundo o predomínio de alguns tipos de processos em um sistema fluvial (**Figura 10.15**).

Estes trechos são conhecidos como *Alto Curso* (*Zona 1, de produção de água e sedimentos*), *Médio Curso* (*Zona 2, de transferência*) e *Baixo Curso* (*Zona 3, de deposição*). Apesar de apresentarem características morfológicas e dinâmicas distintas, os diferentes segmentos das bacias hidrográficas fazem parte do mesmo sistema: as mudanças ou os impactos que ocorram em qualquer um dos segmentos provocam cedo ou tarde reflexos ou ajustes nos demais segmentos.

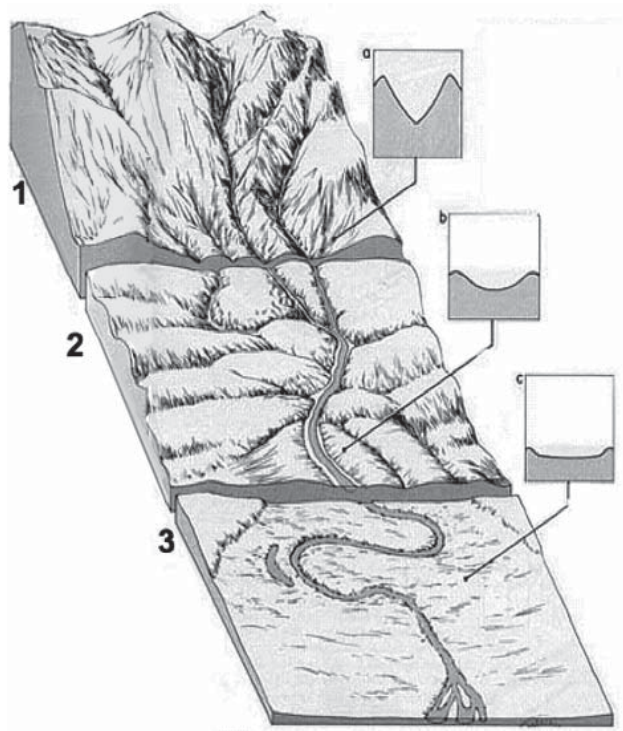


Figura 10.15: Figura esquemática dos distintos trechos de uma bacia hidrográfica (Zonas 1, 2 e 3) onde os processos de erosão, transporte e sedimentação são diferenciados. Os quadrados apresentados ao lado de cada trecho da bacia correspondem aos perfis transversais ao vale fluvial, prolongando-se até os interflúvios mais próximos das margens fluviais.

A identificação de segmentos das bacias hidrográficas com dinâmicas fluviais distintas pode ser associada à análise de aspectos morfológicos e dos perfis transversais à bacia no alto, médio e baixo cursos, descritos a seguir e ilustrados nas **Figura 10.16**.

- Alto curso (Zona 1): o vale fluvial apresenta-se bem entalhado, com divisores de drenagem mais pontiagudos e encostas íngremes; nessas áreas é comum haver depósitos fluviais predominantemente grosseiros, como blocos de rocha e matacões, refletindo a alta energia deste segmento fluvial, que dificulta a sedimentação de materiais mais finos (**Figura 10.16 A**).
- Médio curso (Zona 2): o vale fluvial torna-se mais largo, com relevo mais rebaixado e topos das elevações mais arredondados; os depósitos fluviais são mais heterogêneos, compostos de blocos e seixos de diversos diâmetros e, eventualmente, materiais mais finos, demonstrando a variação de dinâmicas comuns nesses segmentos (**Figura 10.16 B**).
- Baixo curso (Zona 3): o vale apresenta-se aberto e com divisores muito rebaixados; a sedimentação de areias grosseiras a finas, demonstrando que neste trecho predomina a sedimentação fluvial (**Figura 10.16 C**).



Figura 10.16: Fotografias dos aspectos da bacia do rio Bracuí (município de Angra dos Reis, RJ) em trechos de médio-alto curso (A) com observação das encostas íngremes correspondentes à escarpa da Serra da Bocaina, que está voltada para a baía de Angra dos Reis; de médio-baixo curso (B), com depósitos de material muito grosseiro; e de baixo curso (C), na área de desembocadura na baía de Angra dos Reis.



Atende aos Objetivos 2 e 3

2. As formas de relevo abaixo mencionadas estão diretamente relacionadas a processos de erosão (E) ou sedimentação (S) fluvial. Identifique-as:

- a) () terraços fluviais;
- b) () barras fluviais longitudinais e marginais;

- c) () diques marginais;
d) () planícies de inundação;
e) () deltas.

Resposta Comentada

Dentre as formas citadas, as que resultam de erosão fluvial são os terraços. As demais, resultam de sedimentação fluvial: a) E; b) S; c) S; d) S; e) S.

Conclusão

Nesta aula, introduzimos a análise das redes e bacias hidrográficas, dando foco em como alguns padrões de drenagem indicam características do substrato, sejam relacionadas a condicionantes geológicos e geomorfológicos, sejam relacionadas ao tipo de material que pode ser transportado pelos fluxos de água em função de sua velocidade, seu volume e sua turbulência.

As bacias de drenagem são importantes unidades de gestão do território, sobretudo quando se trata de recursos hídricos. A identificação de canais e microbacias de primeira ordem, bem como dos processos associados a determinadas feições fluviais nos diversos compartimentos das bacias hidrográficas, é muito importante para estabelecer prioridades relacionadas à gestão do território, visando resguardar áreas de preservação ambiental para garantir a qualidade dos recursos hídricos.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

As frases a seguir apresentam termos e processos relacionados à geomorfologia fluvial. Avalie o conteúdo destas e assinale as frases verdadeiras (V) e as falsas (F), comentando os erros identificados:

- a) () A maior parte dos rios brasileiros tem regime pluvial, mas alguns afluentes das bacias Amazônica e Platina, por nascerem nos Andes, têm regime pluvionival.
- b) () Erosão, transporte e sedimentação são processos capazes de modificar a fisionomia dos canais fluviais e das redes de drenagem.
- c) () Barras laterais e longitudinais são comuns no alto curso das bacias hidrográficas.
- d) () Planícies de inundação estão sujeitas a forte processo erosivo dos rios.
- e) () O talvegue corresponde à área de maior profundidade dos canais fluviais.
- f) () Nas margens convexas dos rios costuma haver acumulação de alúvios.
- g) () O aumento da velocidade ou da vazão de um rio pode causar aumento na sua capacidade em transportar de sedimentos.
- h) () Planícies de inundação podem ter terrenos férteis para uso agrícola, mas podem restringir ou ameaçar a expansão urbana.
- i) () Deltas se formam na foz dos rios pela deposição dos sedimentos aluviais.
- j) () Barras laterais e marginais podem prejudicar a navegabilidade nos canais fluviais, daí a necessidade de dragagem do leito em algumas hidrovias.

Resposta Comentada

a) V; b) V; c) F; d) F; e) V ; f) V; g) V; h) V; i) V; j) V.

No item c, o alto curso das bacias hidrográficas caracteriza-se pelo predomínio do processo de sedimentação enquanto, no médio e no baixo curso dos rios, a sedimentação aluvial, que leva à construção de barras fluviais, é mais comum.

No item d, nas planícies de inundação, predomina o processo de sedimentação fluvial.

Resumo

Esperamos que nesta aula você tenha compreendido que:

1. Os sistemas fluviais resultam de ajustes constantes entre as características da vazão dos rios e das formas resultantes dos processos produzidos pelo escoamento das águas fluviais.
2. O regime fluvial pode ter relação com a dinâmica das chuvas (pluvial), do derretimento das geleiras (nival) ou ambos, mas sempre terá relação com o nível dos lençóis freáticos.
3. Conceitos como montante, jusante, rios afluentes, rios distributários, nível de base, hierarquia de drenagem, mananciais, barras fluviais, alúvios, planícies de inundação, talvegue, margens côncavas e convexas, terraços fluviais, erosão remontante, entre outros, são importantes para designar e compreender formas e processos fluviais.
4. A carga transportada pelos rios pode estar dissolvida ou em estado sólido. A carga sólida pode ser transportada em suspensão, saltação ou por tração.

5. A erosão ou entalhe fluvial pode ocorrer por corrosão, abrasão ou cavitação.
6. A sedimentação fluvial tende a gerar camadas aluviais relativamente homogêneas, pois os materiais maiores e mais pesados se depositam conforme a vazão dos rios diminua, desacelere-se ou torne-se menos turbulenta.
7. As bacias hidrográficas podem ser compartimentadas em alto, médio e baixo cursos, onde predominam respectivamente processos de erosão, transferência e deposição de materiais que geram feições fluviais características.

Aula

11

Como a drenagem
dos rios interfere
nas formas de
relevo – parte 2

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Apresentar a dinâmica dos sistemas fluviais, com destaque para o estudo de padrões de canais e de redes fluviais, e associá-la à gestão de bacias hidrográficas.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. identificar padrões de canais fluviais e associá-los a processos geomorfológicos;
2. relacionar as configurações de redes hidrográficas a controles geológicos, geomorfológicos ou decorrentes da disponibilidade de materiais a serem transportados;
3. associar características dos sistemas fluviais (formas e dinâmicas) a práticas de gestão de bacias hidrográficas.

INTRODUÇÃO

A geomorfologia fluvial dedica-se ao estudo dos processos e formas relacionados ao escoamento das águas em canais fluviais. Pela análise das formas dos canais fluviais e da configuração das redes de drenagem é possível inferir os processos que lhes deram origem. Nesta aula, continuaremos a abordar aspectos da dinâmica e das formas dos canais e redes fluviais, bem como distinguir a influência das características topográficas e geológicas que os afetam.

Ao final desta aula, apresentaremos alguns temas relacionados à gestão de rios e bacias hidrográficas, tendo em vista a importância dos recursos hídricos para as sociedades e as consequências que podem advir de intervenções inapropriadas nos canais fluviais.

Tipos de canais fluviais

De acordo com as formas de conectividade existentes em um canal fluvial, teremos diversos tipos de classificações, formuladas segundo diferentes conformações de canal existentes na natureza.

A classificação dos canais fluviais corresponde a uma forma de organização das feições morfológicas existentes ao longo de canais com base nas suas similaridades e relações. Esses sistemas de classificação são particularmente importantes para organizar os canais em setores que podem ser comparados e interpretados para fins de planejamento e melhor compreensão da dinâmica fluvial.

Tomando como base a descrição e interpretação das características do canal referentes ao grau de *estabilidade* (se o canal estaria em condições mais estáveis, erosiva ou deposicional) e ao tipo de *transporte de sedimentos predominante* (transporte misto, transporte em suspensão, ou transporte por arraste), os canais fluviais seriam identificados como:

- *Canais de leito rochoso* (incisos sobre a rocha): geralmente experimentam modificações graduais, mas mantêm a forma geral por longos períodos. O deslocamento lateral pode ocorrer onde a rocha é pouco resistente.
- *Canais aluviais* (incisos sobre material aluvial): apresentam leito e margens compostos por sedimentos aluviais. Eles podem passar por grandes mudanças em sua forma, já que o material aluvial é pouco resistente e pode ser erodido, transportado e depositado em resposta a mudanças na vazão do canal e na quantidade de carga de sedimentos.
- *Canais semicontrolados* (localmente controlados por leito rochoso e alúvios): canais estáveis quando cortam a rocha ou material aluvial resistente, mas que podem migrar lateralmente em material aluvial e responderem bem mais rapidamente às mudanças hidrológicas.

Assim, chegou-se a classificação dos tipos de padrões de canal, que podem ser identificados pelos seguintes aspectos:

1. *Sinuosidade* – quantidade de curvas que o curso fluvial faz em função de fatores como descarga líquida, velocidade do fluxo, gradiente do terreno, carga sedimentar, relação entre a carga de fundo e o material em suspensão.

2. *Entrelaçamento* – percentual de ilhas ou barras presentes no leito fluvial, o que representa acúmulo de sedimentos aluviais.

3. *Carga de fundo* – tipo, quantidade e tamanho dos sedimentos transportados.

A partir desses critérios, podem-se classificar os canais fluviais como *retilíneos*, *meandantes*, *anastomosados* e *entrelaçados*, segundo as características principais dos padrões de canal.

- *Padrão retilíneo* – canais que apresentam baixa sinuosidade e entrelaçamento, com carga de fundo tendendo de média a grossa, podendo apresentar ilhas fluviais. Canais totalmente retilíneos são raros, sendo mais comum ocorrerem segmentos retilíneos curtos. Exceção é quando os canais são controlados por linhas

tectônicas (falhas e fraturas). A **Figura 11.1** representa o trecho do rio Paraíba do Sul que está encaixado no lineamento estrutural denominado de “Além Paraíba”.

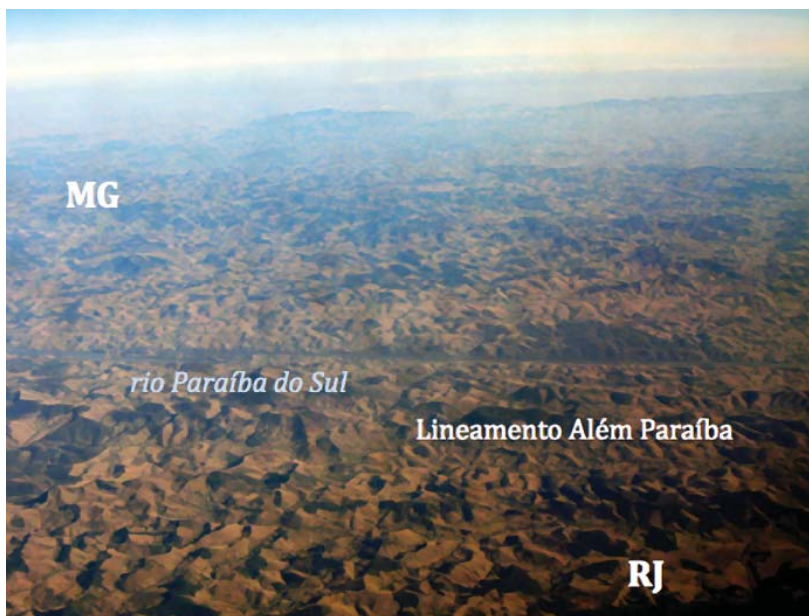


Figura 11.1: Fotografia da morfologia ao longo do rio Paraíba do Sul na divisa entre os estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais: padrão de canal do tipo retilíneo que corresponde à falha geológica do lineamento Além Paraíba.

- Padrão meandrante – constitui o modelo mais comum de canal que ocorre em áreas com baixos gradientes e sedimentos de granulometria fina. As seções transversais neste tipo de padrão de canal são desiguais: nas margens côncavas, a velocidade da vazão é maior e a erosão provoca um aprofundamento do leito dos rios; já nas margens convexas, a vazão mais lenta cria condições de sedimentação, o que torna o leito do rio raso pela progressiva deposição nas *barras de pontal de meandros* (**Figura 11.2**). Nos trechos retilíneos entre dois meandros, os canais são mais simétricos e rasos, enquanto nos pontos de curvaturas máximas, o perfil transversal é assimétrico, com maior profundidade na margem côncava (de erosão), suavizando-se na direção da margem convexa (de deposição).

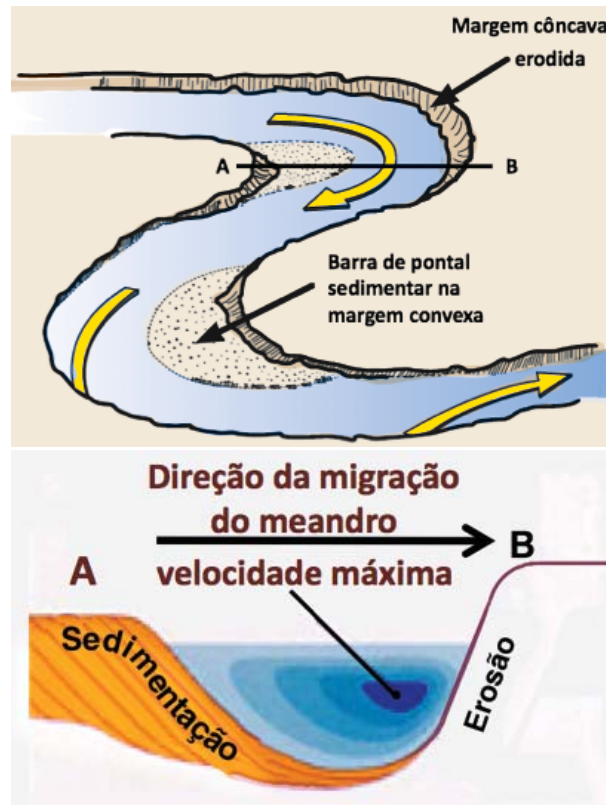


Figura 11.2: A) Esquema representativo de canal meândrico com dinâmica de erosão (margem côncava) e sedimentação de barra de pontal (margem convexa); B) perfil transversal AB do canal meândrico, no qual observa-se a erosão em direção à margem de maior velocidade, o que leva à migração do meandro.

Quando as margens côncavas próximas sofrem intensa ação erosiva, pode haver um *estrangulamento do meandro*, ou seja, uma diminuição do percurso do rio, o que dá origem a *meandros abandonados*, que assumem o aspecto de lagos em ferradura (**Figura 11.3**).

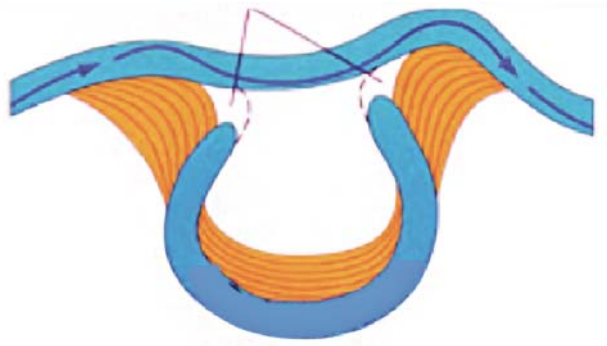


Figura 11.3: A progressiva erosão nas margens côncavas pode levar à formação de meandros abandonados. As linhas retas apontam os trechos desligados do canal principal, no quais aos poucos se acumulam sedimentos finos e restos de vegetação.

A remobilização de sedimentos em planícies caracterizadas pela presença de rios meândricos provoca alterações no traçado dos rios. E a progressiva erosão fluvial pode levar ao alargamento de planícies fluviais, enquanto que a sedimentação nas margens leva à formação de barras laterais (ou barras de pontal de meandros), processos que aos poucos alteram o traçado dos canais e da própria planície fluvial (**Figuras 11.4 e 11.5**).

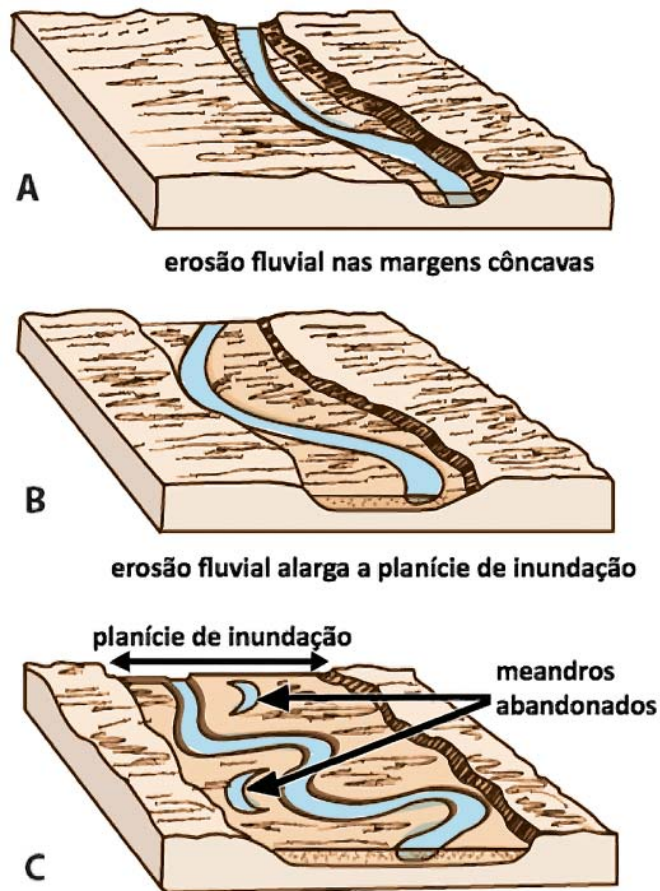


Figura 11.4: Evolução de sistema fluvial, caracterizado pela dinâmica de rios meândricos.



Figura 11.5: Exemplo de planície fluvial, caracterizada pela dinâmica de canais meândricos.

Fonte: <http://geografoht.jalbum.net/Geomorfologia%20Fluvial/index.html>

Há situações em que são realizadas obras de retificação fluvial para a eliminação dos meandros, seja para controlar a dinâmica erosiva e deposicional dos canais, seja para reduzir a extensão dos rios ou acelerar a vazão fluvial. Os impactos desse tipo de intervenção alteram a dinâmica dos rios, frequentemente com consequências em longo prazo. Sem a sinuosidade natural, a velocidade da vazão dos rios retilinearizados tende a ser maior, o que aumenta seu potencial erosivo e de transporte e tende a provocar assoreamento (acúmulo de sedimentos) nos trechos a jusante, especialmente nas proximidades da foz dos rios. Em períodos mais chuvosos, a água flui mais rapidamente nos segmentos retilinearizados, o que pode intensificar os riscos de inundações nas áreas a jusante.



Para observar os processos de remobilização de sedimentos típicos em meandros assista a <http://serc.carleton.edu/details/files/19084.html> (formação de novos meandros dentro de um rio anteriormente retilinearizado) e <http://serc.carleton.edu/details/files/19077.html> (sobre como a obstrução de um meandro provoca alterações tanto a jusante como a montante). Diversos outros vídeos sobre geomorfologia fluvial encontram-se à disposição em <http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/geomorph/emriver/index.html>. Outras imagens e fotos sobre canais fluviais podem ser encontradas em <http://www.earthscienceworld.org>.

- Padrão Anastomosado – caracteriza-se por apresentar maior deposição do que erosão fluvial, com grande volume de carga de fundo e sujeito a intensas variações de intensidade nas descargas fluviais. Neste padrão de drenagem, o rio corre por vários canais

que se ramificam em dois ou mais e confluem mais adiante em um complexo e variável sistema fluvial com várias barras fluviais (**Figura 11.6**). Essas barras (laterais, longitudinais e/ou de pontal) são bancos de detritos móveis, carregados pelos cursos d'água e ficam submersas durante as cheias. Apesar da variação na ação erosiva e sedimentar, tais barras são relativamente fixas ao leito fluvial.

Canais anastomosados costumam ocorrer em áreas onde o regime fluvial está sujeito a fortes cheias decorrentes de chuvas sazonais concentradas e/ou forte degelo em áreas montanhosas próximas. Outra situação que favorece a formação de canais anastomosados é a presença de rupturas de declive: a alta energia dos rios em áreas íngremes garante maior capacidade de transporte de carga sólida, que diminui rapidamente logo que os rios chegam a áreas planas, em geral no sopé de serras ou montanhas. Tanto a redução do volume como da velocidade da vazão provocam a rápida redução da capacidade de transporte de sedimentos, daí a deposição de grande volume de carga sólida, em geral com granulometria grosseira.



Figura 11.6: Imagem de rio com padrão de canal anastomosado, onde um único leito subdivide-se por inúmeras ramificações, resultantes da relação entre grande quantidade de carga e baixa capacidade de transporte (rio Hanman, Lewis Pass, Nova Zelândia).

Fonte: Google Earth, Image NASA, Image©2012 Digital Globe, ©2013 Whereis@ Sensis Pty Ltd, Image©2012 Geoeye.

A estabilização das barras fluviais dos canais anastomosados aumenta com a deposição de sedimentos mais finos e/ou pela fixação de cobertura vegetal. Isso faz com que as barras tornem-se ilhas fluviais e o padrão anastomosado tende então a assumir o aspecto do padrão entrelaçado, apresentado a seguir.

- Padrão entrelaçado ou ramificado (*braided*) – rios com vários talwegues devido à presença de ilhas que dividem o fluxo em distintos segmentos fluviais. Possuem elevado volume de carga de fundo (mais grosseira), maior declividade e vazão mais inconstante que a de canais meândricos ou retilíneos. Apesar de as ilhas fluviais serem bastante estáveis (indicado, em geral, pela maior presença de vegetação), as margens costumam apresentar-se mais sujeitas à remobilização sedimentar (**Figura 11.7**).



Figura 11.7: Exemplo de um trecho de canal entrelaçado, com subdivisão em diversos canais que se juntam em alguns momentos ao longo de um mesmo curso fluvial.

Fonte: <http://geografoht.jalburn.net/Geomorfologia%20Fluvial/slides.html>

Esses quatro padrões de canal podem variar ao longo de uma mesma bacia de drenagem, refletindo controles de litologias distintas, controles estruturais e/ou mudanças topográficas (especialmente declividade). Pode-se também observar mudanças no padrão do canal segundo variações na vazão fluvial ao longo do tempo, como ocorre, por exemplo...

- em canais com padrão meândrico que se tornam anastomosados devido a inundações nas planícies fluviais;
- em canais retilíneos que podem desenvolver canais meândricos em seu leito em períodos de menor vazão;
- em canais anastomosados que podem evoluir para entrelaçados conforme as ilhas fluviais se fixem e a vazão fluvial se torne menos variável.



As modificações e perturbações ambientais na área das bacias hidrográficas afetam o regime de sedimentos transportados pelos fluxos de encostas até os rios. Tais perturbações estão associadas aos processos de erosão dos solos (vistos na Aula 9) e causam alterações acentuadas no regime hidrológico de modo sistêmico.

A erosão produzida por fluxos superficiais/laminares nas encostas contribui para a carga sólida dos rios. Tais sedimentos são transportados, predominantemente, em suspensão e depositados em trechos do rio onde a energia é muito baixa.

Quando os fluxos superficiais são canalizados nas encostas podem dar origem à erosão por ravinas e voçorocas que, por sua vez, são importantíssimos no fornecimento de grandes volumes de sedimentos para os canais fluviais. Ao longo do tempo, os sedimentos que excedem a capacidade de transporte dos rios vão se acumulando e preenchendo os fundos de vale, originando planícies fluviais com extensos depósitos, que podem, quando entalhados, formar as feições de terraços fluviais (**Figura 11.8**).



Figura 11.8: Planície fluvial, elaborada pelo efeito da intensa deposição de material fluvial no rio Japuíba (município de Angra dos Reis, RJ) ao longo do tempo geológico. Observa-se também o nível de terraço fluvial e a barra de pontal, com acumulação de sedimentos no trecho convexo da curva meândrica (barra de pontal).



Atende ao Objetivo 1

1. Assinale as opções mais adequadas em relação às formas de relevo fluviais:

I. As sinuosidades descritas por rios, formando, por vezes, amplos semicírculos, são chamadas de:

a) cursos; b) meandros; c) margens; d) estuários; e) talvegues.

II. Padrão fluvial caracterizado por carga sedimentar excessiva em relação à vazão líquida, com diversos canais serpenteando entre barras fluviais:

a) retilíneo; b) afluente; c) anastomosado; c) meândrico; d) entrelaçado.

III. A estabilização de barras fluviais pelo acúmulo de sedimentos finos ou fixação destes pelo crescimento da vegetação leva à formação de:

a) ilhas fluviais; b) deltas; c) pontais; d) diques; e) meandros abandonados.

VI. A retilinearização de canais implica a eliminação de sinuosidades dos rios, o que pode provocar reajustes na dinâmica fluvial...

a) a montante; b) a jusante; c) na velocidade do fluxo; d) no talvegue; e) em todas as afirmativas anteriores, já que a dinâmica da vazão fica alterada.

Resposta Comentada

As questões objetivas foram propostas num intuito de colocar em evidência alguns dos termos mais comuns no que se refere a padrões de canais fluviais. Deste modo, as respostas são as seguintes:

I. b) os meandros são curvas dos rios, sendo mais frequentes nos trechos mais planos dos vales fluviais;

II. c) rios anastomosados indicam grande aporte sedimentar em relação à capacidade de carga da vazão fluvial;

- III. a) as ilhas fluviais podem se formar pela fixação de sedimentos nas barras fluviais;
VI. e) tornar rios meândricos em retilíneos tem consequências em vários segmentos dos canais fluviais.
-

A tectônica e o desenvolvimento da drenagem

A rede de drenagem é um importante elemento da organização do relevo terrestre e permite avaliar a influência geológica na paisagem, ou seja, os controles tectônicos e estruturais em uma dada área. Tais controles podem ser ativos ou passivos:

- Controle tectônico ativo – envolve a adaptação do sistema fluvial a esforços tectônicos ativos.
- Controle tectônico passivo – influência exercida por uma atividade tectônica ocorrida no passado geológico sobre a história evolutiva da drenagem.

Sendo assim, o padrão de drenagem auxilia na compreensão do arranjo dos canais fluviais e reflete diretamente a influência do tipo de litologia e/ou estrutura geológica.

Os padrões de drenagem são conhecidos e classificados de acordo com as características que ocorrem no arranjo ou na articulação de canais tributários ao canal principal, os quais formam a rede de drenagem que, por sua vez, reflete condições específicas do terreno (**Tabela 11.1; Figura 11.9**).

Tabela 11.1: Padrões de drenagem básicos e respectivas características fisiográficas, ligadas às condições do terreno

Básico	Características	Condições do terreno
Dendrítico	Canais distribuídos em todas as direções, com confluências em ângulos agudos.	Rochas homogêneas de caráter sedimentar ou ígneo.
Paralelo	Canais paralelos entre si e com vertentes com declives acentuados.	Falhas paralelas e/ou lineamentos topográficos.
Treliça	Controle estrutural bem marcado e com confluência em ângulos retos.	Falhas, juntas e estruturas homoclinais.
Retangular	Aspecto ortogonal com alterações retangulares no curso de rios.	Falhas/Juntas ou litologias diferentes.
Radial	Correntes dispostas como raios de uma roda.	Vulcões, domos e estruturas circulares em geral.
Anelar	Semelhantes ao desenvolvimento dos dendros de uma árvore.	Áreas dômicas/bacias profundamente entalhadas.
Multibasinal	Resultante de um soerguimento ou entulhamento de uma drenagem recente.	Atividade vulcânica recente; deslizamentos e calcários.
Contorcido	Baixa ordenação de canais, tributários mais longos em direção aos canais subsequentes.	Rochas metamórficas, ou seguindo diques e veios.

Fonte: Howard (1967).

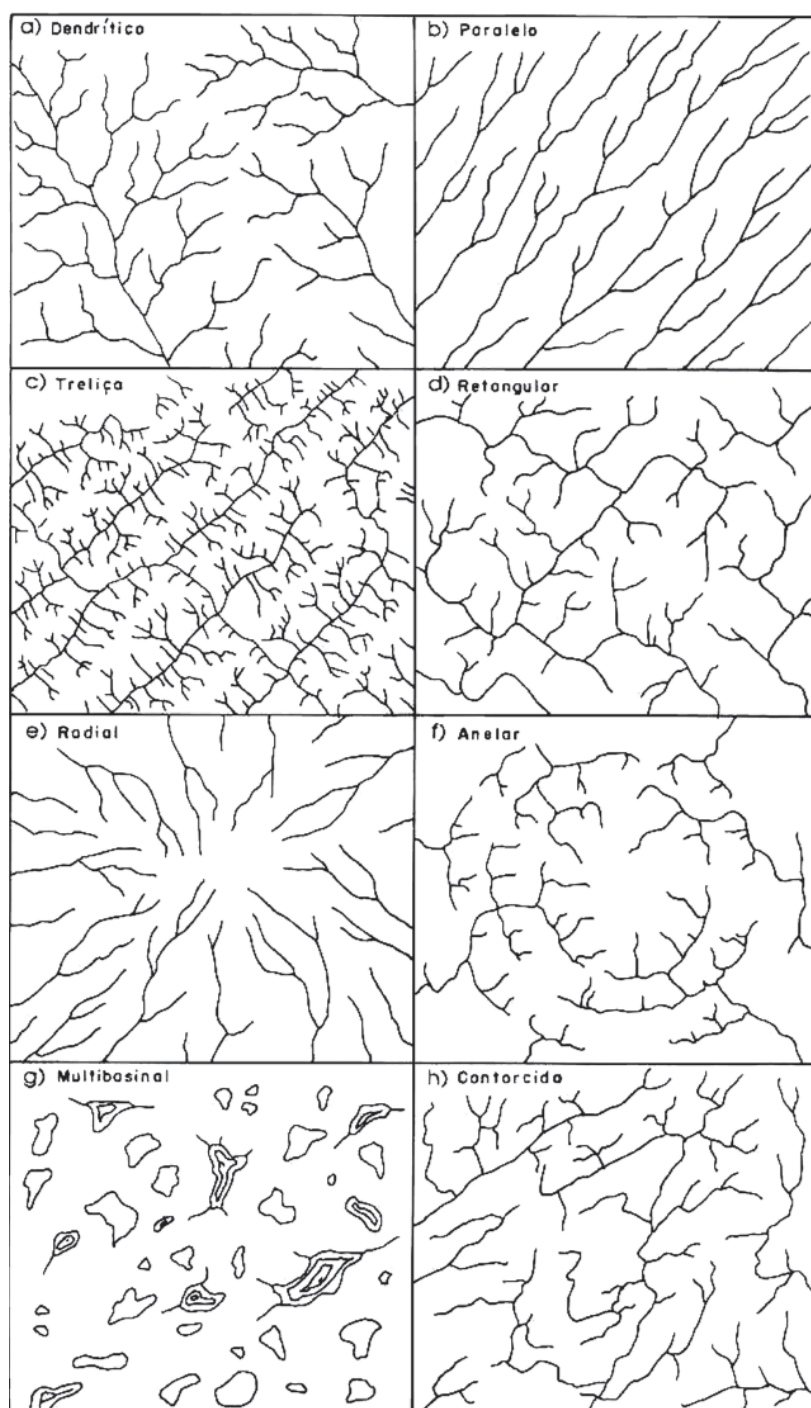


Figura 11.9: Tipos de padrões de drenagem básicos.

Fonte: Howard (1967).

Ainda em relação à estrutura geológica, os cursos fluviais podem ser classificados de acordo com o modo como a incisão fluvial se dá em relação à inclinação e/ou à direção das camadas geológicas, conforme destacado pela **Tabela 11.2** e pela **Figura 11.10**.

Tabela 11.2: Tipos de rios segundo as características da localização na superfície do terreno

Rios	Características
Consequentes (dips)	Rio que tem o curso controlado pelo caimento da estrutura, o que normalmente corresponde à inclinação do terreno.
Subsequente	Rio que tem seu curso desenvolvido ao longo de uma linha de fraqueza, como fratura, contato litológico etc.
Obsequente (anti-dip)	Rio que corre em direção oposta ao mergulho das camadas geológicas.
Superimposto	Rio cujo curso corta estruturas geológicas já existentes; é um curso fluvial mais jovem que as referidas estruturas.
Ressequente	Rio cujo curso segue o mesmo sentido da drenagem consequente, mas em um nível topográfico inferior.

Fonte: Howard (1967).

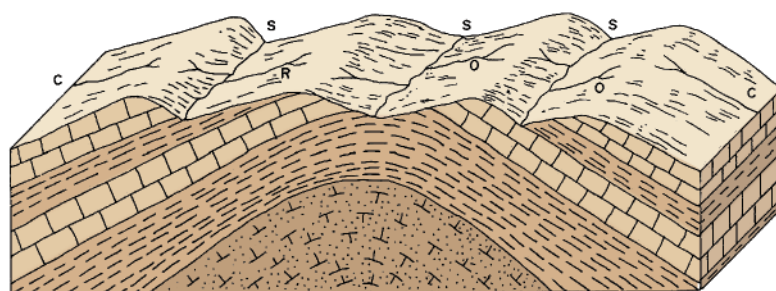


Figura 11.10: Bloco esquemático com representação da estrutura geológica e a disposição da rede de canais fluviais: C) rios Consequentes; S) rios Subsequentes; O) rios Obsequente; R) rios Ressequentes.

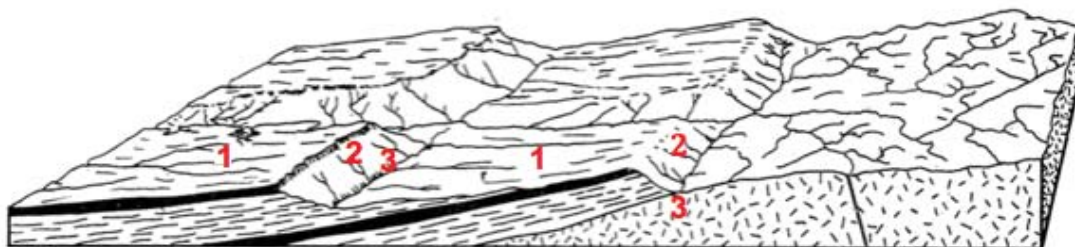
Fonte: Christofolletti (1980).

Os rios que não apresentam qualquer controle geológico visível são classificados como *insequentes*, desenvolvendo-se sobre rochas homogêneas ou sobre materiais sedimentares inconsolidados.



Atende ao Objetivo 2

2. Identifique no bloco diagrama da figura a seguir os tipos de rios de acordo com a classificação que associa os canais fluviais e sua disposição em relação à estrutura geológica local.



- a) _____
- b) _____
- c) _____

Resposta Comentada

- a) Rios consequentes, acompanham o caimento das camadas geológicas.
 - b) Rios obsequentes, correm na direção oposta ao caimento das camadas.
 - c) Rios subsequentes, correndo no contato entre camadas geológicas.
-

Bacias hidrográficas e gestão das águas

As bacias hidrográficas representam unidades de análise fundamentais para os estudos em geomorfologia, sendo cada vez mais usadas para o planejamento e a gestão ambiental. Sistemas hidrográficos têm sido usados como unidades de delimitação espacial para alguns tipos de estudos ambientais, tendo em vista que as alterações decorrentes das interferências humanas sobre o ambiente refletem-se direta ou indiretamente na dinâmica dos recursos hídricos.

Qualquer mudança que ocorra ao longo dos canais fluviais promove adaptações nas formas e processos fluviais devido aos ajustes às novas condições. Assim, as interferências antrópicas precisam ser muito bem avaliadas, pois certamente provocarão consequências, nem sempre benéficas ou compensadoras em longo prazo. É fácil imaginar que o desmatamento da vegetação nas nascentes e nas margens (**mata ciliar**), a realização de obras (retilinearização, aterros, barragens etc.), bem como o lançamento de dejetos que contaminem a água dos rios provoquem prejuízos ambientais e econômicos a jusante. No entanto, alguns desses impactos podem afetar os canais e bacias hidrográficas a montante também.

Mata Ciliar

Vegetação que se desenvolve ao longo das margens dos rios.

A destruição da flora ou da fauna fluvial, por exemplo, provoca impactos ambientais a longas distâncias. Há peixes que só procriam nas nascentes dos rios e sua pesca predatória nas áreas próximas à foz (onde certos peixes alcançam tamanho maior) pode provocar o desaparecimento de certas espécies em toda a extensão das bacias hidrográficas. A retirada da vegetação ciliar reduz a estabilidade das margens, tornando-as mais suscetíveis à erosão e ao desmoronamento. Sem a proteção das matas ciliares, os rios ficam com águas mais turvas e com regime fluvial menos estável, pois o lençol freático (maior responsável pela manutenção dos fluxos fluviais perenes) também fica desprotegido.

A ocupação urbana e a implantação de rodovias e outras obras de infraestrutura alteram completamente o regime fluvial. A

pavimentação dos solos reduz as taxas de infiltração nas bacias hidrográficas urbanas, o que faz com que a vazão se torne irregular:

- em períodos não chuvosos, a vazão diminui muito devido ao rebaixamento dos lençóis freáticos em áreas urbanas; a diminuição do nível médio dos rios de maior porte induz a uma ocupação perigosa, pois frequentemente as áreas edificadas às margens dos rios ficam muito vulneráveis em épocas de chuvas mais intensas; canais fluviais pequenos podem até desaparecer (o que por vezes dá a falsa impressão de que seu leito pode ser ocupado com edificações) ou se transformar em *valões* quando a população lança esgotos domésticos nestes;
- em períodos de chuvas intensas e concentradas, a chuva escoar diretamente sobre os pavimentos impermeáveis nas áreas urbanas chegando rapidamente aos canais fluviais, elevando rapidamente o nível dos rios e reocupando os leitos e margens fluviais que permaneceram secos durante as épocas de estiagem; nesses momentos, os riscos de inundações cresce, colocando a população urbana em situações altamente perigosas.



O gráfico da **Figura 11.11** representa o fluxo de um rio ao longo do tempo após uma chuva, em três regiões distintas.

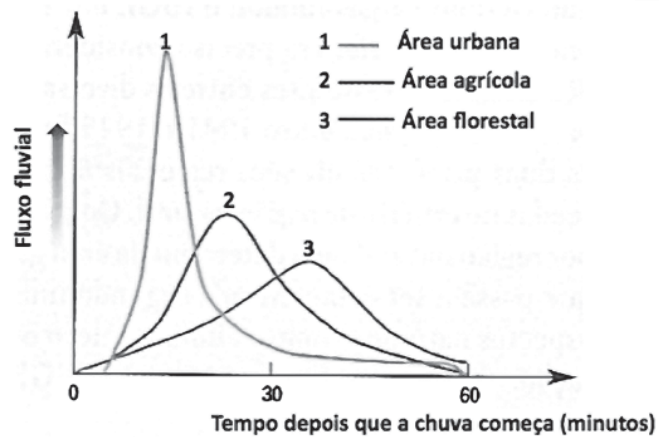


Figura 11.11: Gráfico ilustrando as variações da vazão de um rio ao longo do tempo, após o início de uma chuva.

Cada linha do gráfico representa o comportamento do fluxo fluvial em bacias hidrográficas com usos do solo distintos. Observe que na área urbana o fluxo aumenta muito, poucos minutos após o início da chuva, mas diminui rapidamente em seguida. Isso reflete a rápida chegada dos fluxos superficiais que ocorrem sobre solos cimentados ou asfaltados em áreas urbanas, enquanto que os fluxos subsuperficiais e subterrâneos (mais lentos) contribuem muito pouco para garantir um fluxo maior em épocas sem chuva. Nas áreas florestais ocorre o contrário: a vegetação contribui para a maior infiltração da chuva nos solos, o que retarda o pico da vazão fluvial, mas garante um nível maior de água nos rios por mais tempo.

Lembra-se do vídeo *Entre rios* (disponível em <http://vimeo.com/14770270>), que sugerimos na Aula 1? Veja-o de novo, agora com mais noção dos impactos da expansão urbana de São Paulo e suas relações com a hidrografia local.

Outro impacto antrópico comum aos sistemas fluviais é a construção de barragens ao longo dos canais fluviais para o represamento dos rios com fins de abastecimento hídrico, produção de hidroeletricidade ou controle da vazão em hidrovias. As barragens criam níveis de base locais que provocam mudanças no regime dos rios tanto a montante (onde o regime lacustre e o alagamento das antigas margens alteram desde a qualidade das águas até a dinâmica dos fluxos, gerando ambientes deposicionais) como a jusante (alterações na fauna fluvial e aumento dos processos erosivos devido à criação do desnível e da formação de cachoeiras artificiais).

É nesse sentido que o estudo de bacias hidrográficas requer uma abordagem integrada tanto das dinâmicas natural, econômica e social como da interação entre elas. Há no Brasil, e em muitos outros países, grupos gestores e comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas que agregam representantes de diversos setores usuários de água, organizações de sociedade civil ou de poderes públicos.

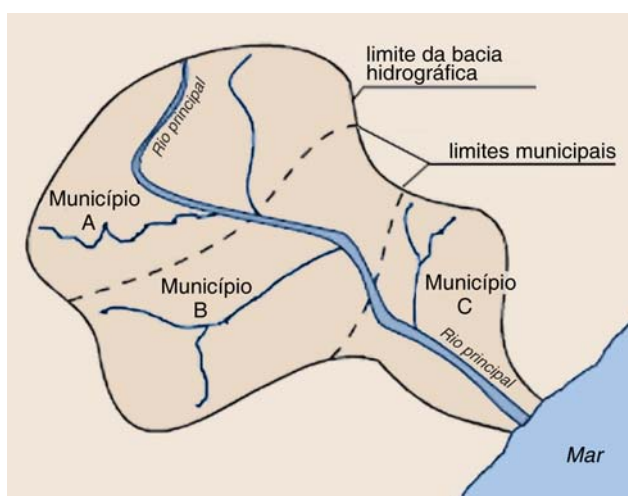


Os Comitês de Bacias Hidrográficas fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e existem no Brasil desde 1988. A composição diversificada dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade, com interesse sobre a água na bacia, sejam representados e possam decidir sobre sua gestão. Suas principais competências são: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia (buscando soluções sustentáveis para manter a qualidade e o volume das águas fluviais, com vistas a fiscalizar e coibir práticas nocivas); arbitrar conflitos pelo uso da água; estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água; entre outros. Para saber mais sobre os Comitês de Bacia, explore as informações disponíveis em <http://www.cbh.gov.br>



Atende ao Objetivo 3

3. Segundo a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (disponível em <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>), a bacia hidrográfica é a unidade territorial que deve ser utilizada para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil. Esta política visa otimizar o aproveitamento das águas continentais.



a) Com auxílio da figura de uma bacia hidrográfica hipotética, explique por que a bacia hidrográfica – e não o município – é a melhor unidade de gestão das águas fluviais.

b) Assinale as situações que justificam a gestão rigorosa de recursos hídricos no Brasil e no mundo:

I. () a tendência de escassez da água pelo aumento da demanda;

- II. () a diversificação do consumo de água nos grandes centros urbano-industriais;
- III. () o alto custo de tratamento e de distribuição de água potável;
- VI. () a maximização do potencial de aproveitamento energético;
- V. () a garantia de água para a agricultura e pecuária;
- VI. () a ameaça da poluição e contaminação por dejetos industriais e agropecuários;
- VII. () o aproveitamento adequado dos rios para o transporte fluvial;
- VIII. () a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural;
- IX. () demandas por transposição de águas entre bacias hidrográficas para fins de abastecimento;
- X. () os impactos relativos ao uso das águas fluviais não se limitam ao ponto onde a intervenção antrópica se deu, podendo afetar áreas a montante e a jusante do canal fluvial, bem como outros rios da mesma bacia hidrográfica.

Resposta Comentada

a) A bacia hidrográfica é a melhor unidade de gestão para evitar que os municípios situados nos baixos cursos dos rios sejam prejudicados pela má utilização das águas fluviais nos municípios que se situam à montante. É necessário, portanto, que o conjunto de municípios administre o uso das águas da bacia.

b) Todas as razões estão corretas e você talvez possa acrescentar mais algumas! Trata-se de reconhecer a importância da conservação dos rios e recursos hídricos, tornando o assunto uma prioridade em todos os níveis.

CONCLUSÃO

Nesta aula, introduzimos a análise das redes e bacias hidrográficas, dando foco em como alguns padrões de drenagem indicam características do substrato, tanto os condicionantes geológicos e geomorfológicos como o tipo de material que pode ser transportado pelos fluxos de água em função de sua velocidade, seu volume e sua turbulência.

As bacias de drenagem são importantes unidades de gestão do território, sobretudo quando se trata de recursos hídricos. A identificação de formas e processos fluviais e sua análise sistêmica são muito importantes para estabelecer prioridades relacionadas à gestão do território, visando resguardar áreas de preservação ambiental para garantir a qualidade dos recursos hídricos.

Atividade Final

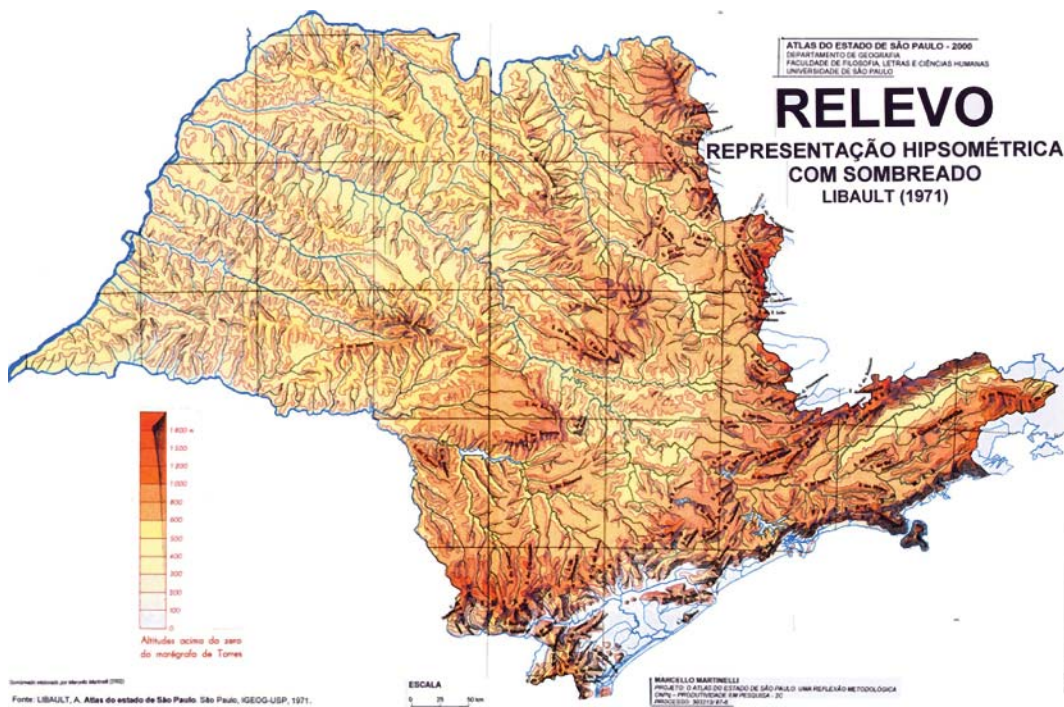
Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Observe os mapas do estado de São Paulo com a rede de drenagem (A) e o relevo (B). Será mais fácil se você consultar os mapas nos sites indicados abaixo dos mapas. Em seguida, faça o que se pede:

- a) Compare a extensão dos rios que correm diretamente para o litoral sul (bacia do Ribeira de Iguape) com a extensão dos rios que correm para o interior (bacias do Paranapanema e do Tietê), avaliando os rios em relação ao relevo do estado;
- b) Descreva o padrão do canal do Ribeira do Iguape, perto da cidade de Sete Barras (C).



Fonte: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/index/imagens/rec_hirdricos.pdf



Fonte: <http://confins.revues.org/6168#tocto2n3>



Fonte: Google Earth, Image NASA, Image©2013 Geoeeye, ©2013 MapLink/Tele Atlas.

Resposta Comentada

- a) Os rios que correm para o litoral possuem menor extensão e descem das escarpas íngremes próximas ao litoral (Serra do Mar), revelando provável padrão obsequente em suas nascentes (que precisa ser confirmado com dados geológicos) e insequente na planície costeira. Os rios que correm para o interior possuem maior extensão, atravessando todo o estado: o alto curso das bacias segue padrão consequente; no médio curso, ao atravessarem as elevações situadas no meio do estado, estabelecem o padrão superimposto, ou seja, cortam as estruturas das serras e continuam em direção aos terrenos mais baixos na porção oeste e noroeste do estado.
- b) O Ribeirão do Iguape apresenta-se meândrico no trecho em que percorre a planície costeira próxima à cidade de Sete Barras, SP. Pode-se observar meandros abandonados (lagos em forma de ferradura) e barras de pontal nas margens convexas (faixas brancas onde deve haver sedimentos arenosos depositados), indicando a dinâmica intensa do rio nessa área.



RESUMO

Esperamos que nesta aula você tenha compreendido que:

1. As bacias hidrográficas e canais fluviais são estudados segundo critérios que permitem identificar processos e propriedades morfológicas dinâmicas no tempo e no espaço.
2. A abordagem sistêmica contribui para compreender as diferentes influências no padrão dos canais fluviais, das redes e das bacias de drenagem.
3. Bacias hidrográficas e canais fluviais podem indicar características do substrato geológico e controles geomorfológicos em diferentes compartimentos do relevo terrestre.
4. Os canais fluviais podem desenvolver padrões retilíneos, meândricos, anastomosados e entrelaçados, dependendo dos controles geológicos e topográficos e das características da vazão fluvial.
5. As redes de drenagem podem ser classificadas dependendo de suas características fisiográficas (padrão dendrítico, paralelo, treliça, retangular, radial etc.) ou de sua orientação em relação às camadas geológicas (consequentes, subsequentes, obsequentes, superimposto, ressequentes ou insequentes).
6. A gestão de recursos hídricos requer a participação de diversos segmentos políticos e sociais, havendo legislação, grupos de trabalho e instituições civis e governamentais destinadas a este fim.

Aula 12

A ação do gelo na superfície da Terra

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Apresentar e discutir os processos, pretéritos e atuais, bem como as formas de relevo, derivados da ação do gelo na superfície terrestre.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. caracterizar ambientes glaciais e principais dinâmicas de geleiras;
2. identificar processos e feições de erosão e sedimentação de ambientes glaciais;
3. reconhecer que fases glaciais e interglaciais provocadas por oscilações climáticas globais foram recorrentes na história geológica da Terra, deixando evidências tanto em ambientes glaciais quanto em áreas não atingidas pelas geleiras.

INTRODUÇÃO

Atualmente, ambientes glaciais existem nas regiões polares e nas porções mais altas de cadeias de montanhas, ocupando cerca de 10% da superfície emersa da Terra. Países situados em altas latitudes, como Canadá, Rússia, Noruega, Suécia e Finlândia, a Antártida, a Groenlândia e locais de elevadas altitudes (como o Himalaia, os Alpes, os Andes etc.) foram e ainda são afetados pela direta atuação do gelo na formação da paisagem.

Os estudos da história da Terra indicam ter havido inúmeras mudanças e variações climáticas, ou seja, períodos muito mais frios (fases glaciais) e muito mais quentes (de aquecimento global) ao longo da evolução do planeta. Muitas dessas fases tiveram longa duração, chegando a durar milhões de anos. No entanto, há registros de ter havido variações climáticas muito mais frequentes e de curta duração nos últimos dois milhões de anos, ou seja, durante o Período Quaternário.

Durante as eras glaciais, todo o planeta foi afetado pela queda de temperaturas e pelas mudanças no ciclo hidrológico global. Mesmo que não houvesse gelo esculpindo as paisagens das áreas mais quentes do planeta (longe das geleiras), essas sofriam processos correlativos aos que ocorriam nos ambientes glaciais, ou seja, processos que aconteciam na mesma época e por razões relacionadas ao esfriamento global.

No Brasil, por exemplo, há registros de glaciações muito antigas, em unidades geológicas do Proterozoico e do Paleozoico, mas não há registros de ação glacial direta na elaboração das formas de relevo durante as glaciações do Quaternário. Houve, entretanto, processos típicos de climas diferentes dos atuais no passado (*paleoclimas*). Os ambientes do passado (*paleoambientes*) foram, portanto, elaborados sob *paleoclimas*. Nesta aula, buscaremos esclarecer como ocorreram esses processos e seus efeitos na elaboração de feições morfológicas específicas.

Paleossuperfícies

Antigas superfícies do relevo, atualmente reafeiçoadas, parcialmente erodidas ou recobertas por camadas sedimentares mais recentes.

Entender a dinâmica geomorfológica em ambientes glaciais é importante para que possamos compará-la a ambientes fluviais, lagunares e de encostas, mais comuns por aqui. Esse entendimento contribui muito para a compreensão da história da ação de processos glaciais passados e que ficaram registrados nos depósitos e/ou nas antigas superfícies do terreno (**paleossuperfícies**).

Ambientes glaciais

Ambientes glaciais são áreas onde o gelo e as águas derivadas do degelo são os principais agentes de intemperismo, erosão, transporte e deposição de sedimentos. As massas de gelo, *geleiras* ou *glaciares* atuam pela força da gravidade ao se movimentarem para o fundo dos vales e áreas topograficamente mais baixas. A formação de uma geleira requer baixas temperaturas, elevada precipitação de neve (que vai se recristalizando conforme aumenta a compactação provocada pelo peso de novas camadas de neve) e acúmulo de gelo.

Existem geleiras que ocorrem ao longo de vales em altas montanhas (também chamadas de *geleiras alpinas*), formadas a partir do fluxo de gelo proveniente das partes mais elevadas das montanhas. Já as *geleiras continentais*, ou *mantos de gelo*, independem das formas de relevo, recobrendo extensas áreas continentais. Atualmente as geleiras continentais se restringem às regiões de alta latitude como a Antártica (**Figura 12.1.a**) e a Groenlândia (**Figura 12.1.b**). O manto de gelo da Antártica, por exemplo, cobre atualmente uma área de aproximadamente 12.500.000 km², excluindo as plataformas de gelo flutuante.

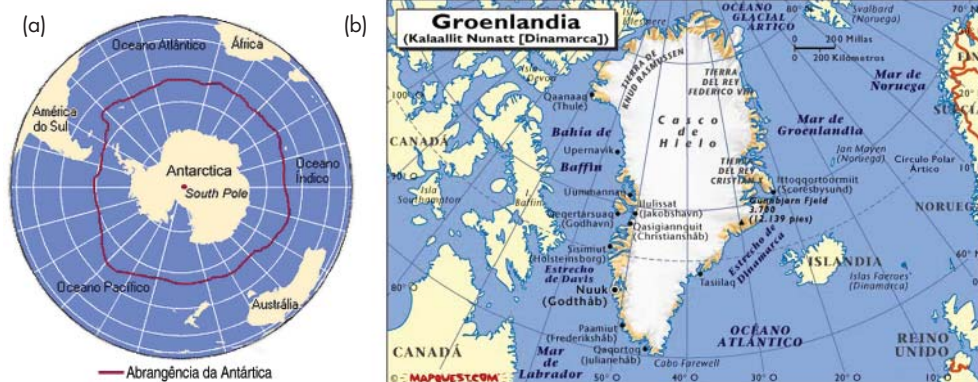


Figura 12.1: As geleiras continentais: (a) Continente Antártico; (b) Groenlândia.

Fontes: <http://anarko-ideais.blogspot.com.br/>; www.mapquest.com



- Geleiras alpinas podem chegar a ter a centenas de metros de espessura. Há locais na Antártica onde a camada de gelo chega a quatro quilômetros de espessura. O peso desse material chega a provocar o afundamento litosférico da placa continental antártica.
- Cerca de 10% da superfície do planeta está recoberta por geleiras.
- Atualmente, cerca de 75% da água doce do mundo está congelada em geleiras; quanto mais água congelada, retida nas geleiras, mais baixo o nível geral dos oceanos.
- No auge da última era glacial, há cerca de 20.000 anos, as geleiras recobriam em torno de 1/3 do planeta; naquela época, o nível do mar era cerca de 120 metros mais baixo do que o nível atual.
- Se todas as atuais geleiras derretessem (incluindo o gelo da Antártica, do Ártico e da Groenlândia), o nível do mar subiria cerca de 200 metros.

Para saber mais sobre o assunto e ver algumas fotos de geleiras, consulte <http://forum.outerspace.terra.com.br/index.php?threads/as-geleiras-formam-75-da-%C3%A1gua-doce-e-s%C3%A3o-os-maiores-objetos-m%C3%B3veis-da-terra-fotos.114285/>.

Dinâmica das geleiras

As geleiras podem sofrer mudanças em seus volume, posição e forma, como resposta a alterações climáticas expressivas. Nos períodos de aquecimento global, as geleiras derretem parcialmente, retraindo-se ou deslocando-se devido ao degelo. Nessas fases, a água do degelo volta a circular no ciclo hidrológico, provocando elevação do nível geral dos oceanos. Já nas fases de esfriamento global, as geleiras se expandem, capturando umidade e retendo água na forma de gelo, o que causa o rebaixamento do nível do mar e a consequente emersão das bordas dos continentes. No entanto, pequenas variações anuais na temperatura e na circulação atmosférica não interferem significativamente no comportamento das geleiras.

A expansão ou retração das massas glaciais depende de seu *balanço de massa* e de seu *regime térmico*. Vamos falar um pouco destes dois fatores.

- *Balanço de massa*: refere-se ao ganho ou à perda de volume de gelo, tanto em geleiras de vales alpinos quanto em geleiras continentais. O local onde há ganho de massa é denominado *zona de acúmulo*, que corresponde à posição na qual o gelo está sendo alimentado com neve. Define-se como *zona de ablação* o local onde a geleira perde massa por derretimento, sublimação (evaporação do gelo) ou desagregação (**Figura 12.2**). Estes dois domínios são limitados por uma zona de equilíbrio, onde o acúmulo e a ablação são equivalentes. O *balanço de massa*

pode ser positivo ou negativo, em função da relação existente entre volume acumulado e volume de ablação: o balanço de massa é positivo quando há mais acúmulo do que ablação, e a geleira tende a aumentar de volume, tendendo a se expandir em área, o que caracteriza *avanço glacial*. Quando o balanço é negativo, a geleira diminui devido à progressiva perda de massa, caracterizando recuo ou retração glacial.

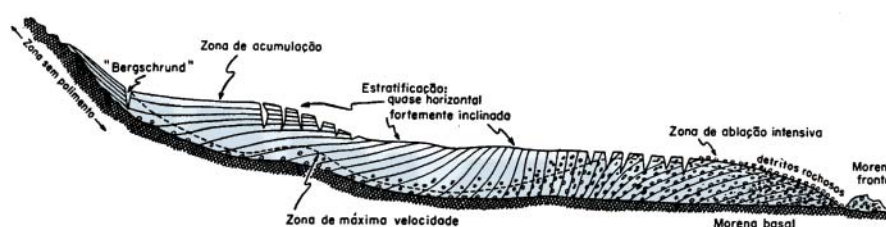


Figura 12.2: Perfil longitudinal de uma geleira, mostrando o fluxo glacial a partir da *zona de acumulação* a montante até a *zona de ablação* localizada ao final da massa de gelo. Observa-se também o posicionamento das *morainas* ou *morenas*, depósitos característicos de ambientes glaciais.

- **Regime térmico:** trata-se da variação térmica das geleiras em função das variações na quantidade de energia solar recebida. Esta variável é influenciada por diversos fenômenos, alguns cíclicos, como as variações entre dias e noites, estações do ano, ciclos solares etc. As variações térmicas dependem também da troca de calor entre as geleiras e a atmosfera, havendo, por exemplo, perda de calor quando o ar fica mais frio que a neve ou o gelo.

Existem dois regimes térmicos que podem se enquadrar em uma geleira:

- a) Se as condições de temperatura e pressão na base da geleira favorecerem o degelo, ela é classificada como *temperada* ou *de base úmida*, havendo fino nível de água de degelo na sua base (ou seja, entre a geleira e o substrato), condição essa que favorece o deslizamento da massa glacial.

b) Se a água de degelo for inexistente ou desprezível e o gelo estiver aderido ao substrato, a geleira é *polar* ou *de base seca*.

A maioria das geleiras, no entanto, possui regime térmico complexo, pois estas podem ser de base seca em algumas porções e úmida em outras. Neste caso, é difícil enquadrá-las em uma das duas categorias.

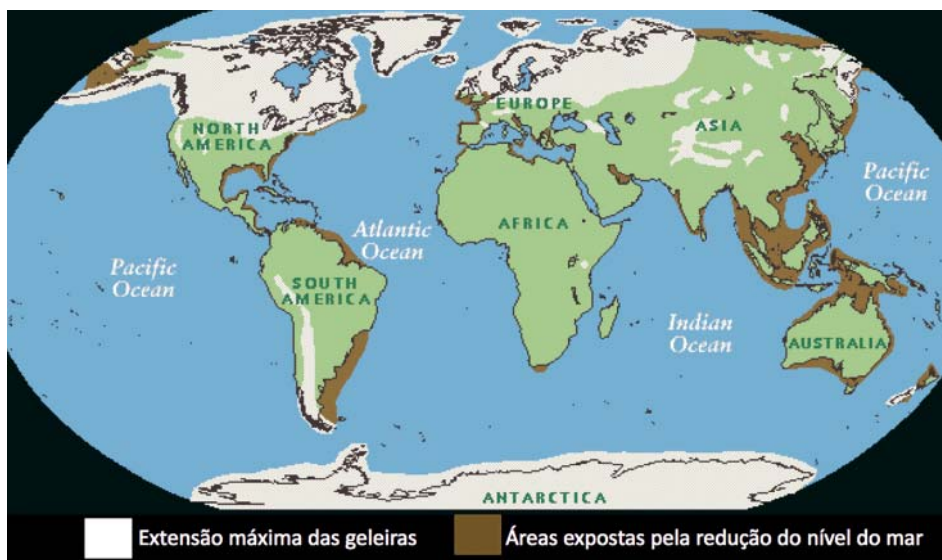
O deslocamento das geleiras ocorre por *deslizamento basal* e/ou *deformação interna*. O processo de deslizamento é mais efetivo em geleiras de base úmida, em virtude da ação lubrificante da água do degelo. Nas geleiras de base seca, o movimento se dá principalmente por deformação interna (fluxo plástico), devido à adesão do gelo com o substrato.

A maioria das geleiras de vale move-se a uma velocidade de menos de 300 metros por ano. Tal movimento não é constante, estando sujeito a aumentos repentinos de velocidade em determinados períodos, principalmente em geleiras de base úmida. Algumas geleiras na Groenlândia chegam a se mover mais de 20 metros por dia durante o verão. Já as grandes geleiras continentais – como, por exemplo, a da Antártica – tendem a apresentar canais internos com fluxo que se move mais rapidamente que o gelo adjacente, aderido ao substrato.



Atende ao Objetivo 1

1. Observe no mapa a seguir as áreas que estiveram cobertas por geleiras e as bordas dos continentes que ficaram emersas pelo rebaixamento do nível do mar na última era glacial, há cerca de 20.000 anos.



A partir da consulta deste mapa e conhecendo a localização dos países do mundo, cite:

a) Dois países europeus que ficaram totalmente cobertos pelo gelo na última fase glacial:

b) Um país da América do Norte que desapareceu sob o gelo:

c) Dois países que ficaram ligados aos continentes devido ao rebaixamento do nível do mar:

d) O continente menos afetado pela expansão das geleiras e pela mudança do nível do mar:

e) Dois países na América do Sul cujo território emerso aumentou muito devido ao recuo do mar:

Resposta Comentada

O exercício tem o objetivo de levar você a perceber como o avanço das geleiras e o rebaixamento do nível do mar provocaram mudanças na configuração dos continentes na última fase glacial. É importante, no entanto, que você já conheça bem a localização dos países do mundo, o que é indispensável para um professor de Geografia!

Ok, se você não souber ainda, está na hora de consultar um atlas e tirar suas dúvidas. Faça isso, se houver necessidade. Bem, agora, vamos às respostas:

- a) Noruega, Suécia, Finlândia, Estônia, Letônia, Lituânia, Dinamarca, Holanda e Bélgica ficaram totalmente sob o gelo, mas países como Irlanda, Reino Unido, Alemanha, Polônia e Rússia foram também muito afetados.
- b) O Canadá desapareceu sob o gelo, provocando a migração de animais em direção ao que é hoje território dos EUA na última glaciação.
- c) Sri Lanka, Taiwan, Filipinas e Japão ficaram ligados à Ásia; a Indonésia ficou em parte ligada à Ásia e em parte ligada à Austrália; na Europa, tanto o Reino Unido como a Irlanda se ligaram ao continente.
- d) A África foi pouco afetada pela expansão das geleiras e pelo recuo do nível do mar. No entanto, o esfriamento global intensificou a aridez africana.
- e) Argentina, Suriname, Guianas, Venezuela e, em parte, o Brasil (no litoral norte, sudeste e sul) ficaram com parte de suas plataformas continentais emersas pelo rebaixamento do nível geral dos oceanos.

Processos e formas geomorfológicas produzidas pelas ações do gelo e do degelo

A ação do gelo na superfície terrestre é muito mais “agressiva” do que os processos derivados da ação das águas das chuvas e/ou dos fluxos de canais fluviais. O gelo tem também uma capacidade tremenda de erodir e transportar materiais, podendo carregar milhares de toneladas de partículas de rochas de todos os tamanhos, desde partículas finas até blocos de diversas toneladas.

O intemperismo pelo gelo (como vimos na Aula 8) resulta do aumento de volume da água ao congelar em fendas e fissuras das rochas, o que faz com que fiquem bastante fragmentadas. A água, ao se congelar, além de aumentar de volume e exercer pressão em juntas, falhas, ou mesmo nas vertentes do vale fluvial, faz com que haja desagregação física da rocha (*intemperismo físico*).

Entre as diversas características dos materiais submetidos à ação glacial, a mais evidente é a pequena ou total ausência de

intemperismo químico. O intemperismo físico predomina, sendo evidenciado pela presença de fragmentos de blocos de rocha facetados, polidos e estriados (“arranhados”).

- *Erosão glacial*: o desgaste erosivo das geleiras sobre as superfícies por onde se deslocam é muito intenso devido ao peso imenso que possuem. Quando as geleiras se deslocam, os blocos e fragmentos de rocha por elas transportados arrastam, friccionam e “arranham” o terreno, deixando nítidas marcas sobre o substrato rochoso. A *abrasão* é o fenômeno que ocorre quando o gelo desliza e pressiona a carga de fragmentos rochosos sobre o terreno, produzindo um efeito de “lixa”, ora “dando polimento” no assoalho rochoso, ora arranhando-o, produzindo *estrias* (sulcos) e *cristas glaciais* (**Figura 12.3**).



Figura 12.3: Estrias e sulcos resultantes da abrasão que ocorre com o deslocamento das geleiras.

Fonte: files.geomica.webnode.com.pt/200000401.../Glossário.pdf

É nas concavidades do relevo, ou mais especificamente, nos **anfiteatros** dispostos em volta dos cumes montanhosos, que ocorre o início da acumulação da neve (**Figura 12.4**) que leva à formação dos *vales glaciais* ou *geleiras alpinas*. Os anfiteatros glaciais estão sujeitos a vigorosa abrasão/erosão, encontrando-se

Anfiteatro

Bacia de drenagem de zero ordem, isto é, aquelas que não têm um canal fluvial permanente.

limitados por diversas cristas pontiagudas e escarpadas – típicas de ambientes glaciais.



Figura 12.4: Visão panorâmica de uma geleira alpina que se estende por cerca de 23 km a partir dos picos dos Alpes Suíços – cantão de Valais na Suíça.

Fonte: Adaptado de <http://maisbonitos.com/a-geleira-de-aletsch-a-paisagem-mais-bonita-dos-alpes-suicos/>.

À medida que as geleiras ocupam e erodem os vales fluviais, estes se tornam vales glaciais, passando a ter fundos arredondados (semelhantes à letra “u”) e formas de topo com cristas e picos pontiagudos (**Figuras 12.5 e 12.6**).

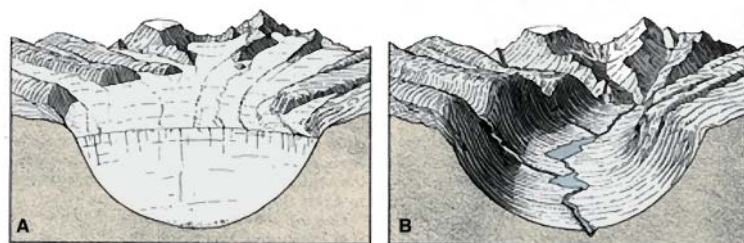


Figura 12.5: Evolução de um vale glacial em “u” e aparecimento dos vales suspensos.

Fonte: Adaptado de Strahler (1982).



Figura 12.6: Foto panorâmica de um típico vale em forma de “u” e picos bastante pontiagudos, resultado da ação do gelo. A linha da vegetação na média encosta marca a área que é recoberta pelo gelo no período de inverno (Província de Ushuaia, Argentina; fevereiro/2008).

As geleiras menores, formadas nos anfiteatros, tendem a se reunir para formar uma principal. Nesta, de maior massa, a erosão é mais intensa do que nas geleiras menores, dando origem aos chamados vales suspensos, que podem ser identificados pelo desnível formado entre o vale menor, de inferior capacidade de erosão, e o maior, mais ativo e mais profundo. Após o degelo, a água que corre pelos vales suspensos cai em forma de cachoeiras até o vale principal das antigas geleiras (**Figura 12.7**).



Figura 12.7: Cachoeira formada pelo desnível entre o vale fluvial suspenso em forma de “u” e o vale principal (atualmente invadido pela elevação do nível do mar) (Milford Sound, Nova Zelândia; janeiro/2003).

Quando os vales glaciais se estendem até as regiões litorâneas, pode ocorrer a formação de *fiordes* (*fjords*, em norueguês, ou *sounds*, em inglês), formados em fases em que o nível geral dos oceanos se eleva. Com o avanço das águas do mar sobre os continentes, o fundo dos vales glaciais próximos à costa fica submerso, formando baías longas e estreitas, cercadas por encostas íngremes (Figura 12.8). Os fiordes ocorrem no litoral de países com litorais montanhosos, afetados atualmente ou no passado pela ação de geleiras, tais como Chile, Canadá, Noruega e Nova Zelândia.



Figura 12.8: Fiorde no litoral chileno. Observe a frente da geleira chegando ao mar.

- *Sedimentação glacial:* ao contrário do material que é transportado pelo vento e/ou pela água (que são agentes extremamente seletivos), o gelo não seleciona o material que transporta e por isso sedimentos glaciais são muito heterogêneos. A intensa abrasão do gelo produz também enorme volume de partículas tamanho silte, que resultam deste desgaste. Como consequência, os depósitos glaciais possuem porcentagem alta de matriz siltica.

Como vimos, a força das geleiras abre imensos vales pelo desgaste das montanhas, e o gelo transporta uma enorme quantidade e variedade de fragmentos de rochas, materiais estes provenientes de duas fontes principais: do substrato (assoalho sobre o qual a geleira se arrasta) e das encostas laterais da geleira.

Por estar em contato direto com o substrato e sofrer maior pressão do peso, a zona basal das geleiras é a que transporta maior quantidade de material. Quando ocorre o degelo os fragmentos vão sendo transportados pelos fluxos de água que escoam das geleiras, gerando imensos depósitos na frente, nas laterais ou na base delas.

Os sedimentos depositados diretamente pelas geleiras são **diamictitos** de origem glacial chamados de *till*. Quando tais sedimentos se litificam, tornando-se rochas sedimentares, passam a ser denominados *tilitos*, caracterizados por grande heterogeneidade granulométrica, ou seja, pela presença de grânulos e matacões de

Diamictito

Rocha sedimentar formada por fragmentos de tamanhos variados dentro de uma matriz siltico-argilosa. Os diamictitos possuem diversas origens, como, por exemplo, os depósitos glaciais de tills, deslizamentos em encostas, ou os lahar (causados por vulcões).

diferentes formas e tamanhos, dentro de uma matriz de granulometria mais fina (**Figura 12.9**). Os seixos de origem glacial muitas vezes mostram-se estriados por causa do atrito que sofrem uns contra os outros, ou contra o substrato rochoso, o que determina um formato característico, facetado, cheio de arestas.



Figura 12.9: Depósitos de till no Parque Nacional da Peneda-Gerês, em Portugal. Fonte: <http://www.dct.uminho.pt/pnpg/geol/glaciares.html>

Outro tipo de sedimento característico de ambientes glaciais é o *varvito*, rocha caracterizada por estratos alternados de sedimentos finos e médios, muito comum em lagos glaciais que registram variações sazonais das geleiras. Os *varvitos* são formados pela alternância de camadas de granulometria fina (argilas que se depositam nos períodos mais frios, quando os lagos congelam no inverno) e granulometria mais grossa (silte e areias, trazidas pelas águas mais turbulentas durante o degelo de verão). Na cidade de Itu (SP), há um registro desse tipo de rocha (datada do Permocarbonífero), facilmente observável em uma antiga pedreira da cidade (**Figura 12.10**).



Figura 12.10: Frente da pedreira de varvito em Itu (SP) mostrando estratificação plano-paralela com variação na espessura das camadas.

Fonte: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio062/sitio062.htm>

As formas de relevo criadas por depósitos glaciais nas partes laterais, frontais e na base das geleiras são chamadas *morenas* ou *morainas*. Essas feições constituem cristas, colinas alongadas formada pela deposição de sedimentos pelo gelo durante a passagem das geleiras. As *morainas centrais* se formam na confluência de geleiras que se unem numa só (**Figura 12.11**). Em certos casos, as morainas podem represar a água do degelo das geleiras, criando lagos por trás delas (**Figura 12.12**).

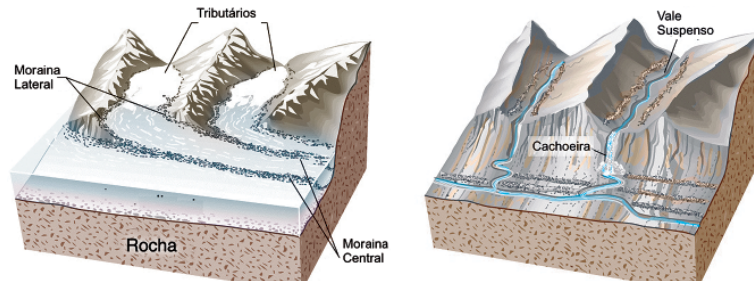


Figura 12.11: Movimentação das geleiras e formação das morainas: a) os vales fluviais com as geleiras instaladas; b) os vales após o recuo ou degelo das geleiras, com as morainas.



Figura 12.12: Lago formado pelo represamento das águas que derretem da geleira Svartisen (Noruega). A barreira na frente do lago (já coberta com vegetação) é formada pelo acúmulo de materiais transportados pelas geleiras e depositados devido ao degelo destas.

Outros depósitos formados depois do degelo das geleiras são os *esker* (lombadas longas e estreitas, orientadas no sentido do movimento do gelo), *drumlins* (pequenas elevações, largas e baixas, paralelas à direção do movimento das geleiras) e *kames* (pequenos montículos depositados em cavidades ou depressões das geleiras, podendo assumir a forma de terraços ou mesas). Os *kettles* registram a presença de antigos blocos de gelo que pressionavam o substrato

ou os depósitos preexistentes, resultando em depressões surgidas após o derretimento do gelo – **Figura 12.13**.

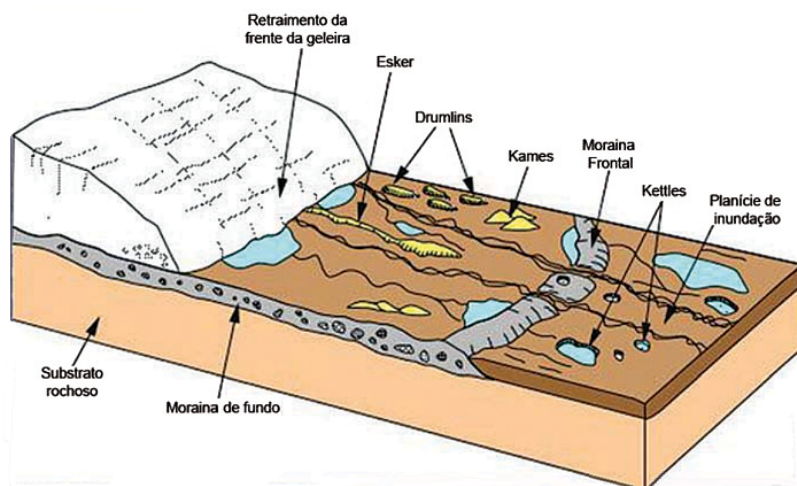
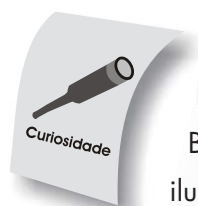


Figura 12.13: Feições deposicionais de ambiente glaciais após o transporte e degelo.

Fonte: Adaptado de <http://www.ead.ftc.br/portal/upload/geo/5p/04-Geomorfologia.pdf>

Algumas geleiras formam-se sobre vulcões adormecidos e, caso estes entrem em erupção, o magma quente “explode” o gelo, gerando torrentes de água pelo derretimento, que deslizam encosta abaixo. Tais deslizamentos são chamados *lahar* e são especialmente violentos, conforme mencionamos no box de curiosidade da Aula 9.



Há registros da ação de antigas geleiras no sul Brasil. As estrias glaciais impressas na rocha ilustrada na **Figura 12.14** foram formadas pelo movimento de geleiras que existiram durante a glaciação Permocarbonífera no Brasil, há cerca de 300 milhões de anos.



Figura 12.14: Aspecto deixado pela formação de estrias ou sulcos e cristas na superfície da rocha. Observa-se na figura a seta que indica o sentido da movimentação da geleira.

Fonte: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=15>

A **Figura 12.15** ilustra as fases de avanço e recuo das geleiras que foram identificadas em rochas da Bacia Sedimentar do Paraná (que se estende pelos estados de SP, PR, SC e RS). Tais feições incluem: (1) as que foram formadas na fase glacial, quando massas de gelo escavaram sulcos ou estrias ao se deslocarem; (2) na fase interglacial, quando o derretimento das geleiras provocou a deposição de sedimentos que antes estavam misturados ao gelo. Essas evidências constituem importante ferramenta nas reconstruções paleogeográficas.



Figura 12.15: Blocos esquemáticos das fases glaciais e interglaciais ocorridas durante o Permocarbonífero, na bacia do rio Paraná, com descrição do mecanismo de transporte e deposição.

Fonte: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=15>



Atende aos Objetivos 1 e 2

2. As formas erosivas e deposicionais resultantes da ação glacial apresentam características específicas. Confira se os termos mencionados a seguir estão corretamente definidos e faça as correções, quando necessário:

a) O intemperismo predominante nas áreas glaciais é o físico, que provoca o arredondamento dos fragmentos de rocha nessas áreas.

b) Estrias glaciais são formadas pela abrasão do substrato pelos materiais transportados pelas geleiras.

c) A configuração de vales glaciais em forma de “u” resulta da violenta abrasão do gelo, intensificada pelo peso das geleiras.

d) *Tills* e varvitos são rochas sedimentares caracterizadas pela ausência de estratificação e pela heterogeneidade granulométrica dos depósitos glaciais.

e) Fiordes são antigos vales glaciais invadidos pelo mar em áreas costeiras.

f) Morainas, *eskers* e *drumlins* são exemplos de formas de relevo formadas pela deposição glacial.

g) O Brasil, por ser um país tropical, jamais esteve sob a ação de geleiras.

Resposta Comentada

a) Errado. O intemperismo físico, predominante em ambientes glaciais, produz fragmentos angulosos e facetados.

b) Certo.

c) Certo.

d) Certo para *tills*, errado para varvitos, que são depósitos estratificados, formados pela alternância de camadas argilosas e siltico-arenosas (ambas de granulometria mais fina).

e) Certo.

f) Certo.

g) Errado. Há diversos registros de atividade glacial no Brasil, especialmente no sul do país. Tais depósitos são, no entanto, geologicamente muito antigos.

As eras do gelo no tempo geológico

Registros geológicos encontrados em diversas regiões do planeta indicam ter havido mudanças nas condições climáticas durante a história geológica da Terra. Tais dados permitiram elaborar gráficos que mostram como ocorreram as variações de temperatura e precipitação ao longo de milhões de anos (**Figura 12.16**).

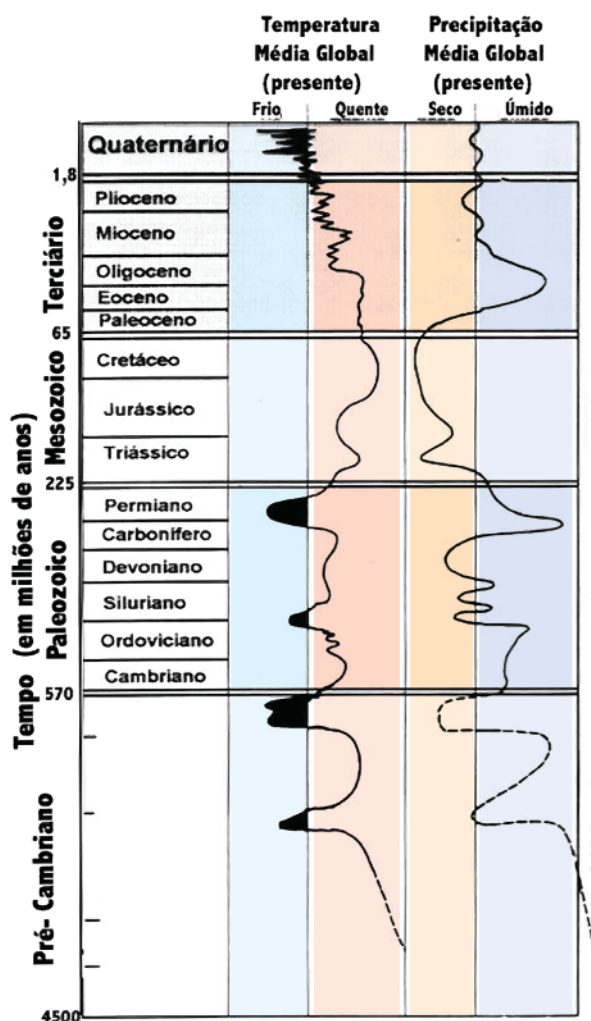


Figura 12.16: Curvas de variação de temperatura e precipitação, ocorridas durante os diferentes Períodos geológicos.

Fonte: Adaptado de Frakes (1979).

Observa-se que desde a Era Pré-Cambriana houve períodos em que a temperatura sofria redução acentuada e outros em que ocorria um significativo aumento da temperatura. No entanto, algumas destas mudanças climáticas duraram longos períodos de tempo e, assim, houve períodos de estabilidade climática que duraram milhões de anos.

Durante o Período Quaternário, no entanto, houve um maior esfriamento global com alternância entre momentos de muito frio e outros mais amenos. Este resfriamento foi acompanhado pela expansão das geleiras a partir das zonas polares até latitudes médias (extensão essa que variou em diferentes continentes). As geleiras recobriram grandes extensões continentais e elaboraram aspectos específicos no relevo. Tais episódios de resfriamento da temperatura são conhecidos como as *glaciações quaternárias*. Por este motivo, este período geológico é conhecido como a Idade do Gelo.

As curtas, intensas e recorrentes flutuações climáticas em nível global foram subdivididas em *fases glaciais* (avanço das calotas de gelo) e *fases interglaciais* (reco da calotas de gelo). Estas variações climáticas geraram inúmeras modificações ambientais, tais como variações nos processos geomorfológicos, variações *eustáticas* (ou seja, do nível do mar), produção diferenciada de sedimentos e de formas de relevo, modificações na fauna e na flora de diversos ecossistemas etc. Os achados arqueológicos dos primeiros *homo sapiens* (datados de cerca de 15.000 anos atrás) também indicam que eles tiveram que se adaptar às oscilações de temperatura e do nível do mar. Destacamos, porém, que a maior repercussão geomorfológica global provocada pela alternância das condições climáticas globais durante o Quaternário tem relação com as variações *eustáticas* (do nível geral dos oceanos):

a) Nos períodos glaciais (resfriamento global acentuado), parte da água disponível na superfície da Terra fica retida nos continentes sob a forma de gelo ou neve, devido à expansão das geleiras. A menor circulação de água no ciclo hidrológico se correlaciona à

queda global do nível geral dos oceanos e, conseqüentemente, ao recuo do mar (*regressão marinha*) e à emersão da borda dos continentes.

- b) O derretimento e recuo das geleiras nas fases de aquecimento global (também chamadas de *interglaciais*) provocam um aumento no volume de água circulante no ciclo hidrológico global, o que promove a subida do nível geral dos oceanos e o avanço do mar em direção à borda dos continentes (*transgressão marinha*), o que é especialmente mais intenso em áreas de litorais baixos e na foz dos rios.

Alterações climáticas globais e respostas morfológicas locais

Durante as glaciações e interglaciações houve ação direta da expansão e recuo de geleiras sobre o relevo de regiões de altas e médias latitudes. Depósitos glaciais quaternários (pleistocênicos) são abundantes em grandes áreas da América do Norte, na Europa, na Ásia e na Antártica. No entanto, os efeitos das oscilações climáticas ocorreram de modo distinto nas áreas de latitudes subtropicais e tropicais, onde não houve formação de geleiras. Os **paleoclimas** que se formaram em resposta às oscilações climáticas globais fizeram com que o relevo fosse reelaborado sob **paleoambientes** locais variados.

O conhecimento da relação existente entre processos e feições geomorfológicas permite a identificação de áreas afetadas por mudanças ambientais. É através de registros estratigráficos que se pode deduzir a ocorrência de alterações ambientais: sedimentos e formas de relevo incompatíveis com os processos atuantes no presente indicam que as condições ambientais foram diferentes no passado. Foi através de registros sedimentares que se pôde deduzir que as glaciações tiveram efeito muito maior do que apenas nas áreas afetadas pelas geleiras.

Paleoclima

Clima atuante no passado, com características distintas do clima atual.

Paleoambiente

Termo usado para designar condições ambientais pretéritas que condicionaram a deposição de materiais e o esculpimento de feições de relevo em condições diferentes das atuais.

A alternância de fases globais mais frias (e secas) e fases globais mais quentes (e úmidas), correlativas às glaciações e interglaciações respectivamente, influenciou a elaboração das formas de relevo até mesmo em regiões tropicais onde não havia geleiras. No Brasil, por exemplo, não houve formação de geleiras nem houve a ação direta do gelo sobre o relevo durante o Período Quaternário. No entanto, ocorreram processos morfológicos correlativos às variações climáticas globais:

- a) Nas fases glaciais, mais frias e secas, expandiram-se no Brasil ambientes tropicais mais secos, semelhantes a savanas (cerrados) e caatingas. Há registros de ter havido nesses momentos maior ação erosiva nas encostas e acúmulo de sedimentos nos fundos de vales.
- b) Nas fases interglaciais, mais quentes e úmidas, há registros de ter havido no Brasil a expansão de ambientes tropicais mais úmidos, associados a coberturas vegetais florestais, sob as quais predomina o intemperismo químico e a pedogênese. Nessas fases mais úmidas, predominava o entalhe fluvial nos fundos dos vales.

A *estrutura superficial da paisagem* resulta da relação existente entre as formas de relevo e os materiais do substrato terrestre (rochas, sedimentos, solos...), havendo entre eles relações processuais condicionadas por condições climáticas específicas. O estudo das estruturas superficiais das paisagens permite compreender a evolução do relevo, os processos ocorridos em épocas remotas, e até mesmo prever a ocorrência de processos futuros, com base na compreensão da dinâmica morfológica do passado. Tais estudos devem incluir observações em campo e análise detalhada dos depósitos correlativos, ou seja, da estratigrafia de depósitos sedimentares. Tais estudos devem incluir medidas e descrições precisas, bem como a identificação de atributos como cor, textura, consistência e estrutura dos materiais.



Muitos pesquisadores brasileiros destacaram-se no estudo de climas passados e sua influência na elaboração das formas de relevo no Brasil.

Dentre estes, foram pioneiros o professor João José Bigarella (UFPR) e os professores Maria Regina Mousinho de Meis (UFRJ), Elmo da Silva Amador (UFRJ) e Aziz Nacib A'Saber (USP), que muito contribuíram para o entendimento da evolução da paisagem na região dos trópicos úmidos.

Tais autores tiveram destaque no estudo da evolução quaternária da paisagem, tendo estudado profundamente as relações entre Geomorfologia e Estratigrafia, disciplina dos cursos de Geografia e Geologia. Estes autores trataram a evolução do relevo a partir de estudos dos *depósitos correlativos*, depositados sob *paleoclimas* tropicais que se formaram na mesma época em que ocorriam as glaciações e interglaciações.

Um modelo esquemático (**Figura 12.17**) proposto por Bigarella pode ser usado para demonstrar os efeitos das oscilações climáticas na evolução de encostas e vales fluviais durante o Quaternário no Vale do Itajaí (SC).

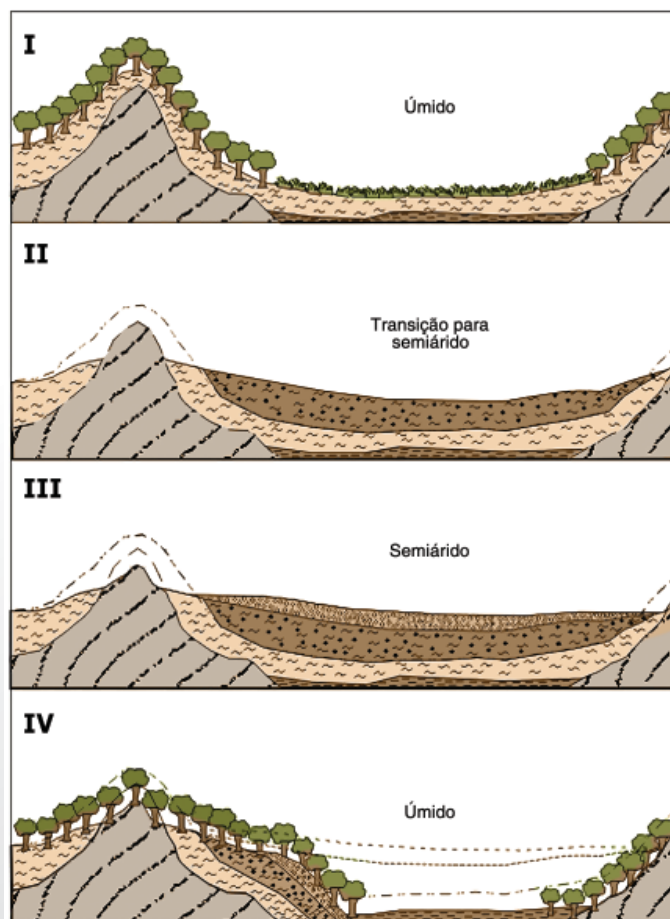


Figura 12.17: Fases evolutivas da paisagem de acordo com as variações climáticas quaternárias para o vale do Itajaí (SC): I. Fase climática úmida – maior cobertura florestal e pedogênese; II, Transição do clima úmido para o semiárido: desaparecimento da cobertura vegetal e intensificação da erosão nas encostas pela ação de chuvas torrenciais, fundo do vale preenchido com depósitos correlativos (às fases glaciais); III. Domínio de clima semiárido: maior desagregação mecânica e recuo paralelo da vertente, com sedimentação da superfície (depósitos correlativos); IV. Nova fase úmida: incisão da drenagem, o (re)entalhe fluvial retira parte dos depósitos correlativos acumulados nas fases mais secas. A condição mais úmida volta a favorecer a pedogênese e a reinstalação da cobertura vegetal.

Fonte: Adaptado de <http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap3/index.php>

Ainda dentro desta forma de interpretação evolutiva do relevo foram sugeridas, nas décadas de 1970 e 1980 por Meis e colaboradores, feições morfológicas quaternárias bastante representativas das regiões tropicais úmidas do Brasil, tais como *rampas de colúvio*, *rampas de alúvio-colúvio*, *complexos de rampa*, dentre outros termos muito utilizados pelos pesquisadores da área da geomorfologia e geologia do Quaternário:

- *Rampas de colúvio*: segmentos de encosta onde há deposição de material coluvial, normalmente na base de uma vertente. O material é transportado para baixo por processos de escoamento superficial ou por movimentos gravitacionais de massa (**Figura 12.18**).



Figura 12.18: Feições de rampas de colúvio no eixo de um anfiteatro.

Fonte: Acervo NEQUAT/IGEO/UFRJ.

- *Rampas de alúvio-colúvio*: Feições de geometria plana, horizontal a sub-horizontal, encontradas em hollows; apresentam abrupta ruptura com as encostas laterais dos anfiteatros, estando associadas a fases de entulhamento holocênico de antigos fundos de vales por materiais aluviais e coluviais intercalados (**Figura 12.19**).



Figura 12.19: Feições de rampas de alúvio-colúvio.

Fonte: Acervo NEQUAT/IGEO/UFRJ.

- *Complexos de rampa*: numa perspectiva tridimensional, articulam a geometria de superfície com a das unidades deposicionais do substrato. O termo *complexos de rampa* foi definido a partir do conceito de rampa de colúvio, tendo como base a *morfoestratigrafia* (forma, características e datação dos estratos sedimentares). Tais informações permitem deduzir o modo como ocorreu a deposição dos colúvios, bem como caracterizar os *paleoambientes* a eles associados.
- *Terraço fluvial*: Superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial (**Figura 12.20**)



Figura 12.20: Foto panorâmica da feição morfológica de dois níveis de terraço fluvial.

Fonte: Acervo NEQUAT/IGEO/UFRJ.

As formas produzidas pela deposição de materiais de encosta ou pelo entalhe fluvial possuem relação com as mudanças paleoambientais ocorridas ao longo do Quaternário no Brasil. Nas fases interglaciais, mais úmidas, houve maior entalhe erosivo do fundo de vales. Nas fases glaciais, a erosão nas encostas produziu grande volume de sedimentos, o que está registrado nas rampas de colúvio e de alúvio-colúvio, bem como nos sedimentos dos terraços fluviais.

Assim, o estudo das unidades *morfoestratigráficas* ajuda a compreender como os paleoambientes se sucederam ao longo da evolução das formas de relevo no Brasil. A partir desses conhecimentos, é possível prever processos futuros relacionados às mudanças ambientais ou mesmo sugerir planos de manejo territorial com vistas ao melhor aproveitamento do solo.



Atende ao Objetivo 3

3. Associe descrições que se seguem aos termos numerados a seguir:

- a) () Unidades de relevo suavemente inclinado, resultantes do acúmulo de materiais erodidos das encostas e depositados na sua porção inferior.
- b) () Períodos de resfriamento global associados à expansão de geleiras, à diminuição eustática e às regressões marinhas.
- c) () Clima que vigorou no passado e que se distingue do atual.
- d) () Período de aquecimento global associado à retração das geleiras, à elevação do nível do mar e às transgressões marinhas.

I. Fases glaciais

II. Fases interglaciais

III. Paleoclima

IV. Complexos de rampas de colúvio

Resposta Comentada

É importante conhecer os termos que possuem relação com a ocorrência de ambientes geomorfológicos do passado. Assim:

- a) A opção a tem relação com os complexos de rampas de colúvio (IV), formadas por sedimentação de encostas, podendo conter evidências de mudanças climáticas.
- b) A opção b tem relação com fases glaciais (1), quando o gelo acumulado provocou rebaixamento do nível do mar e recuo dos oceanos em relação aos continentes.
- c) A opção c tem relação com o termo paleoclima (3), ou seja, clima do passado.
- d) A opção d tem relação com interglaciações (2), que correspondem às fases mais quentes entre eras glaciais.

CONCLUSÃO

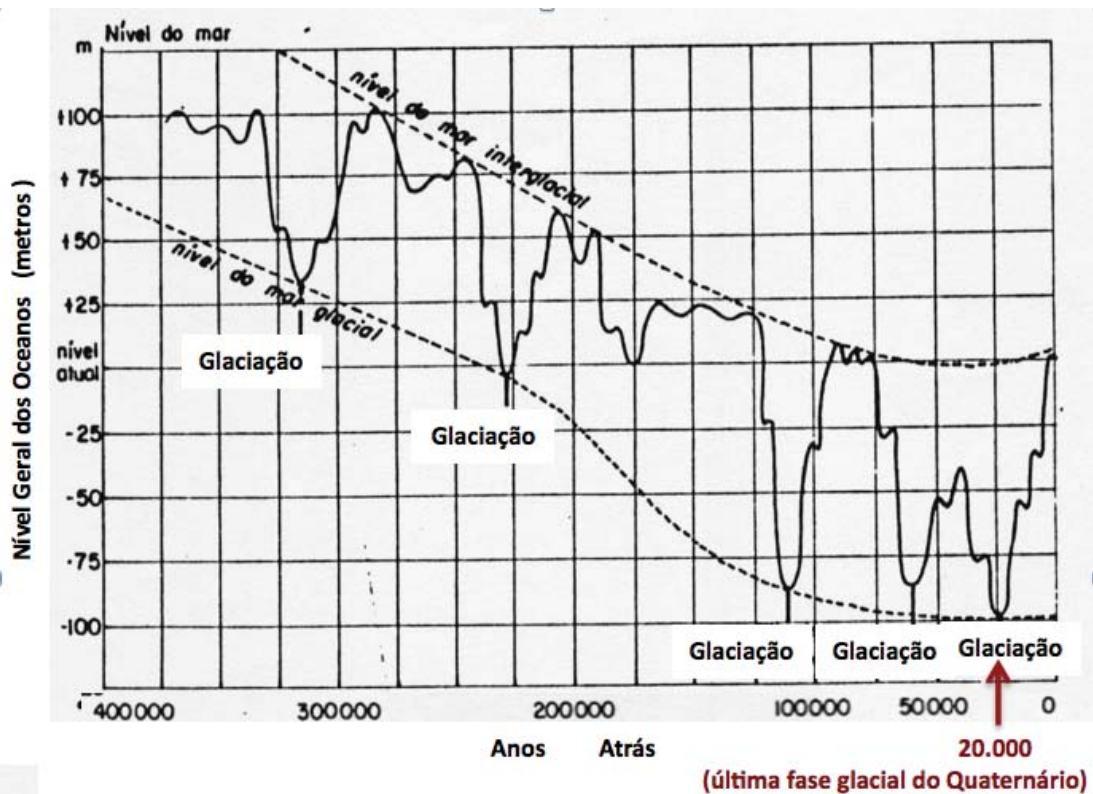
Os efeitos da ação do gelo sobre as paisagens resultam em formas surpreendentes, seja pela intensidade dos processos, seja pela magnitude das formas de relevo e dos depósitos produzidos. No entanto, a expansão e retração das massas glaciais durante as oscilações climáticas do Período Quaternário tiveram efeitos indiretos, gerando formas e depósitos sedimentares correlativos a períodos globais mais secos e frios (glaciações) ou mais úmidos e quentes (interglaciações).

Essas informações consolidam a importância das análises sistêmicas, e interescares para a compreensão mais abrangente dos processos naturais. Naturalmente que entender tudo isso promove outro patamar de percepção da realidade em que nos inserimos, mergulhada em dinâmicas muito mais complexas do que normalmente percebemos.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

O gráfico a seguir indica que as oscilações paleoclimáticas causaram mudanças no nível dos mares. As glaciações provocaram rebaixamento do nível marinho, enquanto que as fases interglaciais favoreceram sua elevação. De acordo com essas informações, responda:



Fonte: Adaptado de Fairbridge (1961).

a) Atualmente vivemos uma fase de aquecimento ou esfriamento global?

b) As oscilações climáticas e eustáticas do Período Quaternário foram provocadas por ação antrópica (ação das sociedades humanas)?

c) Podemos contar com uma maior estabilidade climática e eustática para os próximos milhares de anos?

d) Nos períodos interglaciais, a elevação do nível do mar chegou a 100 metros acima do nível atual. Qual deve ter sido o efeito disso no litoral do Rio de Janeiro?

e) Nos períodos glaciais, a diminuição do nível do mar chegou a 100 metros abaixo do nível atual. Qual deve ter sido o efeito disso no litoral do Rio de Janeiro?

f) Cite duas formas de relevo associadas à erosão glacial, típicas em geleiras alpinas.

g) Cite duas formas de relevo associadas à deposição glacial.

Resposta Comentada

O gráfico pode gerar certa perplexidade para quem se dá conta pela primeira vez que as eras glaciais e interglaciais foram mais frequentes, naturais e recorrentes do que se poderia imaginar. As análises na escala geológica redimensionam a relevância dos processos atuais.

Assim, confira:

- a) Ao considerar a escala de maior abrangência (400.000 anos) percebemos que tem havido um progressivo esfriamento global, com glaciações cada vez mais intensas e contínuo rebaixamento do nível do mar, nunca plenamente recuperado durante as interglaciações. Mas, ao considerar apenas o intervalo de 20.000 anos desde o fim da última era glacial, podemos classificar o momento atual como interglacial, ou seja, de aquecimento global.
- b) As oscilações indicadas no gráfico não possuem relação com a presença humana no planeta. A atividade antrópica só passou a ter efeitos mais evidentes a partir dos últimos 300 anos, com os avanços tecnológicos relacionados às navegações marítimas, à modernização agrícola e ao progressivo uso de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo. Assim, devem-se considerar causas naturais para as oscilações climáticas e eustáticas do Quaternário.
- c) A análise do gráfico nos obriga a dizer que não. As oscilações climáticas e eustáticas são recorrentes, tendo havido diversas vezes no passado recente. Tudo leva a crer que novas oscilações devem ser esperadas, sobretudo tendo em vista os impactos da ação antrópica sobre a dinâmica climática do planeta.
- d) O Rio de Janeiro deve ter sofrido com grandes transgressões marinhas, ou seja, avanço e subida do nível do mar. As áreas costeiras e mais baixas devem ter sido submersas; os morros e maciços costeiros tornaram-se ilhas, cercadas de água por todos os lados. Registros estratigráficos indicam a deposição generalizada de rampas de colúvios e entulhamento dos fundos de vale com sedimentos aluviais, materiais esses que são correlativos ao esfriamento global. Vegetação mais aberta (como cerrados e caatingas) devem ter se expandido no Rio de Janeiro, em lugar das formações florestais, sem condições de existência em fases mais frias e secas.
- e) Grande parte da plataforma continental ficou emersa, aumentando a largura das planícies costeiras do estado. Por outro lado, os climas mais quentes e úmidos favoreceram a recuperação das formações florestais, a pedogênese nas encostas e o entalhe fluvial, o que produziu terraços fluviais.
- f) Estrias e sulcos nas rochas do substrato das geleiras; vales glaciais em “u”.
- g) *Morainas, drumlins, eskers etc.*

RESUMO

1. Os ambientes glaciais são diretamente submetidos à ação dos processos intempéricos, erosivos e deposicionais provocados pelo gelo.
2. As geleiras são imensos volumes de gelo que se acumulam em vales nas montanhas (geleiras alpinas) ou sobre os continentes (geleiras continentais).
3. A expansão, retração e deslocamento das geleiras dependem do balanço de massa (volume glacial que se acumula menos o volume que derrete, evapora ou se desagrega) e do regime térmico (variações de temperatura ao longo do tempo).
4. A erosão glacial é basicamente um processo de abrasão. O assoalho rochoso sobre o qual as geleiras deslizam podem ficar polidos ou marcados com estrias e cristas. Formas erosivas provocadas pela erosão glacial são os vales glaciais em forma de "u", vales suspensos e fiordes.
5. A deposição glacial costuma ser granulometricamente heterogênea, caracterizada por fragmentos de tamanhos variados (facetados) dentro de uma matriz fina (como é o caso dos tills e diamictitos). No entanto, os depósitos glaciais em lagos costumam se apresentar em camadas sedimentares mais finas, alternadas com as de granulometria mais grosseira (varvitos), o que indica alternância de gelo e degelo nos lagos glaciais.
6. Formas de relevo provocadas pela sedimentação glacial são: *morainas*, *eskers*, *drumlins*, *kames* e *kettles*.
7. O Período Quaternário foi marcado por várias fases glaciais e interglaciais intercaladas.
8. As fases glaciais, mais frias e secas, estão associadas à expansão das geleiras, ao rebaixamento e recuo do nível do mar (eustático) e ao predomínio de intensa erosão e

entulhamento coluvial em ambientes não afetados diretamente pelas geleiras.

9. As fases interglaciais, mais quentes e úmidas, estão associadas à retração das geleiras, à subida do nível do mar, ao avanço marinho sobre áreas costeiras e à maior dissecação fluvial do relevo em áreas tropicais e subtropicais.
10. No Brasil, o estudo de depósitos coluviais correlativos às fases glaciais contribuiu para o maior conhecimento sobre os paleoclimas.

Aula 13

As classificações do relevo no ensino da Geomorfologia

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Apresentar como podem ser realizadas as classificações do relevo e qual sua importância na representação da diversidade de paisagens.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. identificar os objetivos e características da cartografia geomorfológica, relacionando escalas cartográficas à representatividade das feições morfológicas;
2. diferenciar as propostas de classificações do relevo segundo critérios morfoclimáticos e morfoestruturais;
3. apresentar um exemplo de classificação de formas de relevo e de taxonomia de mapeamento geomorfológico.

INTRODUÇÃO

A superfície terrestre não é plana nem uniforme, sendo caracterizada por uma grande variedade de processos morfológicos, conforme vimos nas aulas anteriores. A diversidade de formas de relevo encontradas na superfície do planeta inclui depressões (absolutas e relativas) e elevações que podem ter topos ondulados, horizontais e tabulares ou pontiagudos e escarpados (**Figura 13.1**).

A ocorrência de morfologias distintas tem relação com a ação diferencial dos agentes internos e dos agentes externos. Vimos, na Aula 4, que nas paisagens onde ocorrem formas de relevo fortemente influenciadas por controles litológicos e/ou estruturais, as classificações do relevo priorizam critérios *morfoestruturais*. Já nas áreas fortemente influenciadas por fatores climáticos, a classificação é feita de acordo com critérios *morfoclimáticos*. Essas influências são levadas em consideração ao se classificar compartimentos de relevo, ou seja, ao se definir regiões com relevo relativamente homogêneo quanto aos aspectos geométricos (morfométricos e morfográficos) e quanto à sua dinâmica morfológica (aspectos morfoestruturais ou morfoclimáticos).



Figura 13.1: Exemplos de morfologias distintas do Brasil: (a) feições onduladas, com colinas com topos convexos e encostas com segmentos côncavos (Médio Vale do rio Paraíba do Sul, SP/RJ); (b) feição de topo plano em formas de relevo de chapadas (Cânion do Itaimbezinho, RS); (c) feições de topo pontiagudas de trechos da Serra dos Órgãos (Teresópolis, RJ).

A memorização das unidades de relevo existentes nos mapas geomorfológicos usados no ensino básico *não* deve ser a prioridade no ensino de Geografia, apesar de, infelizmente, ser isso o que costuma acontecer. A classificação de formas e compartimentos de relevo deve ser usada para fornecer aos alunos a possibilidade de conhecer a diversidade de formas e processos naturais, agrupados em grandes unidades de mapeamento. O professor de Geografia deve priorizar a discussão sobre os critérios de classificação, exercício que contribui para consolidar habilidades de análise e agrupamento de elementos, bem como competências cognitivas sobre processos relativos à dinâmica da Natureza.

Quais as contribuições da cartografia geomorfológica?

O mapeamento das formas de relevo e dos processos a elas relacionados é um importante instrumento de representação dos fatos geomorfológicos. A cartografia geomorfológica permite abordagens de interesse geográfico, como o planejamento ambiental, a definição de áreas de risco e a identificação de potencialidades de uso dos recursos do relevo.

A cartografia geomorfológica foi desenvolvida para apoiar a pesquisa geomorfológica por meio de inventários detalhados das formas de relevo. Seu desenvolvimento e difusão foram incrementados após a Segunda Guerra Mundial, a partir de estudos realizados em países europeus, com o objetivo de gerar mapas detalhados que auxiliassem no desenvolvimento econômico e na utilização racional da superfície terrestre. Desde então, muitos pesquisadores estiveram e ainda estão envolvidos na produção de metodologias que busquem representar os fatos geomorfológicos de forma mais próxima à realidade, produzindo documentos cartográficos úteis ao planejamento e manejo adequado dos recursos naturais.



A tentativa de representar as formas de relevo remonta à Antiguidade. No entanto, os avanços técnicos mais relevantes começaram a ser feitos na área de cartografia do relevo a partir do início do século XIX. Os avanços tecnológicos alcançados desde então ampliaram a precisão da representação das formas topográficas (formas de relevo), tornando as cartas geomorfológicas importantes instrumentos para a melhor compreensão dos sistemas ambientais e para o planejamento do uso do solo.

Ao longo da história da pesquisa geográfica, diferentes escolas e correntes de pensamento geográfico propuseram classificações distintas segundo critérios variados de agrupamento das formas de relevo e dos processos geomorfológicos a elas relacionados. A importância da elaboração de cartas geomorfológicas levou, na década de 1960, à criação de uma comissão específica sobre o tema dentro da Associação Internacional de Geomorfólogos (AIG, **Figura 13.2**), que busca, desde então, avaliar as diferentes propostas já sistematizadas de mapeamento geomorfológico e de classificação dos compartimentos de relevo.



Figura 13.2: Logo da Associação Internacional de Geomorfólogos – AIG.

Fonte: <http://www.geomorph.org>

A representação dos fatos geomorfológicos se traduz em representações simbólicas que devem se aproximar ao máximo das formas reais. Há um consenso de que os mapas geomorfológicos registram:

- *informações morfométricas*: relativas às informações métricas com base em cartas topográficas;
- *informações morfográficas*: relativas às formas resultantes de processos de aggradação (como depósitos aluviais em planícies de inundação, depósitos de colúvios em áreas costeiras, etc.) e de degradação (como escarpas de falha ou erosivas, cânions, ravinas ou voçorocas);

- *processos morfogenéticos*: referem-se aos processos responsáveis pela elaboração ou pela esculturação das formas de relevo representadas;
- *processos cronológicos*: informando, quando possível, o período de formação ou elaboração de formas ou feições de relevo.

É possível agrupar formas de relevo conforme sua gênese, suas relações com a estrutura geológica, bem como segundo a dinâmica dos processos endógenos e exógenos predominantes. Tais agrupamentos resultam em compartimentos de relevo, ou seja, regiões que apresentam formas e processos geomorfológicos relativamente homogêneos. A definição de compartimentos morfológicos com características relativamente semelhantes é feita a partir da avaliação de diversos conjuntos de formas e padrões de relevo. Para identificar, analisar e classificar corretamente tais conjuntos de processos e formas de relevo, é necessário adotar certos procedimentos metodológicos, tais como:

- análise das cartas geológicas e topográficas das áreas em estudo, a fim de identificar feições relacionadas a litologias específicas ou condicionantes tectônicas, bem como as diferenças altimétricas a partir de curvas de nível;
- elaboração de perfis transversais de relevo, a fim de identificar áreas com nivelamentos ou graus de dissecação topográfica distintos;
- interpretação de imagens obtidas por sensores remotos (fotografias aéreas, imagens de satélite e modelos digitais de terreno – MDT);
- levantamento de campo para teste e correção das interpretações;
- integração da informação obtida em gabinete e em campo.

O mapeamento de compartimentos geomorfológicos relativamente homogêneos pode ser usado no ordenamento do uso do solo, constituindo-se em uma primeira e fundamental contribuição da geomorfologia para a definição de **unidades de paisagem** e para o planejamento territorial. A abrangência da área analisada implica a

escolha de escalas cartográficas apropriadas, bem como unidades de relevo compatíveis com o detalhamento que se deseja obter.



Unidades de paisagem

Constituem áreas relativamente homogêneas onde há estreita relação entre as características ecológicas e as atividades que nela se desenvolveram e ainda se desenvolvem. Sua definição espacial é um exercício de síntese geográfica, que leva ao agrupamento um conjunto de fatores, selecionados de acordo com os objetivos do planejamento ambiental, permitindo a adoção de medidas e estratégias de intervenção espacial.

Os níveis de análise e os propósitos dos mapeamentos geomorfológicos definem as escalas cartográficas a serem usadas. O tamanho da superfície a ser representada determina o uso de metodologias diferenciadas de representação cartográfica, tendo em vista a visibilidade dos fenômenos numa perspectiva espacial, bem como as diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos a serem representados. A representação das formas de relevo será diferente conforme a escala do mapa. Veremos isso a seguir.

Qual é a variação na escala espacial adequada para se mapear as formas de relevo?

A escolha da escala cartográfica determina o grau de detalhamento ou de generalização da informação de que se pretende tratar. Há diferentes categorias de fenômenos representados segundo a escala adotada.

As cartas em grande escala, como as entre 1:2.000 e 1:25.000, são capazes de registrar fenômenos ou formas com algumas dezenas de metros de comprimento em detalhe, adequadas ao monitoramento e manejo ambiental. Escalas cartográficas entre 1:25.000 e 1:100.000 são apropriadas para estudos regionais, para levantamento de inventários e de recursos naturais e mapeamento de feições de grande abrangência espacial, como, por exemplo, serras e chapadas. As escalas cartográficas menores que 1:100.000 (como 1:1.000.000, 1:500.000) são adequadas a estudos de reconhecimento em escala de maior abrangência espacial (**Figura 13.3**).

Os processos atuantes representam integrações de diversificados e numerosos arranjos de forças ambientais, identificáveis de modo distinto nas diferentes escalas mencionadas.

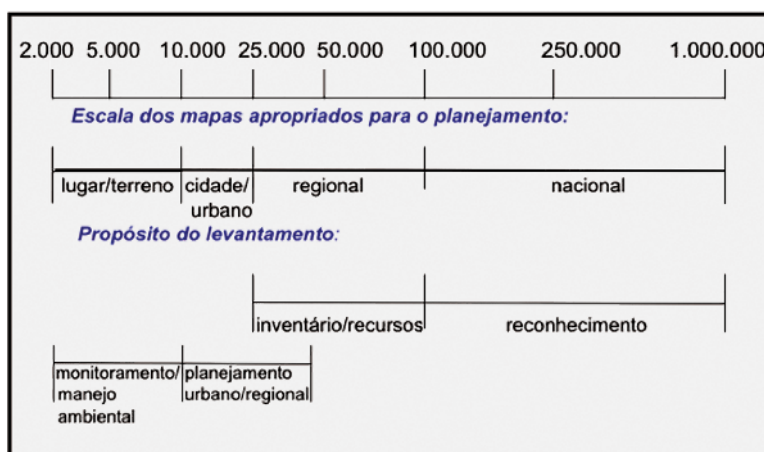


Figura 13.3: Relação entre escalas dos mapas geomorfológicos apropriadas para o planejamento e os propósitos dos levantamentos.

Fonte: Adaptado de Cooke & Doornkamp (1991), disponível em <http://dc123.4shared.com/doc/IhSCDm6f/preview.html>

A legenda de um mapa geomorfológico está diretamente relacionada à sua escala cartográfica. Existe uma variedade de legendas muito grande em todo o mundo e, até os dias atuais, não existe nenhum padrão para a representação dos fatos geomorfológicos,

ficando a critério do próprio pesquisador defini-las e adaptá-la de acordo com a escala e com os objetivos do mapeamento.

Apresentamos, a seguir, alguns exemplos de mapas geomorfológicos em escalas e com legendas de abrangência *planetária* (com distinção dos continentes e oceanos – **Figura 13.4**), *continental* (cadeias de montanhas, planaltos, depressões e grandes planícies – **Figura 13.5**), e *local* (escarpas, morros, colinas, pequenas planícies – **Figura 13.6**).

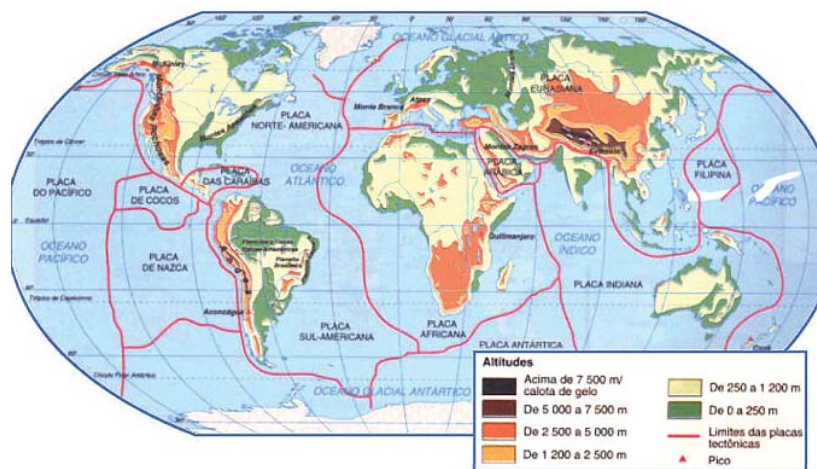


Figura 13.4: Mapa de relevo em escala planetária.

Fonte: http://terrinhos.no.sapo.pt/images/mun_rel.jpg



Figura 13.5: Mapa de relevo em escala continental.
Fonte: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/capla.pdf>

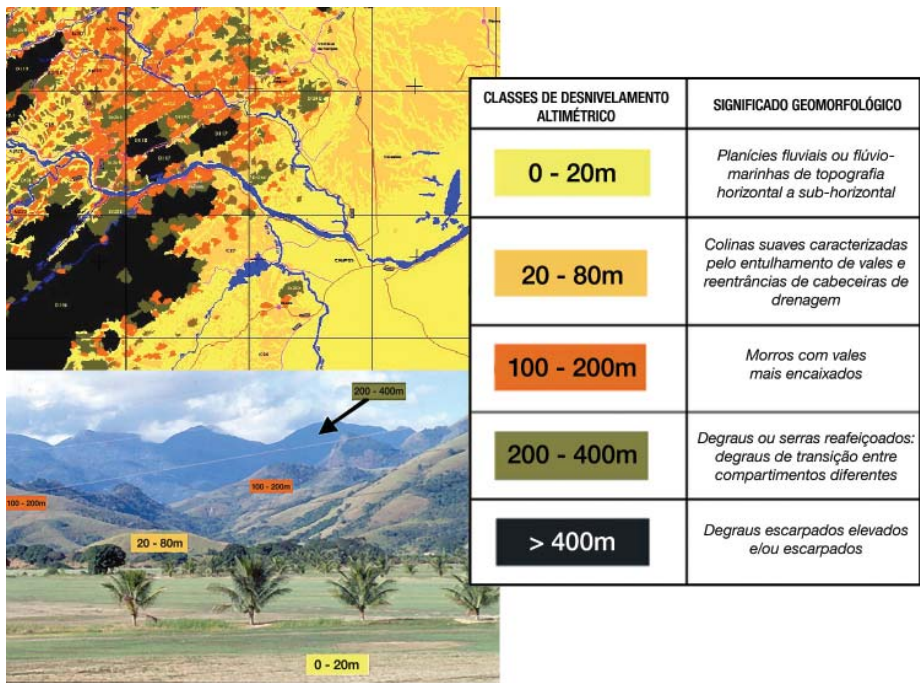


Figura 13.6: Mapa de relevo em escala local.
Fonte: Silva (2002), disponível em <http://dc123.4shared.com/doc/lhSCDm6f/preview.html>



Atende ao Objetivo 1

1. Associe as feições geomorfológicas citadas a seguir às escalas mais adequadas para sua representação cartográfica:

I. () Morro do Pão de Açúcar (RJ);

II. () Baía de Guanabara (RJ);

III. () Serra do Mar (PR, SP,RJ);

IV. () Cordilheira dos Andes (América do Sul).

a) 1:2.500.000; b) 1:250.000; c) 1:25.000 ; d) 1:2.500

Resposta Comentada

Gabarito: I. d ; II. c ; III. b ; IV. a

As quatro formas de relevo apresentadas possuem dimensões que variam da escala local à continental. Assim, devem-se utilizar escalas cartográficas progressivamente mais abrangentes, começando com a escala de 1:2.500 (na qual cada centímetro mapeado corresponderá a uma extensão de 25 metros), indo até a escala de maior abrangência, no caso, 1:2.500.000 (na qual cada centímetro mapeado corresponderá a uma extensão de 25 quilômetros).

Geomorfologia estrutural: mapeamento de formas de relevo em escudos cristalinos, bacias sedimentares e em áreas com dobramentos e falhamentos

O papel da estrutura geológica na definição do relevo terrestre é um tema que não pode ser desprezado na análise da gênese e da evolução do relevo terrestre. Nos estudos geomorfológicos, esse setor de investigação denomina-se *geomorfologia estrutural*, que analisa a influência da estrutura geológica na definição de compartimentos de relevo sob dois aspectos básicos: fatores tectônicos e fatores litológicos.

Fatores tectônicos

Correspondem às forças tectônicas, de caráter endógeno, que edificam o relevo mediante deformação das rochas da crosta terrestre. Ocasionalmente ocasionam intensos dobramentos, falhamentos, subsidências e basculamentos. Para compreender esses fatores, faz-se necessário relembrar brevemente a teoria da tectônica de placas, um dos mais importantes paradigmas (modelos teóricos) da Geologia.



A teoria da tectônica de placas litosféricas se consolidou ao longo do século XX a partir da hipótese de deriva continental, proposta por Alfred Wegener, em 1912. A ideia de que os continentes se moviam (fragmentando-se, separando-se e colidindo), devido a esforços provocados por correntes de magma abaixo da litosfera, levou a pesquisas que comprovaram a existência de diversas placas litosféricas, continentais, oceânicas e mistas. A interação entre as placas litosféricas pode ser transformante, divergente ou convergente (**Figura 13.6**):

- Em limites divergentes, as placas se afastam e uma nova litosfera é criada (a área da placa aumenta), surgindo morfoestruturas vulcânicas e dorsais oceânicas.
- Em limites convergentes, as placas colidem, podendo dobrar, formando cadeias de montanhas (sistemas orogênicos) ou afundar em direção ao interior do planeta (onde se formam fossas submarinas ou trincheiras oceânicas, situação em que o tamanho da placa diminui pelo seu derretimento).
- Em interações transformantes, as placas deslizam horizontalmente, uma em relação à outra (a área da placa permanece constante).



Figura 13.7: Interações entre placas tectônicas: divergentes, convergentes e transformantes.

Fonte: Adaptado de Press et al., 2006.

Fatores litológicos

Exame das diferenças litológicas e de seus efeitos no modelado do relevo em litologias específicas. As diferenças litológicas podem definir a resistência das rochas ao intemperismo e à erosão ou condicionar a direção do entalhe erosivo. A erosão diferencial de rochas condiciona os processos geomorfológicos segundo os seguintes fatores:

- a) *litologia e resistência da rocha*: o grau de dureza das rochas (ou a sua composição química) define sua resistência. Por exemplo, as rochas carbonáticas (como o calcário) são mais facilmente erodidas pelos filetes d'água do que granitos;
- b) *presença de falhas, fraturas ou de diáclases*: essas linhas de fraqueza nas rochas facilitam a penetração da água e, conseqüentemente, ocasionam maior intemperismo dos materiais rochosos. Rochas intensamente fraturadas podem condicionar a instalação de redes de drenagem ou o surgimento de áreas topograficamente deprimidas nas imediações de corpos rochosos não fraturados;
- c) *textura e permeabilidade da rocha*: condicionam a infiltração de umidade através das rochas e, portanto, facilitam o intemperismo e a erosão. Há exemplos de quartzitos fortemente litificados que produzem o relevo com cristas elevadas e alongadas, segundo a orientação estrutural. Quando esses quartzitos são menos resistentes, podem sofrer erosão mais intensa, condicionando a formação de vales ou regiões rebaixadas. No caso de se acharem dispostos de maneira horizontal, podem originar relevos com topos tabulares (como vimos na Aula 4);
- d) *orientação e inclinação de camadas*: condicionam o escoamento de águas e direcionam certos processos erosivos ao longo dos planos existentes entre camadas geológicas com propriedades diferentes.

Que feições morfológicas podem ser associadas a estruturas geológicas?

As estruturas geológicas encontradas nos continentes (placas tectônicas continentais) podem ser divididas esquematicamente em dois grandes grupos:

Plataformas ou crátons

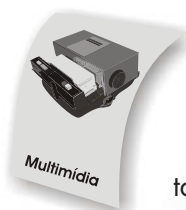
Extensas áreas rígidas e relativamente estáveis dos continentes, arrasados por muitas fases de erosão. São formadas pelo *embasamento cristalino* (rochas pré-cambrianas, muito antigas) e, quando afloram, são chamadas de *escudos cristalinos*, mas podem estar recobertas por bacias sedimentares mais recentes (chamadas de *coberturas fanerozoicas*, e recobrem as antigas depressões do embasamento cristalino). Há, nas plataformas, áreas de dobramentos orogênicos antigos (com predomínio de rochas metamórficas) que sofreram intenso tectonismo e formaram cinturões orogênicos no passado. Essas áreas são chamadas de *faixas móveis*, estando atualmente tão inativas quanto o embasamento cristalino.

Fanerozoico

Idade geológica posterior ao Pré-cambriano, abrangendo as eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica.

Cinturões orogênicos

Grandes faixas de terreno que se encontram submetidas a intenso tectonismo ativo, geralmente em áreas de colisão de placas tectônicas. Os esforços tectônicos geram grandes dobramentos litosféricos (orogênese), que resultam em grandes cordilheiras de montanhas, tais como a Cordilheira dos Andes (América do Sul), o Himalaia (Ásia) e as Montanhas Rochosas (América do Norte).



Tanto nas plataformas como nos cinturões orogênicos podem ocorrer rochas ígneas, resultantes de atividades magmáticas. Estas podem ser extrusivas/vulcânicas (formando vulcões ou derrames que se estendem grandemente) ou intrusivas/plutônicas (quando não chegam a ser expelidas da litosfera). Procure saber mais sobre rochas ígneas nos sites a seguir:

http://domingos.home.sapo.pt/vulcoes_1.html

http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/dossiers/planeta_terra/vulcanismo

Muitos mapas de classificação geológica simplificados apresentam apenas as áreas de escudos cristalinos, as bacias sedimentares e os cinturões orogênicos recentes, como demonstrado na **Figura 13.8**. No entanto, há mapas com classificações diferentes, mais detalhadas e com mais subdivisões.

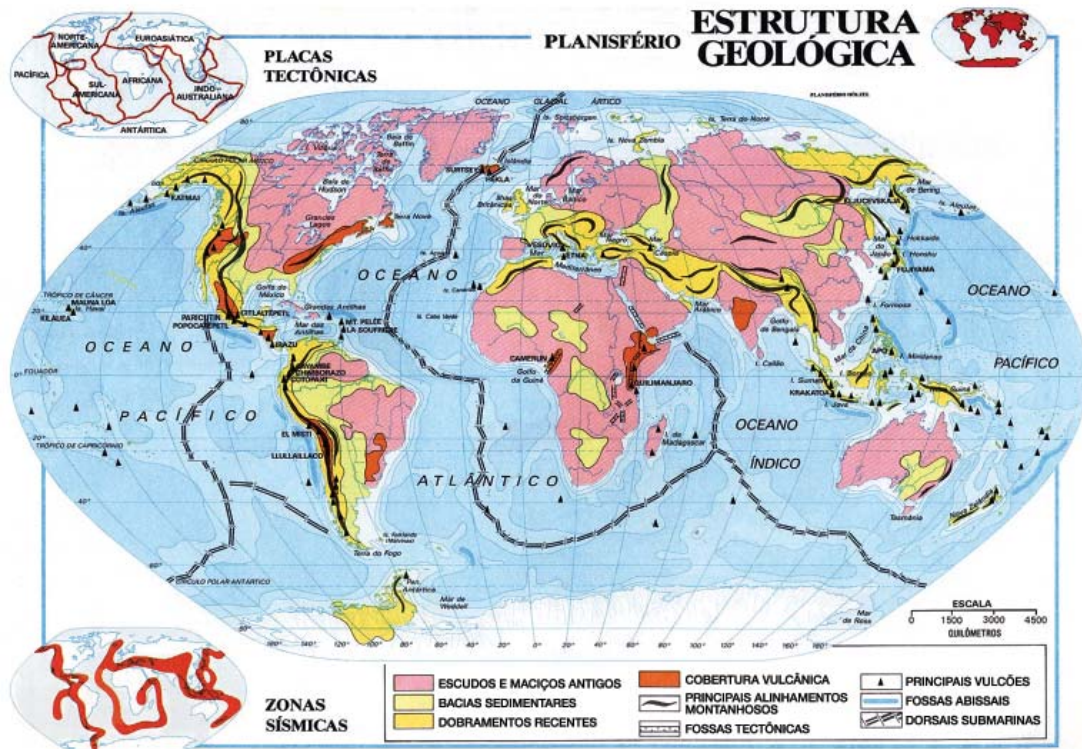


Figura 13.8: Planisfério com a estrutura geológica dos continentes.

Fonte: FERREIRA, Graça Maria Lemos. *Moderno atlas geográfico*. São Paulo: Moderna, 1992.

Existem algumas formas de relevo que resultam diretamente de estruturas geológicas específicas, como os exemplos indicados a seguir:

a) *Formas esculpidas em escudos cristalinos e faixas móveis:*

A longa exposição dessas rochas aos processos de intemperismo e erosão explica o predomínio de formas de relevo mais arredondadas, desgastadas pela ação dos agentes exógenos. Nos escudos cristalinos, surgem colinas e até mesmo extensas superfícies aplainadas, onde se destacam morros ou maciços em áreas com litologias mais resistentes (**Figura 13.9**).



Figura 13.9: Morros Cara de Cão, Pão de Açúcar e da Urca e a enseada de Botafogo, com morros de Niterói ao fundo, na entrada da baía de Guanabara (RJ).

Nas áreas de faixas móveis (antigos cinturões orogênicos), apesar dos milhões de anos de erosão, ainda pode haver traços serranos, como testemunho da movimentação ocorrida no passado geológico (**Figura 13.10**).



Figura 13.10: Serra dos Órgãos (RJ), com os picos Escalavrado, à esquerda, e o Dedo de Deus, à direita.

b) *Formas relacionadas a bacias e coberturas sedimentares:*

As grandes bacias sedimentares (não alteradas por deformações tectônicas) se caracterizam por um ligeiro abatimento

na região central (que permanece com camadas horizontais) e ligeira inclinação em suas bordas (**Figura 13.11**). Esse fato, de natureza estrutural, contribui para a existência de cuestas, na periferia da bacia sedimentar, e de chapadas e chapadões no centro.

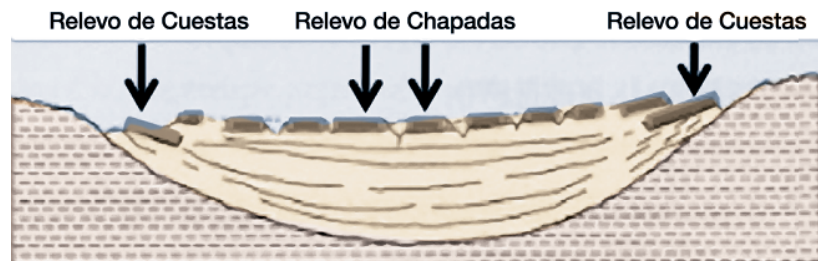


Figura 13.11: Relevo de cuestas e chapadas em bacias sedimentares.

Fonte: Adaptado de AB'SÁBER. *Formas de relevo*, 1975.

As cuestas são formas de relevo assimétrico, resultante de recuo erosivo de camadas sedimentares, apresentando frente escarpada (*front*) e reverso com fraca declividade (**Figura 13.12**). Ocorre em áreas externas de bacias sedimentares.

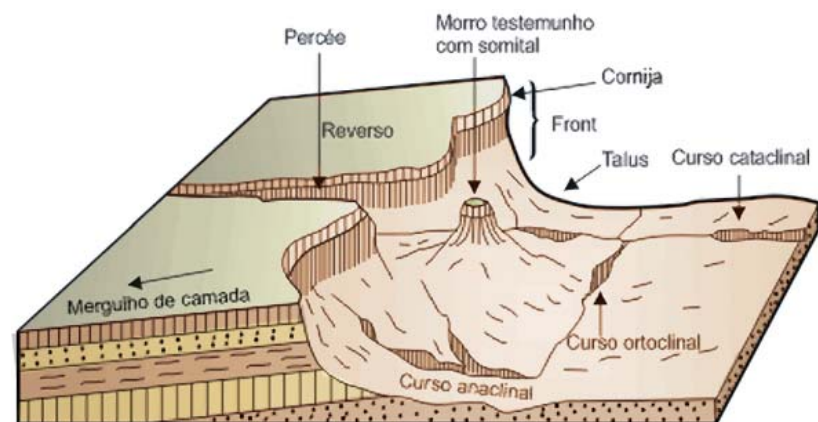


Figura 13.12: Ilustração esquemática de elementos de cuestas. Destaque para a ligeira inclinação das camadas sedimentares.

Fonte: www.funape.org.br/geomorfologia

As *chapadas* são formas de relevo residual de topo plano, limitado por escarpas, resultante da erosão de relevos tabuliformes formados em rochas sedimentares ou, excepcionalmente, em derrames vulcânicos. Em geral, ocorrem na frente de planaltos sedimentares ou sobre esses planaltos, formando tabuleiros, mesas e/ou morros testemunhos (**Figura 13.13**).

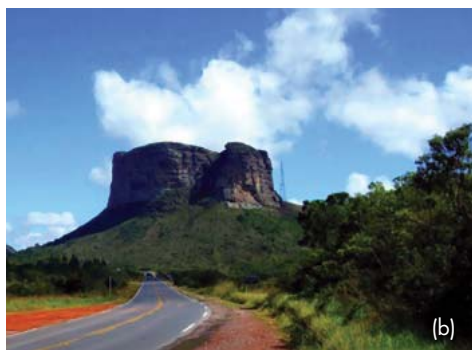


Figura 13.13: Imagens de formas relacionadas a coberturas sedimentares: (a) Chapada Diamantina (Bahia), 1998; (b) Morro do Pai Inácio (Bahia), 1998.

c) *Formas relacionadas a dobramentos e falhamentos:*

Dependendo da resistência das rochas à ação dos esforços tectônicos e do modo como estes ocorrem (intensidade, duração, direção, etc.), as rochas podem dobrar (formando anticlinais e sinclinais) ou sofrer falhamentos de diferentes intensidades. Os efeitos da erosão sobre dobras e falhas podem gerar algumas formas de relevo específicas, algumas das quais estão ilustradas esquematicamente na **Figura 13.14** e explicadas a seguir.

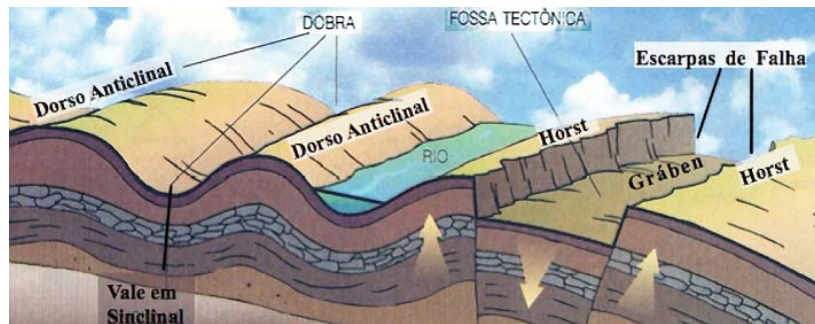


Figura 13.14: Elementos geomorfológicos relacionados a dobramentos e falhamentos.

- *Dorso anticlinal*: forma preservada pela existência de uma camada resistente no topo de uma dobra anticlinal.
- *Vale sinclinal*: depressão relativa formada em dobras sinclinais.
- *Escarpa de falha*: escarpa formada pelo deslocamento vertical ou horizontal de blocos falhados.
- *Vale em rift*: depressão relativa formada por abatimento de terreno em áreas de falhamentos. As áreas deprimidas são designadas *gráben*, e as áreas soerguidas por falhas são designadas *horst*.
- *Borda de sinclinal suspensa*: escarpa formada pela erosão das partes externas de dobras sinclinais (**Figura 13.15**).



Figura 13.15: Pico montanhoso com rochas dobradas remanescentes de um sinclinal; as bordas erodidas configuram escarpas íngremes.



Atende ao Objetivo 2

2. O relevo apresenta grande diversidade de formas que se manifestam de modo diferenciado devido às combinações e interferências dos demais componentes da paisagem, ocorridas ao longo do tempo e através do espaço. Sendo assim, assinale a alternativa INCORRETA.

- a) () Nas regiões mais estáveis das placas tectônicas, as formas de relevo geralmente são mais suaves, resultantes de longos períodos de erosão e sedimentação.
- b) () A ação das águas pluviais e fluviais é marcante nas regiões de climas tropicais quentes e úmidos, conferindo ao relevo formas arredondadas.
- c) () As formas de relevo que podem ser encontradas nas grandes unidades estruturais (como os cinturões orogênicos, os escudos cristalinos e as bacias sedimentares) resultam da ação de um conjunto de processos externos, quais sejam: o intemperismo, a erosão, a sedimentação e o vulcanismo.
- d) () O relevo terrestre é resultado da ação de forças internas e externas ao longo do tempo. As forças internas (ou endógenas) são aquelas condicionadas pela energia armazenada no interior do planeta; as forças externas (ou exógenas) são condicionadas pela dinâmica da atmosfera, hidrosfera e biosfera.

Resposta Comentada

A opção incorreta é a c, pois as formas de relevo são condicionadas por agentes internos e externos. Outro erro é incluir vulcanismo entre os processos externos, quando se trata de um processo de origem endógena.

Geomorfologia climática: mapeamento de formas de relevo segundo as zonas climáticas da Terra

O reconhecimento de regimes climáticos distintos no planeta levou muitos geomorfólogos ao estabelecimento de relações entre as diferentes faixas climáticas e os processos morfogenéticos predominantes. Nos estudos geomorfológicos, este setor de investigação denomina-se *geomorfologia climática*. Duas das mais importantes e conhecidas classificações que procuraram levar em consideração estes critérios foram as propostas do geógrafo alemão Julius Büdel (1903-1983) e do geógrafo francês Jean Tricart (1920-2003).

A contribuição científica de Büdel permitiu que a Geomorfologia assumisse uma posição privilegiada no campo da investigação de formas de relevo na superfície terrestre. O autor propôs a divisão morfoclimática da Terra com base na teoria de que os climas atuais e do passado esculpiram o relevo ao longo do tempo (perspectiva climato-genética). Segundo Büdel, as formas de relevo dariam “pistas” para entender as mudanças climáticas, lançando luzes sobre a relação entre climas existentes no passado e quadros geomorfológicos e ambientais observáveis no presente. Tal perspectiva, portanto, leva em consideração as variações espaciais e temporais das formas de relevo.

A geomorfologia climática busca analisar os seguintes elementos na análise espacial:

- distribuição e localização das unidades de paisagem;
- delimitação e organização espacial;
- representação cartográfica;
- classificação taxonômica.

Quanto à *análise temporal*, a perspectiva climato-genética procura:

- a reconstituição histórica das unidades de paisagem;
- a caracterização de fases de equilíbrio e de desequilíbrio sistêmico;
- a identificação e a explicação das heranças morfológicas;
- entender a dinâmica ou reconstituir a evolução da paisagem.

Assim, Büdel introduz a concepção de paisagem como uma combinação, associação e superposição de fatores morfológicos, hidrológicos, fitogeográficos e pedológicos (relativos aos solos), todos eles dependentes de condições climáticas atuais e de heranças paleoclimáticas e paleoecológicas.

Em 1963, Büdel propôs um sistema classificatório para explicar a atual distribuição do relevo terrestre. O autor identificou cinco regiões ou zonas climato-genéticas, distribuídas entre o Equador e os polos: Zona Glacial; Zona de Formação Pronunciada de Vales; Zona Extratropical de Formação de Vales; Zona Subtropical de Formação de Pedimentos e Vales e Zona Tropical de Formação de Superfícies de Aplainamento (**Figura 13.16**).

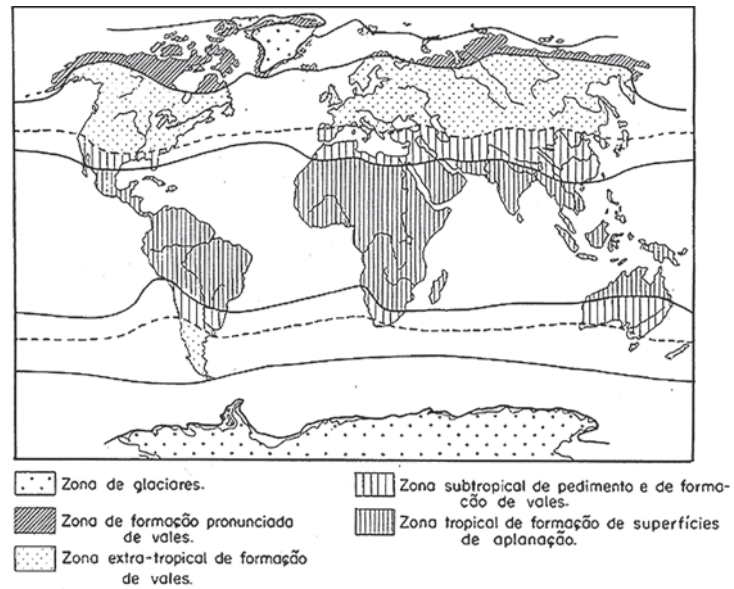


Figura 13.16: Zonas morfoclimáticas da Terra, de acordo com Büdel (1963).

Fonte: Adaptado de Selby (1985).



Pedimento

Formas de relevo formadas por extensos depósitos sedimentares com espessuras variáveis, apresentando-se, em geral, com superfícies planas, ligeiramente inclinadas, na base de encostas de afloramentos rochosos ou levemente alterados. Tendem a resultar do processo erosivo de regressão de escarpas, no sopé montanhoso ou junto às zonas escarpadas.

Se o clima permitir, os pedimentos podem apresentar cobertura vegetal, mas em regiões com climas áridos e semiáridos, as raras chuvas que ocorrem costumam ser torrenciais (de enxurrada), capazes de transportar os fragmentos das áreas altas e espalhá-los sobre as áreas planas baixas, o que resulta em depósitos de cascalho mais espessos em áreas mais baixas e em fundos de vales fluviais assoreados e aplainados (**Figura 13.17**).

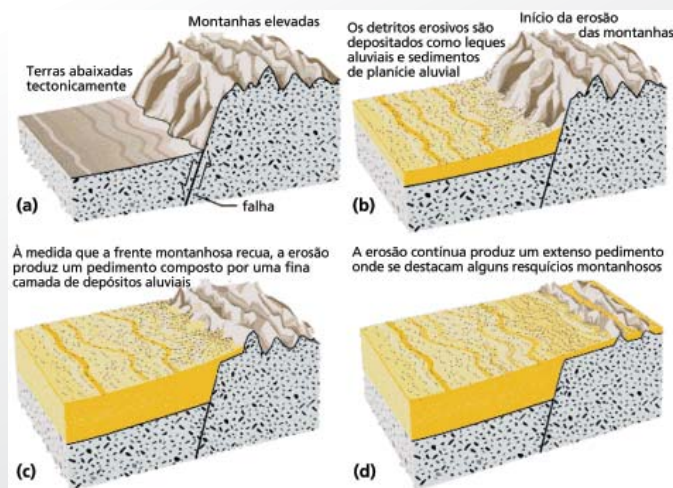


Figura 13.17: Bloco esquemático com os estádios da evolução de um pedimento típico (fases de a a d em regiões áridas montanhosas).

Fonte: Adaptado de Press, F. e Siever, R. (1997).

Superfícies de aplainamento

De forma simplificada, as superfícies geomorfológicas e seus depósitos correlativos estão associados a diferentes níveis de erosão esculpidos em distintos “tempos geológicos”, estando, portanto, vinculados à ideia de uma cronologia de desnudação. Em geral, as superfícies aplainadas em níveis altimétricos mais elevados são mais antigas, enquanto nos mais baixos são mais jovens. Para obter mais informações sobre pedimentos e superfícies de aplainamento, consulte:

Fonte: http://www.labogef.iesa.ufg.br/labogef/arquivos/downloads/7__Superfícies_de_aplainamento_46251.pdf

Seguindo esta mesma linha de raciocínio, Jean Tricart (e seu colaborador Caillex) sugeriu, nas décadas de 1950 e 1960, a existência de vários sistemas morfoclimáticos que sofriam oscilações ao longo do tempo geológico. A ideia seria de que tipos climáticos distintos tivessem predomínio da ação de um ou outro elemento climático. Por exemplo, percebeu-se que nas *zonas frias e temperadas*, as variações morfológicas se processavam em decorrência das variações de *temperatura*, enquanto nas *zonas quentes (intertropicais)*, as maiores influências seriam relativas às variações de pluviosidade.



Ao analisar as diferenças entre climas tropicais em um país como o Brasil, observa-se que, no litoral, o clima tende a ser úmido o ano todo, enquanto no interior, o clima possui duas estações com regimes pluviométricos distintos (uma estação seca e outra úmida). Já nos climas temperados, a diferença entre os ambientes costeiros e os continentais tem relações com a amplitude térmica anual: no litoral, os invernos e verões são mais brandos, enquanto no interior dos continentes ocorrem verões muito quentes e invernos muito frios.

A proposta de Tricart e Cailleux subdivide o planeta em quatro zonas morfoclimáticas (subdivididas em províncias) nas quais há correspondência entre processos de modelagem da superfície e feições morfológicas específicas. As zonas e províncias morfoclimáticas definidas por Tricart e Cailleux estão apresentadas na **Figura 13.18**.

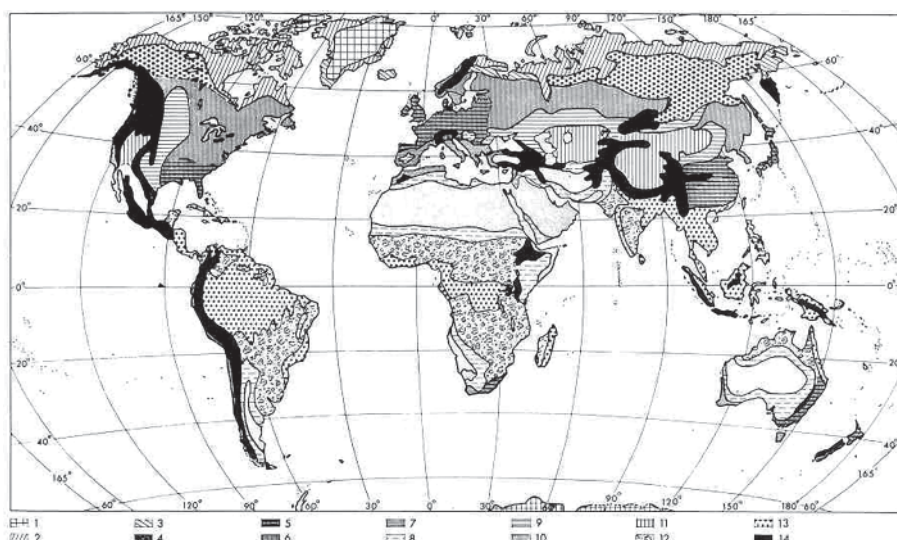


Figura 13.18: Províncias morfoclimáticas, de acordo com a proposta de Tricart (1959): zonas frias: 1. província glacial, 2. província periglacial com permafrost, 3. província periglacial sem permafrost, 4. floresta com permafrost quaternário; floresta de latitudes médias: 5. província marítima com inverno brando, 6. província continental com inverno rigoroso, 7. província mediterrânea com verões secos; zona árida e subárida de baixas e médias latitudes: 8. savanas e semidesertos com invernos brandos, 9. savanas com inverno rigoroso, 10. desertos com inverno brando, 11. desertos com inverno rigoroso; zona intertropical: 12. savanas, 13. florestas, 14. regiões montanhosas.

Jean Tricart teve uma participação importante na construção da geomorfologia brasileira. Em 1959, publicou o trabalho intitulado “Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central”, fundamentado na interpretação da gênese evolutiva do relevo a partir de hipóteses sobre variações paleoclimáticas do Período Quaternário, contribuindo positivamente durante as décadas de 1950 e 1960 para a introdução de uma linha de pesquisa voltada a traçar relações entre materiais e formas de relevo e seu significado paleoclimático.



Atende ao Objetivo 3

3. Analise o mapa da **Figura 13.18**, proposto por Tricart para o Brasil, e descreva a distribuição do território brasileiro segundo as zonas e faixas morfoclimáticas propostas.

Resposta Comentada

Segundo a legenda apresentada, a maior parte do território brasileiro estaria na zona intertropical, sendo a Amazônia e parte do litoral brasileiro inseridos na faixa de "florestas"; a maior parte do Brasil Central, na faixa de savanas; apenas uma pequena parte do interior do Nordeste brasileiro estaria inserido na zona subárida de baixas latitudes, na faixa de semidesertos com invernos brandos.

Como são definidas as unidades taxonômicas das classificações de relevo?

A partir da dimensão da área a ser investigada, são definidos diferentes sistemas de classificação de unidades de relevo, que representam o dimensionamento ou atribuições escalares do objeto investigado. As unidades de relevo identificadas devem seguir uma **taxonomia**, que sempre deve deixar claros os critérios usados no sistema de classificação utilizado.

Há muitos sistemas de classificação taxonômica das formas de relevo. Apresentaremos aqui um exemplo de ordenamento dos fatos geomorfológicos, dado pelo Manual técnico de geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, reeditado em 2009).

Domínios, regiões e unidades geomorfológicas: proposta de classificação de relevo, segundo o IBGE (2009)

A proposta de mapeamento apresentada pelo IBGE segue um sistema de classificação de relevo que distingue os modelados de relevo como unidade básica de classificação, agrupando-os hierarquicamente em táxons mais abrangentes (**Figura 13.19**). O sistema de classificação considera parâmetros de natureza estrutural, litológica, pedológica, climática e morfodinâmica como os responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela elaboração da paisagem no decorrer do tempo geológico. De acordo com a ordem decrescente de grandeza, é proposta a seguinte taxonomia para ordenação de fatos geomorfológicos: domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas, modelados e formas de relevo simbolizadas.

Taxonomia

(do grego – verbo

tassein = “para

classificar” e *nomos* =

lei, ciência)

Ciência que procura

classificar “coisas/

objetos” ou aos

princípios relacionados

aos diferentes sistemas

de classificação.

Os táxons são as

unidades resultantes

dos diferentes sistemas

classificatórios,

ou taxonômicos.

Os táxons mais

abrangentes se

subdividem em táxons

menos abrangentes.

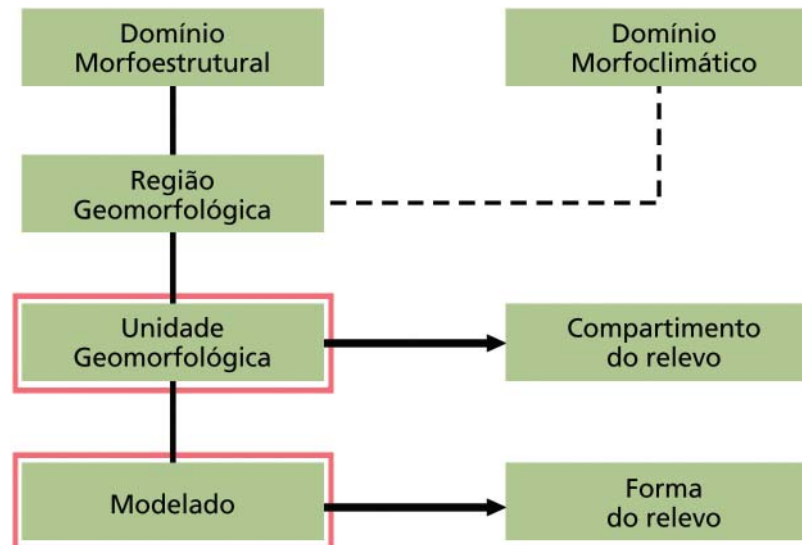


Figura 13.19: Sistema de taxonomia geomorfológica do IBGE.

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/geomorfologia/manual_geomorfologia.shtm

- a) *Domínios morfoestruturais*: como os maiores táxons (unidades de classificação) do relevo, ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos a partir do arcabouço geológico (natureza das rochas e pela tectônica sobre elas). Esses fatores, sob variáveis efeitos climáticos ao longo do tempo, geraram amplos conjuntos de relevos cujas feições, embora variadas, guardam relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram. São exemplos de domínios morfoestruturais: bacias sedimentares, cinturões orogênicos, plataformas e crátons, de idades geológicas distintas. Rochas e derrames vulcânicos também podem constituir domínios morfoestruturais.
- b) *Regiões geomorfológicas*: segundo nível hierárquico desta classificação do relevo, representam compartimentos inseridos nos domínios morfoestruturais, com características genéticas comuns, agrupando feições semelhantes, associadas às formações superficiais modificadas pelos agentes exógenos. Na sua identificação, também são consideradas sua distribuição espacial e sua localização geográfica em regiões classicamente reconhecidas. São exemplos de regiões geomorfológicas o

Planalto da Borborema, a Chapada Diamantina, as Chapadas do São Francisco, a Serra do Espinhaço, a Serra da Mantiqueira e o Planalto das Araucárias.

- c) *Unidades geomorfológicas*: terceiro nível taxonômico, definidas como um arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. A geomorfogênese e a similitude de formas podem ser explicadas por fatores paleoclimáticos e por condicionantes litológica e estrutural. Cada unidade geomorfológica evidencia processos originários, formações superficiais e tipos de modelados diferenciados. O comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias são tomados como referencial, à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e os condicionantes litológicos ou tectônicos. Os conjuntos de formas de relevo que compõem as unidades constituem formas identificadas como planícies, depressões, tabuleiros, chapadas, patamares, planaltos e serras.
- d) *Modelados*: quarta ordem de grandeza, referem-se a modelados com padrão de formas de relevo com definição geométrica similar, em função de uma gênese comum e dos processos morfogenéticos atuantes, resultando na recorrência dos materiais correlativos superficiais. São identificados quatro tipos de modelados: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação.
- *modelados de acumulação*: diferenciados em função de sua gênese (fluviais, lacustres, marinhos, lagunares, eólicos e de gêneses mistas), resultantes da conjugação ou atuação simultânea de processos diversos;
 - *modelados de aplainamento*: identificados pela gênese e dinâmica, combinadas ao seu estado atual de conservação ou degradação;
 - *modelados de dissolução*: elaborados em rochas carbonáticas, podendo ser identificados de acordo com o seu aspecto em superfície ou em subsuperfície;

- *modelados de dissecção*: definidos em função do nível de dissecção do relevo, o que pode ser verificado pela forma dos topos (convexos, tabulares ou aguçados) e pelo aprofundamento e densidade da drenagem, aprofundamento dos vales e pela declividade.
- e) *Formas de relevo simbolizadas*: Uma quinta ordem de grandeza que abrange feições menores, as quais somente podem ser representadas por símbolos lineares ou pontuais.



A taxonomia proposta para o relevo brasileiro pelo IBGE está detalhadamente explicada e disponível para download em:

Fonte: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/geomorfologia/manual_geomorfologia.shtm)

CONCLUSÃO

Nesta aula, iniciamos o processo de conclusão do curso de Geomorfologia Geral, ao começar a juntar informações tratadas ao longo do curso, a fim de produzir sínteses capazes de reunir uma grande diversidade de conteúdos relacionados à geomorfologia em um quadro teórico complexo, mas compreensível e coerente. Os mapeamentos geomorfológicos correspondem, igualmente, a um exercício de classificação – no caso, de processos e formas de relevo. Análises, sínteses e classificações são habilidades cognitivas fundamentais em qualquer processo pedagógico, justificando o tratamento desses conteúdos no ensino de Geografia em todos os níveis acadêmicos.

Os sistemas de classificação geomorfológica contribuem para identificar áreas com dinâmicas e formas de relevo relativamente

semelhantes, contribuindo para o planejamento ambiental, a definição de áreas de risco e a identificação de potencialidades de uso dos recursos do relevo – temas que serão tratados nas próximas aulas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

As unidades taxonômicas, definidas em qualquer tipo de sistema de classificação de formas de relevo, seguem, em geral, uma hierarquia em que o táxon mais abrangente inclui táxons menores. Segundo essa lógica e de acordo com a taxonomia proposta para o relevo brasileiro pelo IBGE, assinale com V as frases verdadeiras e, com F, as falsas.

1. () É possível haver planaltos e serras tanto em domínios de escudos cristalinos como em domínios de bacias sedimentares.
2. () As regiões geomorfológicas são, na verdade, grandes unidades geomorfológicas reconhecidas por sua extensão e localização, sendo reconhecidas como marcos de relevo regionais.
3. () As unidades geomorfológicas são reconhecíveis a partir de processos fluviais ou de encostas que, dependendo dos condicionantes geológicos, resultam em formas de relevo de maior uniformidade topográfica e fisionômica.
4. () Os modelados de relevo são a unidade de relevo básica a partir da qual são definidos táxons mais abrangentes de classificação geomorfológica.

Resposta Comentada

Todas as afirmativas estão corretas. Esse foi um exercício de “escrever a mesma coisa de jeitos diferentes”, que todos os professores de Geografia em formação devem procurar realizar, para conseguir alcançar explicações adequadas para públicos distintos.

Resumo

1. O mapeamento de unidades de relevo leva em consideração formas e processos geomorfológicos, identificáveis de acordo com características morfométricas, morfográficas, morfogenéticas e cronológicas.
2. A definição de compartimentos geomorfológicos pode ser feita em diversas escalas, das menores (mais abrangentes) às maiores (locais e pontuais). Cada escala exige procedimentos metodológicos de levantamento de dados e definição de legendas compatíveis com o que se pretende representar cartograficamente.
3. Os compartimentos de relevo podem ser definidos a partir de diversos critérios: os critérios morfoestruturais priorizam fatores tectônicos e litológicos, enquanto os morfoclimáticos priorizam a ação dos climas (atuais e pretéritos) na elaboração das formas de relevo.
4. Há muitos sistemas de classificação das formas de relevo. O sistema proposto pelo IBGE apresenta cinco níveis taxonômicos a partir de critérios estruturais, dinâmicos e morfométricos/morfográficos.

Aula 14

As classificações do relevo brasileiro usadas no ensino básico de Geografia

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Discutir as diferentes classificações do relevo brasileiro, tendo em vista a evolução das bases técnicas e a mudança dos critérios de mapeamento nas últimas décadas, além de debater como as classificações podem ser úteis no ensino/aprendizagem de Geografia.

Objetivos

Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. reconhecer e contextualizar diferentes propostas de classificação do relevo usadas no ensino básico de Geografia do Brasil;
2. reconhecer a relevância e a utilidade dos mapas geomorfológicos feitos para o Brasil;
3. fazer a transposição didática das informações relativas à classificação geomorfológica para o ensino de Geografia nos níveis Fundamental e Médio.

INTRODUÇÃO

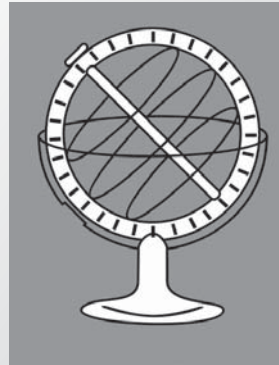
Os métodos de classificação geomorfológica discutidos na aula anterior exigem um conhecimento mais aprofundado de formas e processos de relevo. Ao trabalhar com tais temas na Educação Básica, os professores de Geografia são remetidos a mapeamentos que ficaram consagrados nas últimas décadas – notadamente, as propostas de Aroldo de Azevedo, Aziz Ab'Sáber e Jurandyr Ross –, mas nem sempre sabem explicar as diferenças teóricas e metodológicas que originaram tais mapas.

Outro problema comum é a dificuldade em estabelecer relações entre as unidades de mapeamento geomorfológico e os processos históricos de ocupação e aproveitamento do relevo.

Nesta aula, procuraremos oferecer sugestões de como fazer a transposição didática das informações sobre os mapeamentos geomorfológicos para o ensino de Geografia nos níveis Fundamental e Médio, utilizando os mapas de relevo comumente encontrados em livros didáticos e atlas geográficos escolares no Brasil.



Grandes geógrafos



Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esfera_armilar_vers%C3%A3o_da_geografia.jpg

Os geógrafos Aroldo de Azevedo, Aziz Ab'Sáber e Jurandyr Ross, professores da Universidade de São Paulo (USP), contribuíram muito para a Geomorfologia brasileira, tendo sido responsáveis por classificações do relevo brasileiro que, durante décadas, vêm orientando o ensino e o aprendizado da Geografia no Brasil.



O conceito de *transposição didática* vem sendo discutido desde a década de 1970, tendo sido amplamente divulgado a partir de 1991 por Yves Chevallard no livro *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. O autor afirma que a transposição didática é composta pelos seguintes “saberes”:

- “saber do sábio”, ou seja, elaborado por cientistas;
- “saber a ensinar”, ou seja, conteúdos selecionados e preparados didaticamente para serem conduzidos em sala de aula;
- “saber ensinado”, aquele que foi absorvido pelo aluno mediante adaptações do saber científico para o contexto escolar pelos professores.

A transposição didática é, portanto, um cuidado que o professor deve ter em selecionar e preparar a discussão de determinados temas de acordo com o contexto escolar (amadurecimento cognitivo dos alunos, realidades locais, tempo disponível, etc.).

Classificações do relevo brasileiro

Qualquer tentativa de classificação – inclusive as de relevo – depende do volume de informações acumuladas, bem como dos critérios usados na definição de unidades classificatórias. Toda classificação representa um momento na história e evolução dos conhecimentos científicos.

Assim, pode-se dizer que as classificações – em qualquer setor do conhecimento – são generalizações, quase sempre imperfeitas e incompletas, tornando-se obsoletas à medida que novas informações surgem. No entanto, as tentativas de classificação constituem uma etapa na sistematização metódica dos fatos, e é a partir delas que se pode avançar para a produção de conhecimentos mais pormenorizados, aprofundados e úteis.

Limitações técnicas e de recursos explicam o fato de que só na década de 1940 foi feito um mapa que esboçava as grandes unidades de relevo do Brasil. O mapeamento das estruturas geológicas, formas e processos de elaboração do relevo evoluiu

no Brasil ao longo do século XX. À medida que foi havendo o desenvolvimento das tecnologias de reconhecimento, estudo e mapeamento, os resultados das expedições de levantamento de informações em campo e por sensoriamento remoto foram sendo organizados e sistematizados, viabilizando a confecção de mapas-síntese cada vez melhores.

Optamos por apresentar nesta aula apenas os mapeamentos geomorfológicos que costumam ser encontrados em manuais didáticos de Geografia do Ensino Básico (Fundamental e Médio). Sempre muito simplificados e em escalas cartográficas muito pequenas, tais mapas constituem uma forma de dar aos alunos uma ideia (muito superficial) de como se pode distinguir grandes unidades de relevo no país, com base em critérios específicos. Cabe ao professor mostrar que critérios foram estes e como tais mapas podem contribuir para o melhor conhecimento do território brasileiro.

Classificação do relevo brasileiro, segundo Aroldo de Azevedo (1949)

Aroldo de Azevedo, geógrafo e professor da USP, elaborou um mapa-síntese do relevo brasileiro que foi amplamente divulgado no ensino de Geografia a partir da década de 1950 (**Figura 14.1**). Essa classificação foi muito importante na época, sendo lembrada até hoje por sua facilidade e seu poder de síntese.



Figura 14.1: Mapa do relevo do Brasil, segundo Aroldo de Azevedo (1949).

Fonte: www.ibge.gov.br

Seu trabalho se baseou no método empírico, tendo realizado dezenas de trabalhos de campo a fim de realizar observações diretas do relevo em diferentes pontos do Brasil. Tais informações, integradas a outras levantadas por seus antecessores, levaram a uma classificação que distinguia unidades de relevo conforme:

- *a altimetria do relevo*: o autor classificou as áreas acima de 200 metros de altura como planaltos, e as áreas abaixo dessa cota altimétrica como planícies; o critério altimétrico *não* diferenciava planaltos e planícies segundo processos predominantes, o que posteriormente gerou muitas críticas;
- *a toponímia regional*: dando nomes regionais às unidades de relevo (planaltos das *Guianas*, *Central*, *Atlântico*, *Meridional* e planícies *Amazônica*, *do Pantanal* e *Costeira*);
- *aspectos morfográficos e estrutura geológica*: identificando *chapadas sedimentares* na borda do Planalto Central; *serras*

cristalinas no Planalto Atlântico. No Planalto Meridional, o autor identificou duas subunidades: a *depressão periférica* (extensa faixa deprimida, de terrenos sedimentares, situada a oeste das serras cristalinas do Planalto Atlântico) e o *planalto arenito-basáltico* (caracterizado por cuevas arenito-basálticas com escarpas íngremes no contato com a depressão periférica e reverso suavemente inclinado a oeste), como ilustrado na **Figura 14.2**.

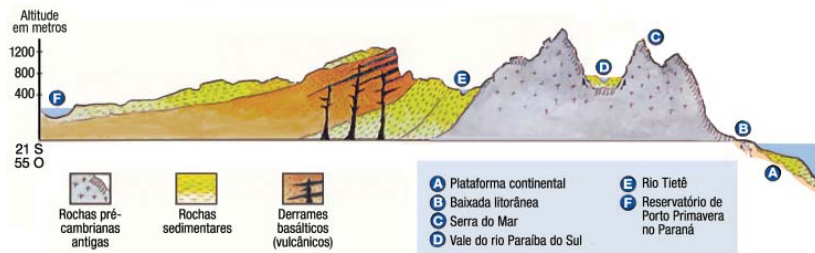


Figura 14.2: Perfil leste-oeste do relevo aproximadamente ao longo do meridiano 21° Sul, atravessando o estado de São Paulo até a fronteira com o Paraná. Observa-se o trecho de serras do Planalto Atlântico a leste do perfil, a depressão periférica (de substrato sedimentar) e as cuevas do planalto arenítico-basáltico, ambas no Planalto Meridional.

O excesso de generalização do mapa tornou-se aos poucos uma “faca de dois gumes”, pois a simplificação excessiva tornava o mapa pouco preciso. A obtenção de novos dados de campo, associados a novas metodologias de classificação, permitiram a elaboração de outros mapas nas décadas seguintes.



Atende aos Objetivos 1 e 2

1. Observando o mapa de classificação de unidades de relevo, de Aroldo de Azevedo, identificamos unidades geomorfológicas que se consagraram no ensino de Geografia do Brasil. Indique a alternativa incorreta sobre tais unidades de relevo, explicando, em seguida, qual o erro contido nesta.

- a) O Planalto Central brasileiro se caracteriza pela presença de chapadas sedimentares em suas bordas.
- b) O Planalto Meridional apresenta trechos deprimidos em sua borda leste e terrenos suavemente inclinados nas porções central e ocidental.
- c) O Planalto Atlântico possui trechos mais íngremes de substrato cristalino, denominados de “serras”, especialmente no litoral nordestino.
- d) As planícies consideradas, na época, apenas como áreas de topografia menor que 200 metros, se estendem pelo litoral, pela região amazônica e pelo Pantanal Mato-grossense.

Resposta Comentada

A afirmativa errada é a letra “c”, pois o trecho do Planalto Atlântico que apresenta as serras mais íngremes situa-se ao longo do litoral das regiões Sudeste e Sul do país.

Classificação do relevo brasileiro, segundo Aziz Ab'Sáber (1958)

Aziz Ab'Sáber, geógrafo e professor da USP, incorporou novas informações obtidas em levantamentos de campo e fotografias aéreas. Ab'Sáber também se baseou na altimetria, toponímia e em aspectos morfográficos na definição de unidades geomorfológicas, mas sua metodologia de classificação priorizou os seguintes critérios:

- *identificação de processos geomorfológicos predominantes*: o autor definiu como planaltos as áreas em que o processo de erosão supera o de sedimentação, e como planícies as áreas em que a sedimentação predomina sobre a erosão;
- *bases geológicas*: considerando a diferenciação dos terrenos sedimentares e terrenos do escudo cristalino brasileiro.

O mapa proposto por Ab'Sáber em 1958 (**Figura 14.3**) manteve algumas unidades do mapa proposto por Aroldo de Azevedo, mas introduziu duas importantes modificações:

- Diferenciou os planaltos em função das bases geológicas:
 - ▶ *Planaltos e serras sobre terrenos predominantemente cristalinos*: Planalto das Guianas, Planalto Central, Planalto Nordeste, Planaltos e Serras do Leste/Sudeste e Planalto Uruguaio-Rio Grandense.
 - ▶ *Planaltos sedimentares e sedimentares associados a rochas vulcânicas*: Planalto do Maranhão-Piauí (esculpido sobre rochas sedimentares soerguidas por epirogênese cenozoica) e Planalto Meridional (arenito-basáltico).
- Identificou a presença de “terras baixas” junto às planícies brasileiras:
 - ▶ As “terras baixas” (ou “tabuleiros”) foram identificadas como áreas de substrato sedimentar com topografia muito rebaixada, onde, apesar da baixa altitude, predominaria o processo erosivo.

As “terras baixas” (ou “baixos platôs”) amazônicas se confundiriam com as planícies às margens fluviais, tendo em vista a densa cobertura florestal na época. As “terras baixas” costeiras incluiriam terrenos sedimentares soerguidos dezenas de metros acima do nível do mar, configurando “tabuleiros costeiros” (típicos do litoral oriental brasileiro), cuja erosão produz as barreiras litorâneas (também chamadas de *falésias*). Apenas na Planície do Pantanal predominariam processos de sedimentação fluvial durante as enchentes, comuns na região no verão.



Figura 14.3: Mapa do relevo do Brasil, segundo Aziz Ab'Sáber.

Fonte: AB'SÁBER, A. "O relevo brasileiro e seus problemas" In: AZEVEDO, Aroldo (Org.). *Brasil, a terra e o homem*. São Paulo: Cia. Ed.Nacional, 1964.

Na verdade, Ab'Sáber publicou mapas muito mais detalhados, com grande quantidade de subunidades e explicações pormenorizadas de diversas unidades de relevo. O mapa de relevo

do Brasil de Aziz Ab'Sáber foi simplificado, para a edição de livros escolares (**Figura 14.4**), onde se percebe uma simplificação em relação ao mapa original. Tal simplificação exigia que, no mínimo, o mapa fosse interpretado em associação com o mapa de estruturas geológicas do Brasil.



Figura 14.4: Mapa do relevo do Brasil, segundo Aziz Ab'Sáber; adaptado para uso escolar.

Fonte: MOREIRA, J. C.; SENE, E. de. *Geografia geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização* – Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 2005.

Devido à crescente influência da geomorfologia climática nas décadas de 1950 e 1960, Ab'Sáber se preocupou em produzir um outro mapa de síntese, definindo seis grandes *domínios morfoclimáticos* no Brasil (**Figura 14.5**), resultantes da combinação de fatos geomórficos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e fitogeográficos. O autor se preocupou em esclarecer que tais domínios resultariam não só dos processos climáticos atuais, mas também dos efeitos acumulados ao longo de uma série de flutuações climáticas pretéritas.

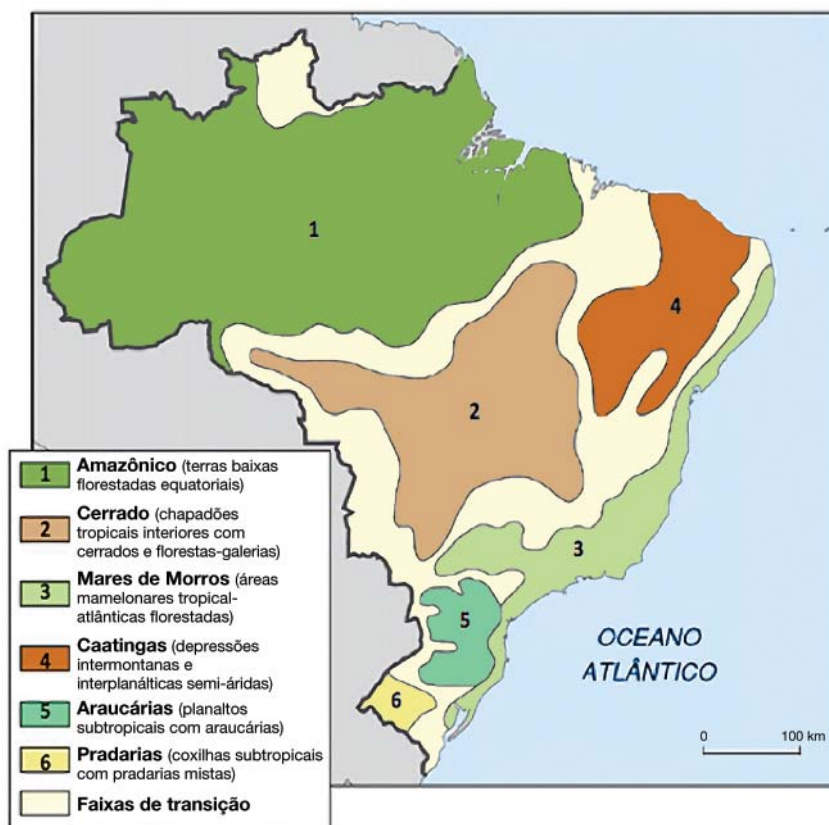


Figura 14.5: Mapa de domínios morfoclimáticos brasileiros.

Fonte: AB'SÁBER, A. "Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil".

In: *Revista Orientação*, IGEO/USP, 3: 45-48, 1967.

Os seis domínios (e as faixas de transição) identificados por Ab'Sáber foram definidos como unidades paisagísticas caracterizadas por vegetação e feições morfoclimáticas de grande extensão e generalidade, descritos a seguir:

- *Domínio amazônico*: situado na região Norte do Brasil, é formado, em sua maior parte, por terras baixas recobertas por densa floresta submetida ao clima equatorial; rios perenes com grande volume de água, às margens dos quais predominam processos de sedimentação fluvial; grandes extensões de baixos platôs sedimentares, elevados poucos metros acima do nível das planícies e constituindo "terras firmes", onde a dissecação erosiva se intensifica, caso haja a retirada da vegetação florestal.

- *Domínio dos cerrados*: localizado na porção central do território brasileiro, submetido ao clima tropical típico, continental ou semiúmido, caracterizado por uma estação seca e outra chuvosa; predomínio de grandes planaltos sedimentares tabulares (chapadões) com a vegetação predominante do cerrado e florestas-galerias (matas ciliares) contínuas ao longo dos rios.
- *Domínio dos mares de morros*: situado na zona costeira atlântica brasileira, com climas tropicais úmidos variados de norte a sul e originalmente recobertos por floresta tropical úmida (a atualmente quase extinta Mata Atlântica); predomínio do relevo de “mares de morros” (extensas superfícies de morros policonvexos) profundamente intemperizados e arredondados, entremeados de vastas superfícies de aplainamento constituídas de sedimentos acumulados ao longo de diversas fases paleoclimáticas; no contato com as planícies costeiras do litoral sul e sudeste, as bordas das superfícies planálticas apresentam grande desnivelamento, caracterizadas pela presença de escarpas íngremes (“serras”).
- *Domínio das caatingas*: localiza-se no Nordeste brasileiro, sob clima tropical semiárido, onde as precipitações são reduzidas, irregulares e mal distribuídas; predomínio de caatingas, vegetação formada basicamente por plantas **xerófilas**; extenso aplainamento erosivo, constituindo vastas depressões interplanálticas onde afloram eventualmente rochas cristalinas e/ou magmáticas, que formam morros isolados (“inselbergs”); rios intermitentes.
- *Domínio das araucárias*: situado no Sul do país, com predomínio de clima subtropical úmido, originariamente recoberto por araucárias (“pinheiros do Paraná”); planaltos suavemente inclinados para oeste, configurando extensas cuevas escarpadas a leste no contato com depressões topográficas alongadas de norte a sul (situadas entre as cuevas e as serras cristalinas litorâneas).
- *Domínio das pradarias*: situado no extremo sul do país (RS), com clima subtropical a temperado úmido e semiúmido, onde ainda prevalece a vegetação de pradarias, conhecida como pampa,

Xerófila

Planta adaptada a clima seco ou semiárido.

caracterizada pelo predomínio de gramíneas; relevo aplainado, suavemente ondulado (também conhecido como de domínio das coxilhas).

- *Faixas de transição*: entre os seis principais domínios, há uma infinidade de feições mistas peculiares, resultantes da combinação de aspectos ecológicos e fisiográficos variados.



Fonte: <http://www.casacivil.sp.gov.br/biblioteca-ccivil/noticias/MostraNoti.asp?par=314>

Ab'Sáber destacou que, dentro de cada um dos domínios morfoclimáticos por ele definidos, há “enclaves exóticos”, caracterizados por formações vegetais ou de relevo relacionadas a outros domínios paisagísticos. Sua explicação para o fato é que tais

formações são “reliquias” remanescentes de paleoclimas que constituem um registro de que, ao longo do período Quaternário, outros climas levariam a uma distribuição distinta de formas vegetais e processos geomorfológicos. Essas ideias levaram à elaboração da Teoria dos Refúgios, áreas em que as paisagens refletiriam ainda as condições morfoclimáticas e de vegetação de períodos passados.

A presença de várias manchas de cerrados na Amazônia representariam, portanto, um resto (reliquia) da vegetação que predominou regionalmente em períodos de climas mais secos na Amazônia no passado.

Da mesma forma, a presença de vegetação xerófila em vários pontos do litoral sudeste brasileiro provariam que, no passado, climas mais frios e secos explicariam uma mancha de caatinga muito maior, tendo sido posteriormente substituída por vegetação florestal à medida que o clima tornou-se mais quente e úmido.

As propostas de classificação de unidades geomorfológicas e de domínios morfoclimáticos de Aziz Ab’Sáber consagraram-se como as de maior aceitação no Ensino Fundamental e Médio no Brasil até o fim da década de 1990. Como o próprio autor sugeriu em seus numerosos trabalhos, outras pesquisas foram feitas, e novas técnicas permitiram o avanço dos conhecimentos sobre o relevo do país, o que levou à publicação de novos mapas, cada vez mais detalhados e precisos.



Atende aos Objetivos 1 e 2

2. Os mapas de classificação de unidades de relevo de Aroldo de Azevedo e Aziz Ab'Sáber possuem importantes semelhanças, sendo que o segundo incluiu importantes informações relativas às bases geológicas brasileiras e aos processos geomorfológicos predominantes no país. Considerando essa diferenciação, avalie a importância da mudança da classificação do relevo na Amazônia, especialmente no que concerne ao predomínio dos processos geomorfológicos.

Obs.: Procure informações adicionais no mapa e na definição dos domínios morfoclimáticos, também definidos por Aziz Ab'Sáber.

Resposta Comentada

Ao incluir as “terras baixas” no relevo amazônico, Ab'Sáber ressaltou a importância dos processos erosivos em terrenos que aparentemente não inspiravam preocupações, por serem muito rebaixados. Tais terrenos, quando desprovidos de vegetação e submetidos a chuvas intensas e regulares típicas da região equatorial, sofrem erosão acentuada, com avanço de ravinas e voçorocas de grandes dimensões, capazes de destruir o pavimento de rodovias e avançar sobre áreas urbanas edificadas sobre os baixos platôs amazônicos.

Classificações do relevo brasileiro a partir dos levantamentos do Radambrasil

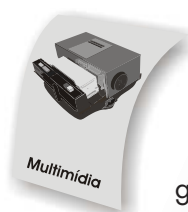
Ao longo da década de 1970 e início da de 1980, o governo federal brasileiro investiu na realização de um imenso levantamento de informações sobre as bases físicas do território brasileiro a partir de imagens aéreas captadas por avião – o *Projeto Radambrasil*. As imagens foram obtidas por radar em sobrevoos que percorreram todo o país, obtendo informações da superfície, mesmo que esta estivesse recoberta por nuvens ou florestas.

Tais dados, associados aos obtidos em centenas de trabalhos de campo em todo o país, foram integrados e interpretados pela equipe do Projeto Radambrasil, que sistematizou um grande conjunto de mapas e textos analíticos sobre geologia, geomorfologia, hidrologia, pedologia, vegetação e potencial de uso dos recursos naturais.

Classificações de unidades de relevo segundo o IBGE

Com base nos mapas e textos sobre as bases físicas do Brasil, especialistas do IBGE realizaram novos mapas de síntese das unidades de relevo, propondo classificações de relevo com base em critérios morfológicos (similaridade de formas de relevo), morfoestruturais (informações geológicas) e morfoclimáticas (com base em processos geomorfológicos determinados por climas atuais e pretéritos). Dezenas de mapas foram produzidos em escala 1:250.000 e 1:1.000.000, recobrando todo o país.

A partir de meados dos anos 1990, o IBGE procurou publicar mapas de unidades de relevo brasileiro em escalas ainda mais reduzidas (1:25.000.000 ou menos), a fim de incluir versões mais simplificadas nos atlas escolares. Nos mapas mais simplificados, muitas subunidades de relevo eram grupadas em classes mais genéricas e abrangentes. Ainda assim, os mapas do IBGE eram muito mais detalhados e cheios de informações que os produzidos anteriormente.



A última versão do mapa de relevo do Brasil produzida pelo IBGE apresenta 39 unidades geomorfológicas, com altimetria e fisionomia semelhantes, o que foi explicado por fatores paleo-climáticos e condicionantes geológicos. As unidades foram grupadas em compartimentos identificados como *planícies*, *tabuleiros*, *depressões*, *chapadas*, *patamares*, *planaltos* e *serras*, podendo ser obtida pela internet no seguinte endereço eletrônico:
http://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_unidades%20de%20relevo.pdf

Apesar do avanço metodológico e teórico que os mapas do IBGE representam, eles pouco foram incorporados em publicações de livros didáticos, permanecendo pouco utilizados no ensino escolar de Geografia.

O detalhamento das unidades e os novos compartimentos de relevo sugeridos traziam uma riqueza de detalhes que permaneceu muito acima do conhecimento escolar. Apesar de ser uma publicação voltada para o ensino básico, o atlas escolar do IBGE possui mapas que devem ser interpretados com a ajuda de um especialista no tema cartografado, exigindo, portanto, que os professores de Geografia façam a transposição didática, para que os mapas possam ser melhor compreendidos.

Classificações de unidades de relevo segundo Jurandyr Ross (1985)

Jurandyr Ross, geógrafo, participou ativamente como pesquisador dos levantamentos feitos pelo Projeto Radambrasil, tornando-se professor do Departamento de Geografia da USP em

1983. Ross organizou a produção de um livro intitulado *Geografia do Brasil* (EdUSP, 1996) com o objetivo de levar informações atualizadas sobre diversos temas para professores e alunos do Ensino Médio.

A linguagem usada no livro foi pensada para alcançar a transposição de informações científicas para o nível cognitivo e de linguagens do Ensino Médio, simplificando a explicação de determinados temas, que exigiam uma atualização não só de informações geográficas, mas também quanto ao modo como tais conteúdos eram estudados e interpretados.

No que se refere à definição de unidades de relevo do Brasil, Jurandyr Ross já havia publicado, desde 1985, um mapa que acrescentava muitas informações ao mapa proposto por Aziz Ab'Sáber cerca de 30 anos antes (mas que permanecia sendo publicado em livros didáticos).

A preocupação de Ross era incluir informações atualizadas obtidas no Radambrasil, com o cuidado de não torná-lo excessivamente detalhado como os mapas produzidos pelo IBGE. No entanto, durante alguns anos, houve certa resistência dos autores de livros didáticos de Geografia em adotar o mapa proposto por Jurandyr Ross, considerado complexo e detalhado demais em comparação com o mapa de Ab'Sáber.

A contribuição de Jurandyr Ross em seu mapa foi inserir informações *morfoestruturais* (estruturas geológicas), *morfoclimáticas* e *morfoesculturais* (processos predominantes, influenciados por climas atuais e passados) na identificação de 28 unidades de relevo no Brasil (**Figura 14.6**). Tais unidades foram grupadas conforme os seguintes *táxons* (níveis de hierarquia):

- 1º *táxon*: grandes unidades geomorfológicas (planaltos, depressões e planícies);
- 2º *táxon*: estrutura geológica (bacias sedimentares, intrusões e coberturas residuais de plataforma, cinturões orogênicos e núcleos cristalinos arqueados);
- 3º *táxon*: localização geográfica (toponímia local ou regional).



Figura 14.6: As grandes unidades do relevo brasileiro.

Fonte: http://www.profjopa.com/index.php?pagina=1748394540_01

Os *planaltos*, segundo a classificação de Jurandyr Ross, cobrem a maior parte do território e estão atualmente submetidos predominantemente ao processo de erosão. Os planaltos podem ser constituídos de terrenos *cristalinos* (com rochas magmáticas e metamórficas) ou *sedimentares*. No Brasil, existem 11 planaltos divididos nos quatro grupos, a seguir:

- *planaltos em bacias sedimentares*: constituídos por rochas sedimentares muito antigas, estando em geral circundados por depressões. É comum a ocorrência de tabuleiros (morros com topos planos), chapadas e cuestras (respectivamente no centro e nas bordas das bacias sedimentares);
- *planaltos em intrusões e coberturas residuais de plataforma*: formados por coberturas sedimentares antigas (da era Pré-cambriana), sendo, em grande parte, recobertas por terrenos sedimentares residuais, pontilhadas por algumas serras e morros cristalinos. É o caso do antigo “Planalto das Guianas”, agora

classificado como “Planaltos Residuais Norte-amazônicos” – no qual se destacam alguns dos pontos culminantes do país;

- *planaltos em núcleos cristalinos arqueados*: correspondem a grandes áreas do escudo cristalino, que afloram à superfície por terem sido soerguidos em antigos movimentos tectônicos, estando profundamente desgastados pela erosão superficial e apresentando forma ligeiramente arredondada;
- *planaltos dos cinturões orogênicos*: originados pela erosão sobre dobramentos ocorridos no território brasileiro durante eras geológicas muito antigas (Pré-cambriano e Paleozoico), e que já perderam quase todas as suas características originais, o que inclui as rochas, atualmente muito metamorfizadas. Surgem aí algumas serras, remanescentes de orogêneses muito antigas.

Jurandyr Ross destacou as *depressões* do relevo brasileiro, compartimentos rebaixados onde a erosão é o processo predominante. As depressões já apareciam nos mapeamentos anteriores, mas sem o mesmo destaque. Trata-se de formas de relevo com altitudes mais baixas do que as existentes ao redor, resultando da erosão dos planaltos sedimentares no contato com os planaltos cristalinos e serras.

As depressões não foram diferenciadas quanto à estrutura geológica, pois frequentemente se caracterizam pelo contato dessas estruturas distintas. As 11 depressões identificadas por Ross foram definidas pelo processo de erosão diferencial que as esculpiu e pela localização relativa, tendo sido grupadas em:

- *depressões marginais*: margeiam as bordas de bacias sedimentares, mas encontram-se esculpidas em estruturas cristalinas (depressões marginais Norte e Sul-amazônica);
- *depressões interplanálticas*: localizadas em áreas mais baixas em relação aos planaltos que as circundam (depressões do Araguaia-Tocantins, Cuiabana, Alto Paraguai-Guaporé, Miranda, Sertaneja-São Franciscana e do Tocantins);

- *depressões periféricas*: localizadas nas regiões de contato entre estruturas sedimentares e cristalinas, em geral na borda de bacias sedimentares (na borda leste da Bacia do Paraná e Sul-rio-grandense).

As morfologias que se desenvolveram nas depressões brasileiras são frequentemente caracterizadas pela presença de chapadas com seus topos horizontais e declividade acentuada nas bordas.

No Nordeste, a Depressão Sertaneja e do rio São Francisco sofreram transgressões marinhas, o que contribuiu para a presença de fósseis de répteis gigantescos na Chapada do Araripe e em jazidas de sal-gema (cloreto de sódio encontrado no subsolo). No Sul e Sudeste do Brasil, as depressões separam os terrenos do Planalto Cristalino (continuação da Serra do Leste-Sudeste) dos terrenos arenito-basálticos do planalto (sedimentar) da Bacia do Paraná, onde se destaca uma linha de “cuestas”, produto de erosão diferencial sobre camadas de rochas de resistências diferentes.

Ross identificou como *planícies* as áreas onde predomina a acumulação sedimentar recente, datadas do Período Quaternário. As planícies foram divididas em dois grupos:

- *planícies continentais*: situadas no interior do país, são formadas pela sedimentação fluvial nas áreas afetadas pelas inundações dos rios. A Planície Amazônica teve sua extensão muito reduzida, o que destaca a importância dos processos erosivos nas áreas antigamente chamadas, por Aziz Ab’Sáber, de “terras baixas” e “baixos-platôs” amazônicos.
- *planícies costeiras*: encontradas no litoral, como as planícies e os tabuleiros litorâneos e as planícies das lagoas dos Patos e Mirim.

Trabalhar com o mapa de unidades geomorfológicas de Jurandyr Ross no Ensino Básico de Geografia permite ao professor trabalhar com seus alunos a interpretação de informações e a análise de uma combinação mais complexa de fatores. A proposta de Jurandyr Ross foi produzir um mapa que desse a ideia de que as formas de relevo são resultado da interação entre estrutura geológica, processos de esculturação do relevo e dinâmica atual.

É importante que o professor não exija que o aluno memorize a localização das 28 unidades, mas procure relacionar as informações sobre o relevo às formas de apropriação e uso do solo, buscando um entendimento mais aprofundado das relações entre sociedade e natureza em nosso país.



Atende ao Objetivo 3

3. Ao analisar o mapa de relevo de Jurandyr Ross, deve-se ter em mente que a definição de classes de hierarquia geomorfológica (*táxons*) obedece a critérios de topografia relativa e de localização espacial, que podem ser deduzidas a partir da consulta à legenda. Sendo assim, observe os perfis de relevo a seguir e trace no mapa de unidades de relevo de Jurandyr Ross a localização aproximada dos eixos A-B, C-D e E-F.



NORTE Esse perfil (noroeste-sudeste), com cerca de 2 mil quilômetros, vai das altas serras de Roraima até Mato Grosso. Mostra as faixas de planícies às margens do rio Amazonas, a partir das quais vêm extensões de terras mais altas: planaltos e planícies



NORDESTE Com quase 1,5 mil quilômetros, esse perfil vai do Maranhão a Pernambuco. É um retrato fiel do relevo da região, com destaque para os dois planaltos (o da bacia do Parnaíba e o da Borborema) cercando a Depressão Sertaneja (ex-Planalto Nordeste)



CENTRO-OESTE E SUDESTE Esse corte, de cerca de 1,5 mil quilômetros, vai de Mato Grosso do Sul ao litoral paulista. Além da planície do Pantanal, pode-se ver a bacia do Paraná, formada por rios de planalto, que abriga as maiores hidrelétricas do país

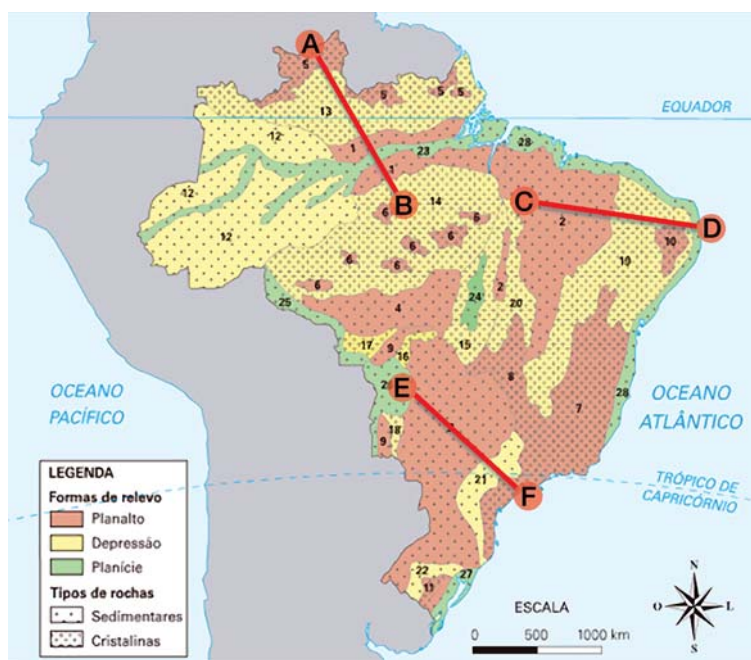


Fonte: http://www.profjopa.com/index.php?pagina=1748394540_01

Resposta Comentada

Para traçar os perfis, procure localizar as unidades de relevo na legenda, que vem ao lado do mapa; em seguida, ligue os pontos e observe o aspecto em perfil das unidades distribuídas no mapa de Jurandyr Ross. É importante levar os alunos a interpretar os desnivelamentos apresentados nos perfis topográficos e relacionar essas informações às unidades de mapeamento, descritas pela legenda do mapa.

Trata-se de um estímulo à análise do mapa através da legenda, exercício simples de transposição de informações de uma figura para outra.



Fonte: http://www.profjopa.com/index.php?pagina=1748394540_01

Outros exemplos de classificação geomorfológica

Nesta aula e na anterior, vimos diferentes mapas de unidades do relevo brasileiro, feitos com metodologias e objetivos distintos. Há muitos outros mapas geomorfológicos, tanto em escalas de maior detalhe (como mapas geomorfológicos de municípios ou de estados) ou muito mais abrangentes (como os de unidades morfoestruturais continentais). Mesmo quando a escala é a mesma, é possível distinguir unidades de relevo distintas, em função dos critérios de mapeamento e metodologias de agrupamento utilizadas. Veja, no exemplo, dois mapas geomorfológicos do estado do Rio de Janeiro, apresentados em 2002 por Telma Mendes da Silva.

A autora identificou unidades de relevo a partir de feições morfológicas em cartas topográficas 1:50.000, utilizando a *compartimentação topográfica*, metodologia que consiste no cálculo da amplitude altimétrica de bacias de drenagem de primeira e segunda ordem até sua confluência com a rede coletora (**Figura 14.7**).

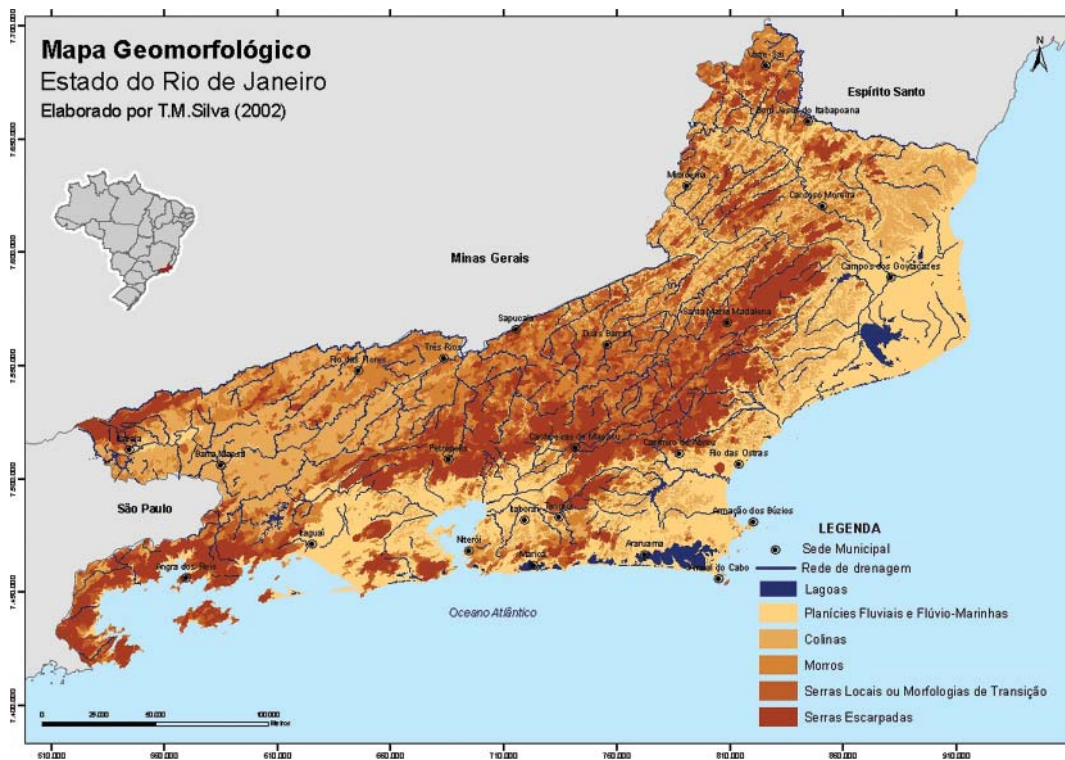


Figura 14.7: Mapa geomorfológico do estado do Rio de Janeiro.

Fonte: SILVA, T. M. A estruturação geomorfologia do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. 265p. (Tese de Doutorado, Depto. Geografia – IGEO/UFRJ).

Através da técnica de compartimentação topográfica, é possível perceber o *encaixamento fluvial* ou *entalhamento erosivo das encostas*, o que permite mapear colinas, morros e serras. Para a delimitação das planícies fluviais e flúvio-marinhas, a autora considerou a ruptura de declive entre as encostas e as áreas de baixo declive. Posteriormente, as unidades geomorfológicas identificadas foram agrupadas segundo as principais estruturas geológicas

(domínios morfoestruturais), e os táxons seguintes referem-se à delimitação das regiões e às unidades de relevo (**Figura 14.8**).

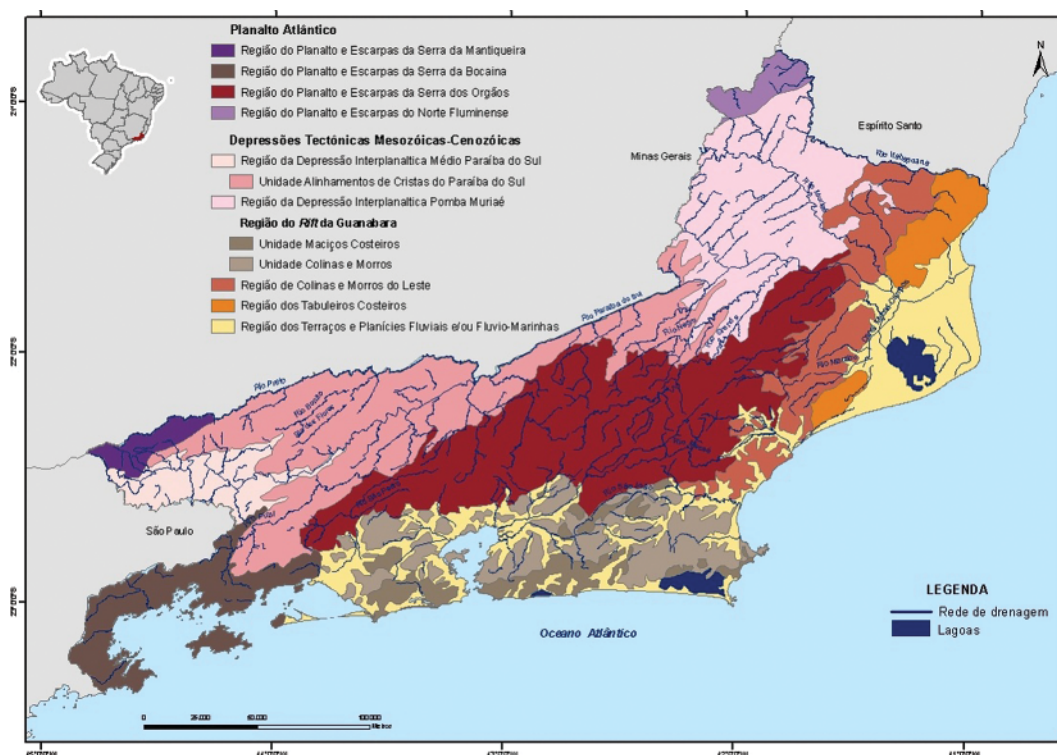


Figura 14.8: Domínios morfoestruturais do estado do Rio de Janeiro.

Fonte: <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.2/025/025.htm>

Você vai observar que os mapas são diferentes, tendo em vista o uso de diferentes critérios de mapeamento e, depois, de metodologia de grupamento das unidades geomorfológicas. Mas ambos apresentam um grande número de unidades de relevo num nível de detalhamento inviável para mapas de escala nacional, como os feitos para todo o Brasil e utilizados no ensino escolar de Geografia.

CONCLUSÃO

Nesta aula, procuramos contribuir para a melhor compreensão dos mapas de relevo brasileiro que são mais utilizados no ensino de Geografia escolar. Frequentemente, esses mapas são usados como instrumentos de memorização, o que não faz nenhum sentido diante das novas exigências e sugestões curriculares do Ensino Básico no país.

Saber diferenciar os mapas de classificação de relevo em associação ao contexto histórico e técnico em que foram produzidos, bem como segundo métodos de classificação distintos, desperta nos alunos o reconhecimento da importância da definição de critérios de agrupamento e da incorporação de informações obtidas por novas tecnologias.

Cabe destacar a importância de selecionar informações produzidas no nível da pesquisa científica e tratá-las adequadamente em relação ao nível cognitivo dos alunos e aos objetivos do ensino de Geografia nos níveis Fundamental e Médio. Isso requer certo nível de simplificação e generalização significativa, mas que não possam comprometer de todo o acervo de informações disponíveis e que possam ser analisadas desde os primeiros anos escolares.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Os mapas de unidades de relevo, domínios morfoclimáticos e unidades morfoesculturais produzidos por Aroldo de Azevedo, Aziz Ab'Sáber e Jurandyr Ross apresentaram graus diferentes de simplificação e generalização do quadro geomorfológico brasileiro. Avalie as afirmativas a seguir e assinale com V as frases verdadeiras e com F as falsas, em relação às propostas dos autores mencionados.

- a) () Aroldo de Azevedo apresentou sua proposta de classificação de relevo num momento histórico em que era inviável realizar trabalhos de campo e análise de imagens aéreas do território brasileiro.
- b) () Aziz Ab'Sáber produziu mapas de classificação de relevo bem mais complexos do que os que usualmente eram apresentados em livros didáticos, incluindo dados geológicos e unidades de relevo mais detalhados, que foram parcialmente suprimidos, a fim de facilitar a transposição didática de informações sobre o relevo brasileiro.
- c) () As unidades geomorfológicas identificadas por Jurandyr Ross são idênticas às propostas pelo IBGE, tendo ambos os mapeamentos agrupado as unidades de relevo em seis grandes domínios morfoestruturais.
- d) () Apesar de o mapeamento de Jurandyr Ross ter sido criticado como excessivamente complexo em comparação com os mapeamentos de relevo tradicionalmente usados no Ensino Básico até a década de 1990, ele é atualmente o mais aceito e divulgado na Geografia escolar, por apresentar informações relevantes quanto à fisiografia, às características geológicas e à dinâmica morfológica atual do relevo brasileiro.

Resposta Comentada

- a) F, pois Aroldo de Azevedo teve acesso a centenas de relatos de campo realizados anteriormente e por ele próprio sobre diferentes regiões do país.
- b) V, conforme pode-se observar na comparação das **Figuras 14.3 e 14.4**.
- c) F, pois Ross estabeleceu três grupos de feições morfoesculturais, resultantes da combinação de informações geológicas e relativas a processos geomórficos pretéritos e atuais. Os mapeamentos mais recentes do IBGE identificam, pelo menos, seis domínios morfoestruturais.

d) V, pois a proposta de classificação de relevo de Jurandyr Ross consagrou-se como a que melhor alcança a divulgação de informações num nível de complexidade nem tão alto que os alunos da escola básica não alcancem, nem tão baixo que suprima informações importantes sobre o relevo brasileiro.

RESUMO

1. Os sistemas de classificação do relevo brasileiro possuem relação direta com o nível de informações obtido até o momento em que foram produzidos, bem como com critérios de mapeamento que variam de autor para autor.
2. Aroldo de Azevedo apresentou o primeiro mapa com maior aceitação na Geografia escolar brasileira, propondo unidades de relevo a partir de informações altimétricas, toponímia regional e algumas informações morfográficas e geológicas levantadas em trabalhos de campo.
3. Aziz Ab'Sáber introduziu a dinâmica geomorfológica predominante como critério de diferenciação de unidades de relevo, acrescentando ainda diferenciações de natureza geológica mais detalhada em seus mapeamentos de relevo.
4. Outra importante contribuição de Ab'Sáber foi a definição de domínios morfoclimáticos brasileiros, fruto da identificação de paisagens resultantes da integração de aspectos morfológicos do relevo e de vegetação, sendo esta resultante de dinâmicas climáticas presentes (e pretéritas, no caso das "reliquias" presentes em certos refúgios morfoclimáticos).

5. Jurandyr Ross apresentou uma proposta de classificação de unidades de relevo a partir da simplificação e generalização de mapas muito mais complexos e detalhados, produzidos pelo Projeto Radambrasil e pelo IBGE. O autor alcançou um nível de transposição didática que vem sendo considerado adequado por professores de Ensino Básico e autores de livros didáticos de Geografia.

Aula 15

Prevenção
de riscos de
desastres naturais,
planejamento
e recuperação
ambiental a partir
de mapeamentos
geomorfológicos

Anice Afonso

Telma Mendes da Silva

Metas da aula

Discutir a utilização dos mapeamentos geomorfológicos como subsídio em políticas de manejo e uso do solo, e como estes documentos podem servir para recuperação de áreas degradadas, planejamento ambiental e prevenção de riscos naturais.

Objetivos

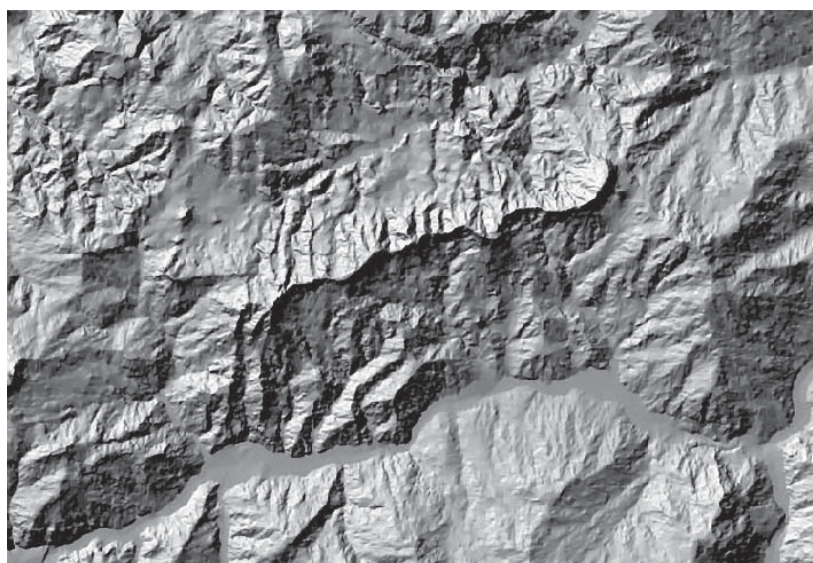
Esperamos que, ao final desta aula, você seja capaz de:

1. discutir as aplicabilidades de mapas geomorfológicos e os benefícios que podem produzir para sociedade;
2. exemplificar formas em que a cartografia geomorfológica possa auxiliar em políticas de planejamento e manejo de uso dos solos;
3. apresentar os conceitos de risco e vulnerabilidade, e como os mapas geomorfológicos podem auxiliar na prevenção de riscos naturais.

INTRODUÇÃO

Como vimos ao longo deste curso, a Geomorfologia é uma ciência complexa e dinâmica. Agora você já sabe que há muitas formas de fazer as análises espaciais que envolvem a compreensão dos fenômenos geomorfológicos – a partir de escalas diversas, metodologias distintas e critérios específicos de agrupamento das formas de relevo. Tais análises podem ser aplicadas de diversas maneiras: planejamento e gestão do uso do solo; levantamento de recursos naturais; recuperação de áreas degradadas; prevenção de riscos provocados por desastres naturais etc.

Atualmente, avanços tecnológicos nas áreas de cartografia, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) – genericamente conhecidos como geotecnologias – permitem a análise tridimensional da superfície do terreno, complementando a análise dos elementos das formas classificadas, apenas pelo reconhecimento bidimensional (pela visão em planta e em perfil do relevo, conforme vimos nas Aulas 5 e 6).



Maxo

Figura 15.1: Modelo de um relevo em um sistema de informação geográfica (SIG).

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dem.jpg>

Tais avanços foram sendo viabilizados a partir de recursos tecnológicos que garantem maior disponibilidade de imagens de satélite em diferentes escalas, *softwares* de interpretação de imagens e, ainda, pela possibilidade de validação das informações levantadas em campo pelo GPS (Sistema de Posicionamento Global ou Global Positioning System, em inglês).

As informações geradas pelas geotecnologias vêm superando o caráter antes mais descritivo dos mapeamentos geomorfológicos. Hoje tem sido possível representar com mais precisão tanto as feições morfológicas quanto a dinâmica dos processos evolutivos da paisagem, dando base à compreensão de fatores e processos ligados a transformações futuras da superfície terrestre.

Deste modo, cada vez mais, os mapas geomorfológicos – em suas diferentes escalas e com seus diferentes objetivos – representam uma ferramenta que sintetiza a distribuição espacial de feições de relevo e suas dinâmicas físico-ambientais. O reconhecimento das características geomorfológicas, das tendências dinâmicas e de evolução das formas de relevo, permite identificar fatores favoráveis ou desfavoráveis à ocupação, limitações e possibilidades de uso dos solos, susceptibilidade potencial a situações de vulnerabilidade e risco ambiental, sendo, portanto, essencial para a definição das áreas de preservação, de uso restrito e de ocupação urbano-industrial.

Geomorfologia a serviço da sociedade

O mapeamento geomorfológico identifica tipos de modelados que refletem características dos sistemas morfogenéticos, ou seja, a gênese ou a história evolutiva de cada um destes modelados, importante variável em estudos de planejamento regional. Veja alguns exemplos de aplicação da cartografia geomorfológica para a sociedade:

- a) reconstruir a evolução da paisagem a partir de fatores e processos de sua origem e transformação. Tais informações permitem uma melhor compreensão das relações espaciais, sintetizadas através dos compartimentos e/ou de unidades geomorfológicas (Aulas 13 e 14), fornecendo uma ideia da dinâmica do relevo;
- b) verificar a influência do clima na modelagem do relevo terrestre, identificando formas e processos geomorfológicos típicos de determinados regimes climáticos;
- c) embasar propostas de regionalização, já que os aspectos geomorfológicos são fundamentais para reconhecimento de diferenciações físico-ambientais que permitem uma regionalização a partir de critérios físico-ambientais;
- d) realizar estudos comparativos, analisando as relações entre os vários tipos de relevo e suas relações com diferentes estruturas geológicas e condições climáticas;
- e) subsidiar a gestão ambiental e o ordenamento do território;
- f) fornecer informações referentes à *suscetibilidade* e *vulnerabilidade* ambiental, bem como à potencialidade do uso da paisagem geomorfológica;
- g) contribuir para a solução de problemas concretos como: propor sistemas de drenagem pluvial e de recomposição vegetal de encostas, definir a estabilidade de vertentes, redução de impactos de obras de engenharia (como corte de taludes, aterros, dragagem, construção de barragens ou de estradas) etc.

Assim, os mapas geomorfológicos são documentos que tanto podem auxiliar na compreensão da vulnerabilidade do relevo como na sugestão de planos de ação para construção e manutenção de obras (represas, estradas, imóveis etc.).

Os mapeamentos geomorfológicos podem, portanto, auxiliar na adoção de medidas apropriadas para atenuar possíveis impactos da ação humana sobre o relevo, bem como para maximizar os benefícios do uso adequado dos recursos naturais.

Como exemplo de aplicação de informações geomorfológicas, tem havido uma crescente conscientização de que a gestão de recursos hídricos deve ser feita com base na delimitação de bacias hidrográficas, utilizando-se os topos das elevações (interflúvios ou linhas de cumeadas) na delimitação de unidades de gestão territorial, evitando-se a transposição de sistemas hidrográficos ou contabilizando os impactos decorrentes de tais ações. A geomorfologia também deve ser levada em consideração a fim de que se evite construir estradas tanto em planícies de inundação como em terraços fluviais, devido à fragilidade ambiental destes ambientes (**Figura 15.2**).

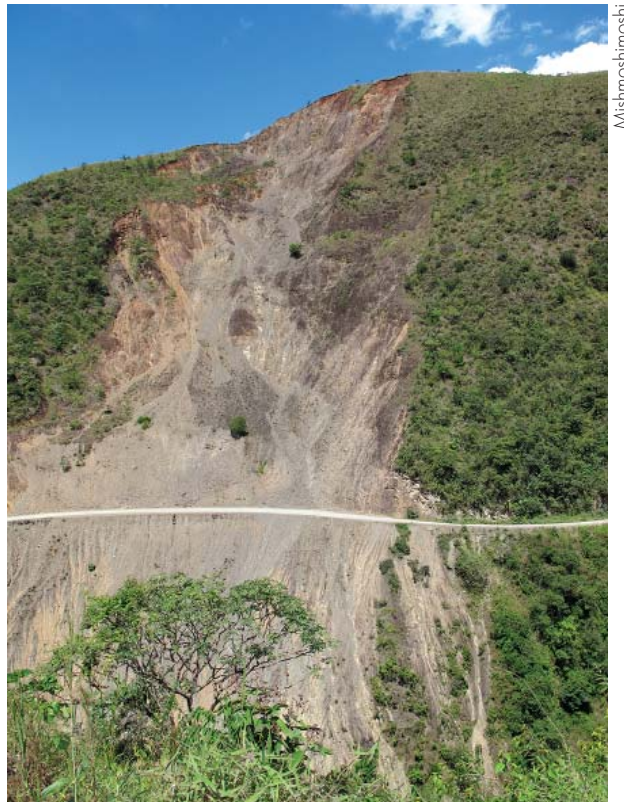


Figura 15.2: Exemplo de estrada construída no segmento médio da vertente de vale sem a implantação de estruturas de contenção de encostas ou cobertura vegetal de taludes, resultando no impacto negativo, consequência do corte indevido – Estrada da Morte – Bolívia.

Fonte: <http://www.flickr.com/photos/mishmoshimoshi/7098974909/>

Os mapas geomorfológicos contribuem na identificação de áreas com potencial para atividades econômicas como a navegação (marítima ou fluvial), instalações portuárias, instalação de projetos energéticos (hidrelétricas, usinas geotérmicas etc.), turismo etc. A geomorfologia pode contribuir para a localização de jazidas minerais, através de associações de feições morfológicas com possíveis ocorrências de minérios. Pode ser incluída nesse caso, a localização de grandes depósitos de areias, seixos e argilas, transportadas pela ação fluvial (como é o caso de planícies de inundação e terraços fluviais), que podem ser utilizadas, por exemplo, nas indústrias de construção civil.

A **Figura 15.3** é um exemplo do mapeamento geomorfológico das bacias fluviais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e, no detalhe da bacia do rio Guandu, são mostradas as áreas de planície fluvial que em grande parte já são utilizadas para extração de areia e onde ainda há áreas disponíveis para futura exploração, desde que haja o tratamento adequado de uso e extração deste recurso natural.

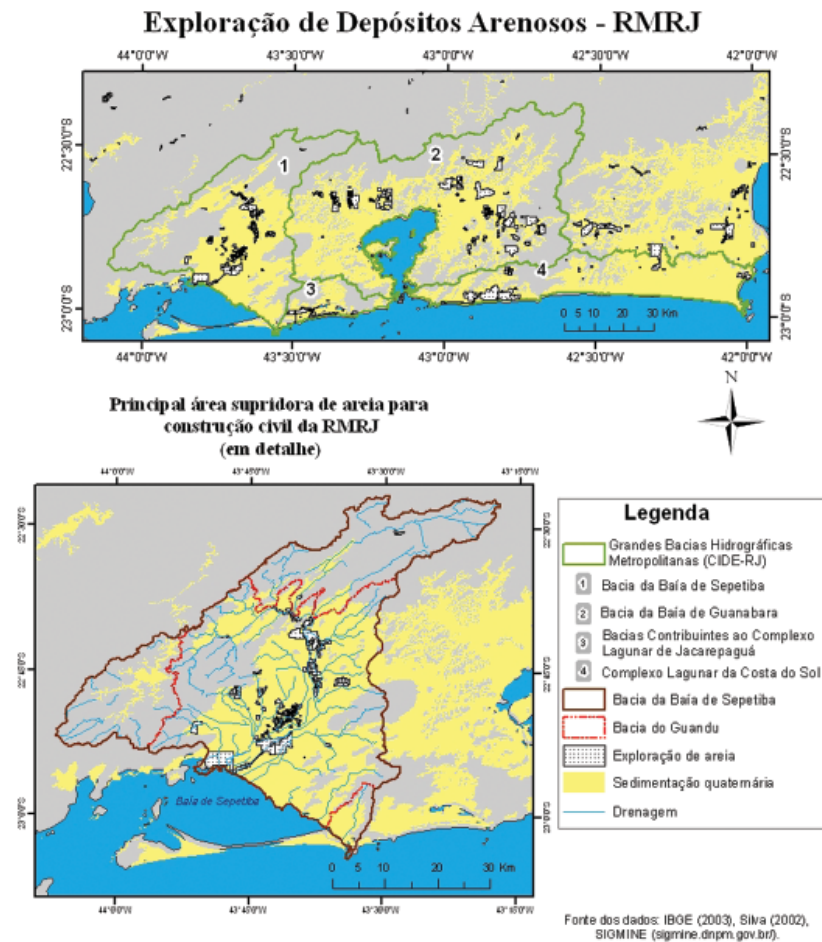


Figura 15.3: Mapas com as áreas de planícies fluviais em amarelo. No primeiro mapa, localização das bacias fluviais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro com a delimitação da área de planície fluvial e/ou flúvio-marinha em que ocorre a exploração de areia (manchas pretas). O segundo mapa apresenta em detalhe a bacia do rio Guandu, onde há o maior número de áreas de exploração de tais depósitos.

Fonte: SILVA, Simone Lisboa dos Santos. *Extração de areia na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – distribuição espacial e parâmetros de análise na indicação de áreas produtoras*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010, 115 f.

Os mapeamentos e dados geomorfológicos são fundamentais para a identificação de locais favoráveis à implantação de açudes, represas hidrelétricas e barramentos para captação de água. Nestes casos, é importante identificar áreas que não tenham tido registros significativos de perturbações tectônicas ou não apresentem substrato com resistências litológicas diferenciadas, ou com a presença de

extensas planícies de inundação. Áreas que tenham uma ou algumas destas características não apresentam condições favoráveis para a construção de barragens, pois seriam terrenos muito instáveis para sustentar peso muito elevado sobre o terreno ou por correrem o risco de perda de água por infiltração nos terrenos arenosos.

Planejamento, controle e recuperação ambiental

A utilização dos mapas geomorfológicos pode fornecer uma base para a avaliação do terreno, sendo um documento apropriado para o planejamento, manejo e uso dos solos, principalmente para aqueles que tratem de questões ambientais.

Estes documentos devem fornecer e buscar uma visão completa do relevo, procurando reconstituir seu passado e possibilitar o prognóstico das tendências de desenvolvimento futuro, e devem ser resultantes de um rigoroso controle de campo para subsidiar políticas de planejamento e manejo ambiental.

Pela **Tabela 15.1** podemos observar alguns exemplos da aplicação de mapas geomorfológicos, segundo algumas categorias de uso do solo. Por esta tabela, observa-se a discriminação de que forma em cada categoria de uso o mapeamento geomorfológico pode auxiliar no planejamento, com objetivos voltados ao controle, preservação e recuperação ambiental.

Diante da importância dos estudos ambientais e da necessidade de serem feitos os Estudos e Relatórios de Impactos Ambientais (EIAs/RIMAs), a geomorfologia torna-se um ramo científico dos mais importantes no planejamento ambiental. Na gestão do território, seu arcabouço teórico-metodológico torna-se referência para o planejamento das atividades humanas, ditas econômicas, e de uso e ocupação do solo.

Tabela 15.1: Algumas aplicações do mapeamento geomorfológico no planejamento e desenvolvimento econômico.

Categoria de uso	Exemplos de aplicações do mapeamento geomorfológico
Uso da terra	Planejamento e conservação territorial – áreas naturais e culturais da paisagem.
Áreas agrícolas e florestadas	Potencial de uso; potencial à erosão/perda de solos; áreas de recuperação ambiental; drenagem e irrigação.
Engenharia civil	(Re)construção e (re)planejamento de projetos de instalações industriais; construção de linhas de comunicação, represas, reservatórios, canalizações, portos etc.; proteção de costa; regularização de níveis naturais e artificiais de canais navegáveis.
Prospecção/exploração mineral	Recuperação de áreas mineradoras, áreas de desmoronamentos e subsidências; manutenção e criação de depósitos de materiais residuais e lixo.

Fonte: Adaptado de COOKE; DOORNKAMP, 1990.

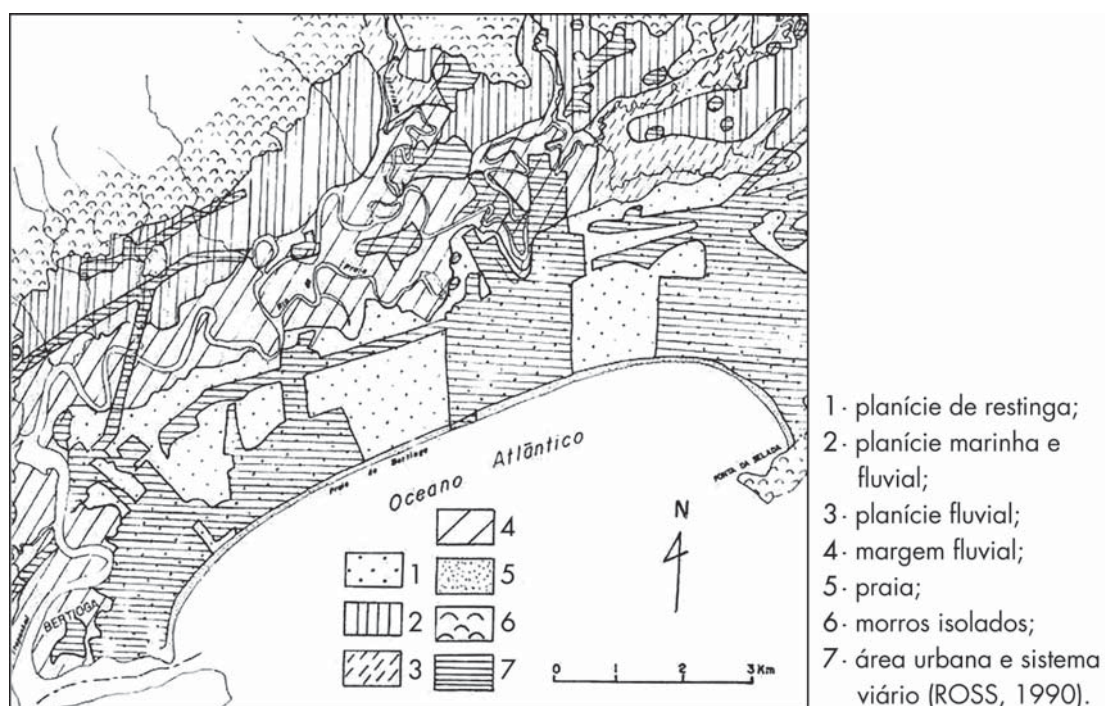
Em escala municipal, podemos exemplificar que as políticas de planejamento ambiental são uma das alternativas para buscar a preservação, recuperação e conservação dos sistemas ambientais. Para tanto, devem ser levados em consideração muitos elementos, tais como: hidrografia, pedologia, clima, geomorfologia etc.

Ressalta-se, assim, a importância de se adotar aspectos geomorfológicos no planejamento ambiental, através da utilização de mapas temáticos que permitem evidenciar características de declividade, drenagem e hipsometria de um referido município e que sua análise integrada balize propostas alternativas para melhoria de processos de degradação ambiental.



Atende aos Objetivos 1 e 2

1. A figura a seguir mostra um trecho do litoral do estado de São Paulo. Considerando que a urbanização deveria levar em consideração a dinâmica geomorfológica de unidades de relevo diferenciadas, analise as diferentes unidades de relevo identificadas na figura e identifique quais são os prováveis problemas e os potenciais benefícios da edificação de obras de engenharia, associadas à urbanização em cada uma delas.



Fonte: Adaptado de GUERRA; CUNHA (Orgs.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

Resposta Comentada

Poderiam ser aceitas as seguintes respostas para cada uma das unidades de relevo:

- a) Planícies de restinga: áreas que possuem o nível do lençol freático muito superficial em função da proximidade da linha de praia, dificultando o processo de construção. Se esta não for bem realizada, haverá sérios problemas de umidade nas construções. Esta área também é sujeita a processos de erosão costeira, o que pode desfavorecer as obras realizadas neste ambiente.
- b) Planícies marinha e fluvial: áreas com bom potencial para construção por possuírem declividades suaves; no entanto, é necessário se fazer uma boa drenagem do solo para evitar problemas estruturais nas construções.
- c) Planície fluvial: área que exige cuidados especiais para a urbanização por ser sujeita a ser periodicamente inundada quando do aumento da vazão fluvial e, principalmente, quando houver coincidência entre aumento de vazão e maré cheia, podendo causar graves problemas de inundação.
- d) Margem fluvial: área que possui trechos que podem estar sofrendo processos de erosão fluvial, principalmente, em momentos onde a vazão fluvial tenha maior energia erosiva e levando assim a uma alteração muito intensa de sua forma. A ocupação das margens fluviais deve ser evitada ou realizada com cuidados redobrados para a preservação da vegetação ciliar para proteção de processos erosivos nas margens.
- e) Praia: ambiente extremamente dinâmico, onde as variações de processos erosivos e deposicionais possuem mudanças constantes a cada variação de maré. Desta forma, é um local que se deve procurar manter o máximo possível de suas condições naturais.

A Geomorfologia na preservação de desastres naturais

No que diz respeito aos estudos das formas de relevo, é importante enfatizar a questão de ocorrência de processos geomorfológicos que produzam perdas humanas e/ou materiais às sociedades, ou seja, a probabilidade de ocorrência de eventos naturais com efeitos prejudiciais à população ou ao patrimônio em uma determinada área.

As perdas e os prejuízos causados por processos geomorfológicos naturais permitem classificá-los como *desastres naturais*. Já discutimos um pouco sobre esse tema na Aula 9, na qual tratamos da legislação e de órgãos que priorizam a divulgação de mecanismos de prevenção contra riscos e desastres naturais provocados por erosão em encostas.

Um processo natural de grande intensidade ou magnitude pode alterar a configuração das paisagens. Se tal processo ocorrer numa área despovoada, certamente, provocará reajustes das feições morfológicas e dos ecossistemas locais. No entanto, consideraremos tal fenômeno um “perigo”, se ele provocar consequências desagradáveis para a sociedade humana.

Uma área é considerada mais ou menos “suscetível”, conforme a possibilidade e probabilidade de ocorrência de processos naturais extremos e *perigosos*. Mas se uma área suscetível estiver ocupada ou edificada, será considerada “vulnerável”, tendo em vista as perdas humanas e materiais que ocorrerão em decorrência de um desastre natural.

A capacidade de enfrentar os perigos e de se recuperar dos desastres naturais reduz a vulnerabilidade da comunidade. Por outro lado, o desconhecimento do perigo faz com que a vulnerabilidade seja maior. Quanto mais frágil e/ou despreparada for a comunidade, maior o *dano potencial* dos desastres naturais.

O dano potencial é o resultado do número de pessoas e do valor de propriedades e bens que estão em áreas vulneráveis. Deve-se também considerar os prejuízos provocados pela interrupção das atividades econômicas e pelos danos ambientais. É a expressão do desastre em valores e números (prejuízos econômicos, número de desabrigados, mortos e feridos).

O conceito de “*risco*” designa a probabilidade de ocorrência de um fenômeno natural perigoso, com consequências negativas para a sociedade. O risco pode ser definido pelas perdas que podem ocorrer (de vidas, ferimentos em pessoas, propriedades, rupturas das atividades econômicas ou danos ambientais), resultantes da interação de perigos naturais que podem ter sido induzidos ou não pelo homem, da *vulnerabilidade* e do dano potencial.

Os riscos naturais nunca devem ser analisados isoladamente. Estes resultam da conjugação de aspectos relacionados à dinâmica do meio físico (que envolve perigo para a presença do homem, ou seja, que apresenta periculosidade) e aqueles relacionados à exposição de uma comunidade em relação aos perigos resultantes dessa dinâmica, logo a *vulnerabilidade*. O estudo dos riscos naturais é necessário; compreendê-los e prevê-los permite que se possam mitigar (diminuir) as suas ocorrências.

O grau de *risco* é definido pela relação entre a possibilidade de ocorrência de um desastre natural e a vulnerabilidade numa determinada área. O tipo de intervenção humana é um fator que deve ser considerado na definição das áreas de risco geomorfológico: o modo como foram feitas as edificações (materiais de construção, fundações etc.) associado a fatores econômicos, sociais, políticos, ideológicos, culturais, educacionais (entre outros) definem a *vulnerabilidade* (possibilidade de ocorrência de perdas materiais e humanas) numa determinada área.

Grande parte da população brasileira ocupa ou circula em áreas ambientalmente muito vulneráveis à ocorrência de desastres naturais. Isso, somado à ocupação desordenada, faz com que

aumentem as probabilidades de riscos geomorfológicos. Pela **Figura 15.4**, percebe-se que os desastres naturais mais comuns no Brasil são provocados principalmente por fenômenos climáticos (53% decorrentes de estiagem e seca, 7% causados por vendavais e/ou ciclones e 4%, por granizo). A soma dos desastres provocados por fenômenos geomorfológicos explica outros 33% dos desastres (21% e 12% inundações bruscas e graduais).

Desastres naturais mais recorrentes no Brasil (1991-2010)

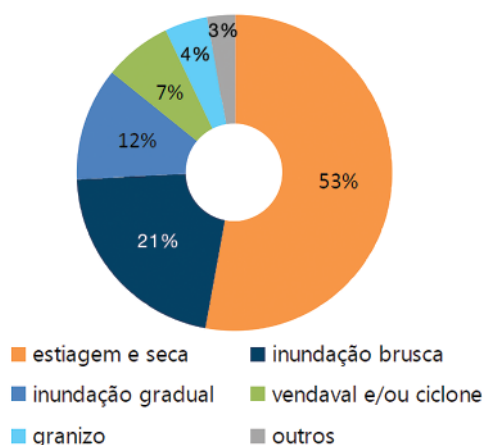


Figura 15.4: Incidência de desastres naturais mais recorrentes no Brasil entre 1991 e 2010.

Fonte: CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1990 a 2001*. Volume Brasil. Santa Catarina: UFSC, 2011. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/atlas/Brasil%20Rev.pdf>>.

A **Figura 15.5**, no entanto, mostra que no Rio de Janeiro os fenômenos geomorfológicos, relacionados a inundações (42% brusca e 25% gradual) e a movimentos de massa (22%) representam a maioria absoluta dos desastres naturais do estado.

Desastres naturais mais recorrentes no Rio de Janeiro (1991-2010)

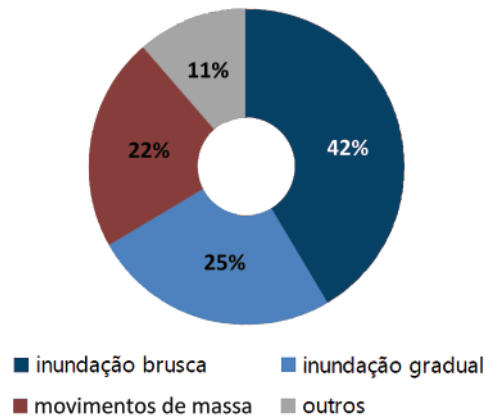


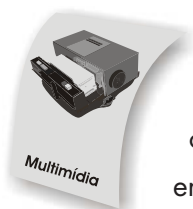
Figura 15.5: Incidência de desastres naturais mais recorrentes no Brasil entre 1991 e 2010.

Fonte: CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1990 a 2001*. Volume Brasil. Santa Catarina: UFSC, 2011. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/atlas/Brasil%20Rev.pdf>>.

Segundo o censo demográfico brasileiro de 2010, 84% da população brasileira vive em cidades. A maior parte das cidades brasileiras foi ocupada de forma acelerada e desordenada, sem levar em conta as características naturais e processos geomorfológicos. Apesar de algumas cidades brasileiras possuírem projetos de uso e ocupação racionais, a aplicação da legislação nem sempre ocorre, haja vista as dificuldades de controle e fiscalização. Assim, parte da população urbana brasileira é vulnerável a perigos geomorfológicos, habitando zonas de risco.

Os riscos geomorfológicos, decorrentes da dinâmica de encostas relacionada a processos erosivos ocorrem principalmente devido à retirada da cobertura vegetal e por ocupação indevida dessas localidades. Os elevados índices pluviométricos, somados à força de gravidade, impulsionam processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa de dimensões catastróficas, haja vista a ocupação desordenada das encostas.

Além disso, os eventos que ocorrem nas encostas acabam por produzir problemas em outras áreas quando há o fluxo de águas correntes e sedimentos que inundam rios e canais fluviais. O assoreamento, provocado pelo acúmulo de lixo e de sedimentos, intensifica a ocorrência de enchentes, provocando perdas humanas e materiais.



As vulnerabilidades relacionadas a eventos chuvosos podem levar a cenários de risco de enchentes, inundações, escorregamentos e outros processos correlatos.

A deflagração de tais processos depende, em geral, de eventos pluviométricos espacialmente concentrados, de curta duração e alta intensidade.

A ocorrência desses processos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) indica que, por exemplo, no caso das enchentes, eventos instantâneos associados a chuvas convectivas rápidas (da ordem de 30 mm em dezenas de minutos ou poucas horas), concentradas numa bacia hidrográfica, são suficientes para deflagrar escoamentos superficiais perigosos com potencial de causar danos – *inundações bruscas*.

Por outro lado, inundações com permanência de horas ou mesmo vários dias de alagamento das várzeas são geralmente gerados por eventos pluviométricos com totais de chuva mais elevados, cuja condição meteorológica, associada a frentes frias semiestacionárias, geralmente perdura por vários dias (inundações graduais).

Os totais pluviométricos elevados favorecem também a ocorrência de processos de escorregamentos nas encostas. Chuvas com totais pluviométricos superiores a 100 mm/evento e distribuição espacial generalizada são capazes de causar acidentes principalmente nas áreas de risco situadas nas porções periféricas da RMSP.

As análises de risco realizadas para os processos de escorregamento que levaram em conta as distribuições pluviométricas, as classes de declividade do terreno e os padrões de uso e ocupação do solo na RMSP podem ser consultados no site:

Fonte: http://megacidades.ccst.inpe.br/sao_paulo/VRMSP/capitulo7.php



Atende ao Objetivo 3

2. Relacione as situações aos conceitos de perigo, suscetibilidade, vulnerabilidade e área de risco, definidas a seguir:

PERIGO (HAZARD)

Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável.

SUSCETIBILIDADE

Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.

VULNERABILIDADE

Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.

ÁREA DE RISCO

Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

a) Terremotos, vulcanismo, tsunamis e furacões são fenômenos naturais que podem atingir grande intensidade e promover modificações contundentes da paisagem.

Conceito de _____.

b) Encostas íngremes e várzeas inundáveis são áreas que podem apresentar forte instabilidade geomorfológica, tendo em vista estarem sujeitas à ocorrência de processos geomorfológicos de alta magnitude, especialmente quando associados a chuvas fortes e concentradas.

Conceito de _____.

c) A expansão urbana das regiões metropolitanas brasileiras caracterizou-se em muitos casos pela ocupação de morros e margens de rios, áreas que exigem investimentos significativos na implantação de infraestrutura de engenharia e obras de contenção de encostas ou contenção de enchentes.

Conceito de _____.

d) As chuvas de verão, concentradas em poucas horas, dispara sistemas de alerta em diversas áreas no município do Rio de Janeiro. Tais áreas foram identificadas por instituições ligadas à segurança pública e à defesa civil para serem evacuadas em situações extremas.

Conceito de _____.

Resposta Comentada

- a) Perigo – foram citados diversos fenômenos naturais extremos que podem provocar alterações bruscas e romper o estado de organização geral da paisagem.
- b) Suscetibilidade – foram citadas áreas que, submetidas a chuvas fortes e concentradas, podem sofrer modificações contundentes.
- c) Vulnerabilidade – a situação citada apresenta como uma parcela da sociedade pode se colocar numa situação arriscada, se não cuidar de implantar mecanismos que previnam os efeitos negativos dos fenômenos naturais extremos.
- d) Áreas de risco – áreas cuja vulnerabilidade associada aos perigos provocados por fenômenos naturais estão submetidas a riscos naturais.

Geomorfologia na formação de professores: estratégias docentes relacionadas à prevenção de desastres naturais

As leis e políticas educacionais propostas no Brasil, desde os anos 1990, diversificam cada vez mais as funções dos professores de Ensino Básico. O trabalho docente vem incorporando tarefas novas e complexas, incluindo a “inserção nas circunstâncias” do local em que irá se realizar. Isso significa que os professores devem tanto ser capazes de cumprir as exigências curriculares formais (conhecimentos teóricos) como de desenvolver práticas (atitudes e procedimentos) que levem à valorização da cidadania (social e política), economicamente inserida e ambientalmente adequada.

Quanto ao ensino de Geografia, as possibilidades de inserção do professor nos contextos escolares locais são muito diversificadas e devem incluir informações relativas a riscos de desastres naturais. O professor de Geografia deve estar atento ao contexto geomorfológico da região onde estiver lecionando,

a fim de advertir seus alunos quanto às situações de risco natural. Fatores naturais (padrão de chuvas, declividade, rios afetados por marés etc.) explicam a recorrência de deslizamentos em encostas, enxurradas e enchentes em diversas áreas do estado. As modificações decorrentes da urbanização (impermeabilização do solo, retificação/manilhamento de rios e assoreamento da canais etc.) intensificam sua gravidade.

Os professores de Geografia podem contribuir para a disseminação de informações que ajudem na redução da vulnerabilidade e prevenção contra eventos geomorfológicos extremos e desastres naturais. Prevenir desastres naturais exige a eficiente divulgação dos mecanismos que regem os processos naturais extremos. É, portanto, de extrema importância discutir conceitos e propor atividades que favoreçam o ensino de conteúdos relacionados à geomorfologia para o ensino de Geografia desde a escola básica.

Conceitos relacionados à divulgação de noções para prevenção de desastres naturais

Em aulas anteriores, discutimos a noção de que os *sistemas geomorfológicos* são complexos, resultando numa *totalidade organizada com elementos diversificados e com dinâmicas distintas*. As noções de **estabilidade** e **equilíbrio** são em geral entendidas como capacidades dos sistemas geomorfológicos de manterem seu padrão de organização, mesmo quando submetidos a distúrbios ambientais drásticos.

A organização dos sistemas geomorfológicos complexos inclui diversos níveis de ajustes entre os elementos. Deste modo, sua estabilidade é relativa e dinâmica. É por isso que eventos extremos fazem parte de sistemas estáveis – e é normal que ocorram, mesmo que raramente. O conceito de **resiliência** trata da capacidade de um sistema perturbado retornar ao estado anterior à perturbação.

Estabilidade/ Equilíbrio

É a capacidade de um sistema em preservar sua organização geral, enquanto que o equilíbrio é o mecanismo que garante o ajuste dinâmico entre seus elementos.

Resiliência

É a propriedade que um elemento tem de sofrer alterações e modificar-se temporariamente, recuperando suas características originais (estabilidade) após algum tempo.

A noção de estabilidade com resiliência pressupõe que o distúrbio cause uma alteração temporária no arranjo de um sistema, mas que, depois de algum tempo, este volte a uma condição similar à anterior.

Acredita-se que, cada vez mais, as populações deverão conviver com desastres naturais, seja devido às alterações dos ambientes naturais, seja devido à dificuldade em evitar a ocupação de áreas de risco geomorfológico. Destaca-se aí a noção de resiliência: as comunidades e os indivíduos devem se acostumar a viver com a possibilidade de ocorrência de desastres naturais, criando estratégias para reduzir as perdas delas decorrentes.

Tal situação implica uma crescente necessidade de divulgar noções de prevenção a desastres naturais. A **Figura 15.6** apresenta um conjunto de publicações gratuitas, disponíveis na internet, produzidas por instituições e autores interessados em disseminar tais informações.

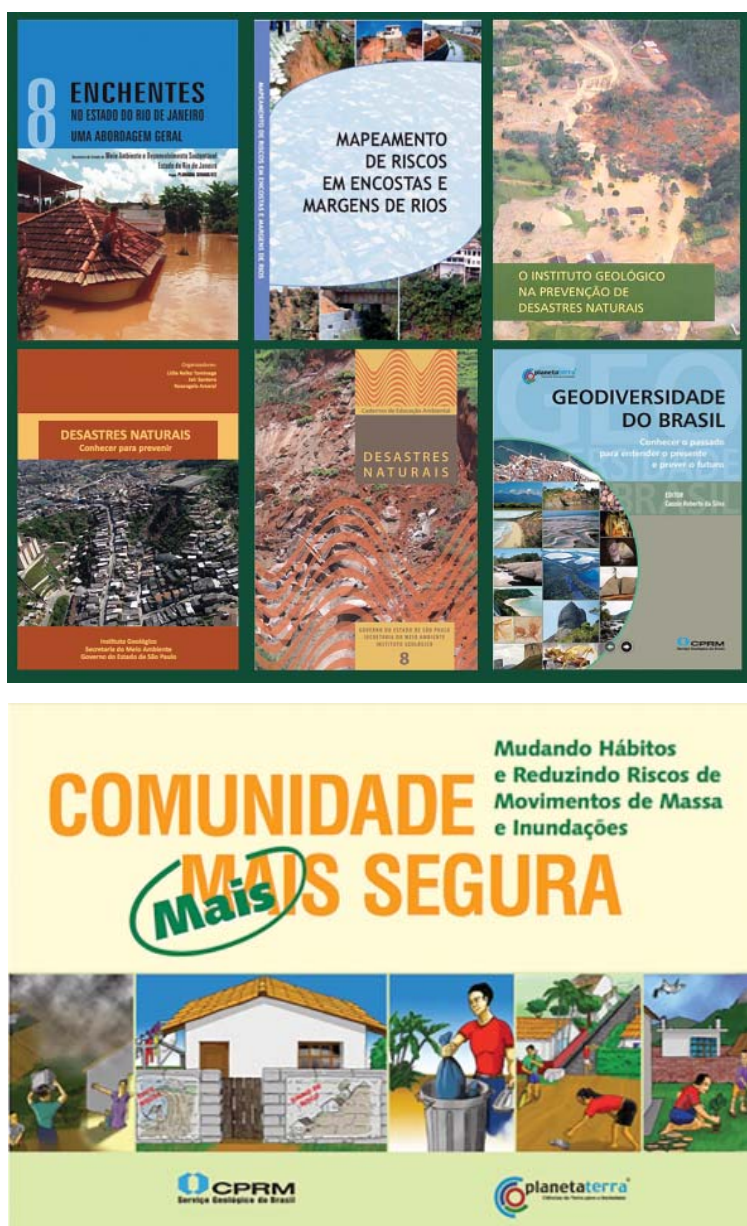


Figura 15.6: Capas de diversas publicações gratuitas, disponíveis na internet, produzidas por órgãos públicos e pesquisadores interessados em divulgar informações sobre dinâmica geomorfológica e riscos de desastres naturais. Fontes: COSTA, H. *Enchentes no estado do Rio de Janeiro: uma abordagem geral*. Rio de Janeiro: Semads/Serla, 2001 (enchente); http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf (mapeamento); http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/IG_prevençãodesastres.pdf (prevenção de acidentes); <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf> e http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/CEA_DESASTRES.pdf (desastres naturais); http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_brasil.pdf (geodiversidade); <http://www.cprm.gov.br/livro/COMUNIDADE%20SEGURA.pdf> (comunidade segura).

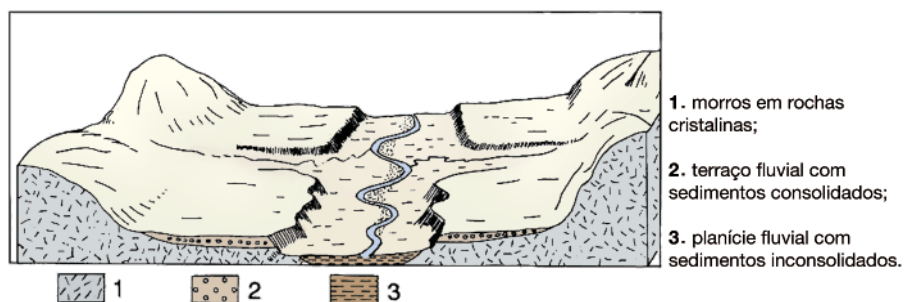
Ao relembrar os desastres naturais, ocorridos no Rio de Janeiro em 2009/2010 (em São Gonçalo e Niterói) e em 2011 (na Região Serrana), pode-se constatar a enormidade das fatalidades em termos humanos e materiais decorrentes dos deslizamentos, enxurradas e enchentes associadas a eventos pluviométricos intensos e concentrados. A extensão das áreas de ocupação irregular limita severamente a realocação de milhares de pessoas ainda vulneráveis. A proposta de desenvolver a resiliência da população para desastres naturais nessas áreas reforça a noção de que é impossível controlar completamente os desastres naturais, mas é melhor estar preparado para eventos extremos do que recuperar perdas decorrentes do despreparo para enfrentá-los.

A noção de resiliência admite que as condições de uso das áreas de risco sejam corrigidas, restringindo novas ocupações e intensificando sistemas de prevenção em longo prazo. Tal proposta, infelizmente, tem claros limites de aceitabilidade, sobretudo quando associada à ineficiência do poder público em enfrentar problemas como ocupação urbana desordenada.



Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

3. A geomorfologia e a cartografia geomorfológica são importantes ferramentas para o planejamento da ocupação do relevo. A partir da observação da figura a seguir, responda:



Fonte: Adaptado de GUERRA; CUNHA (Orgs.). *Geomorfologia – exercícios, técnicas e aplicações*, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

a) Que suscetibilidades a desastres naturais podem ser apontadas nas unidades de relevo da figura?

b) Pensando na utilização dessa área para a urbanização, que cuidados devem ser tomados para reduzir o risco nas áreas mais suscetíveis a eventos naturais extremos?

Resposta Comentada

a) Morros em rochas cristalinas: feições com formas de topo arredondadas que devem estar relacionadas a intenso processo de intemperismo químico e remoção de material intemperizado, gerando esta característica de topo e, em alguns trechos, com declividades mais acentuadas onde pode haver deslizamentos de encostas.

Terraço fluvial com sedimentos consolidados: o retrabalhamento das encostas, bem como o transporte de carga fluvial, foi responsável pelo preenchimento do fundo de vale fluvial logo após a pedogênese e dando uma característica de material mais bem consolidado. Por estarem acima da planície de inundação, são os terrenos menos suscetíveis.

Planície fluvial com sedimentos inconsolidados: área que sofre a variação atual do nível das águas do canal fluvial, ora depositando matéria, ora retrabalhando/ removendo o material deixado em momento anterior. Área sujeita a inundações.

b) Nas planícies fluviais, os cuidados com enchentes exigem a implantação de mecanismos de contenção de águas. A ocupação dessas áreas deve ser restrita e, em casos mais graves, desestimulada e mesmo proibida. Quanto a morros em rochas cristalinas e terraços com rochas

mais bem consolidadas, estes poderiam ser ocupados, mas tendo obras bastante adequadas às condições locais, principalmente as que se referem a uma adequada drenagem dos fluxos d'água e sem cortes nas encostas, que poderiam gerar movimentos gravitacionais de massa. Os morros deveriam ser bastante estudados e só ocupados os de declividade mais suave e com obras de engenharia adequadas.

CONCLUSÃO

Os mapas geomorfológicos podem servir tanto em projetos de planejamento ambiental como na análise ambiental, ordenamento do território e gestão dos recursos naturais. Sendo assim, a aplicação dos conhecimentos geomorfológicos insere-se no diagnóstico das condições ambientais, contribuindo para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas.

O aprofundamento em torno de conceitos teóricos, de métodos de investigação e análise geomorfológicos deve ser incorporado pelos professores de Geografia em todos os níveis. A experiência prática, adquirida em pesquisas sobre áreas urbanizadas vulneráveis a desastres naturais, vem sensibilizando os professores a efetivamente inserir e articular a dinâmica de natureza às questões sociais, econômicas e políticas no ensino escolar.

Tratar de temas relativos à dinâmica ambiental, divulgar informações relativas a processos geomorfológicos extremos, especialmente relacionados a movimentos de massa e inundações, é de extrema importância para a prevenção e/ou a mitigação dos efeitos dos desastres naturais que atingem tanto indivíduos em idade escolar como suas famílias e as comunidades em que se inserem.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Faça o levantamento de algum tipo de situação de risco geomorfológico em uma área urbana que você conheça bem. Utilize bases cartográficas acessíveis pela internet (sugerimos as imagens do Google Maps) e localize nelas os pontos mais críticos no que se refere a riscos geomorfológicos, identificando fatores naturais e antrópicos associados ao risco específico local. Numere e descreva tais pontos brevemente.

Resposta Comentada

Os resultados dos levantamentos de situações de risco em diversos municípios do estado do Rio de Janeiro indicam a recorrência de situações semelhantes nas várias áreas estudadas: desabamento de encostas em áreas habitadas, enchentes e enxurradas. Isso mostra a importância da divulgação de informações relacionadas à dinâmica geomorfológica e mecanismos de prevenção contra desastres e sua relação com os encaminhamentos políticos para solucionar tais problemas.

Esta atividade pode ser sugerida por você a seus próprios (futuros) alunos. Ela estimulará a percepção deles em relação à dinâmica geomorfológica em áreas urbanizadas (onde rios, solos e encostas estão tão modificados que “desaparecem” da paisagem), bem como ampliar a percepção deles em relação à noção de risco geomorfológico.

RESUMO

1. São muitas as aplicações da geomorfologia e da cartografia geomorfológica, tanto para planejamento e gestão do uso do solo como para maximizar os benefícios e minimizar os riscos da ocupação das diferentes formas de relevo pelo homem.
2. As informações geomorfológicas são também importante ferramenta no diagnóstico de potencialidades de aproveitamento econômico de diferentes tipos de unidades de relevo, bem como para recuperar áreas degradadas pela intervenção humana inadequada.
3. A geomorfologia representa recurso fundamental na mitigação de perdas e prejuízos provocados por desastres naturais.
4. No Brasil, os desastres naturais provocados por fenômenos climáticos predominam, mas no Rio de Janeiro, a incidência de desastres provocados por problemas geomorfológicos é maior.
5. Os termos usados nas áreas sujeitas à ocorrência de desastres naturais são perigo, *suscetibilidade*, *vulnerabilidade* e risco.
6. Os professores de Geografia (em todos os níveis de ensino) possuem papel importante na disseminação de informações relativas a prevenção, alerta e mitigação dos efeitos provocados por eventos naturais extremos.

Geomorfologia Geral

Referências

Aula 8

ARMESTO, R. C. G. 2012. Caderno I: processos naturais modificadores do relevo terrestre. *Temas geológicos para educação ambiental*. 33p. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/cadernol_17_09_2012.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. C.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Aula 9

CASSETI, V. *Geomorfologia*. 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS, Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. Megadesastres na Região Serrana do Rio de Janeiro de janeiro de 2011.pdf. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br>>.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 123-194.

GUERRA, A. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JR., O. A.; GOMES, R. T.; FERNANDES, N. F. Movimentos de massa. In: FLORENZANO, T. (Org.) *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159-184.

OLIVEIRA, M. A. T. *Erosion disconformities and gully morphology: A threedimensional approach*. Catena, 16 v, n.4/5 p. 413-423, 1989.

OLIVEIRA, M. A. T.; MEIS, M. R. M. Relações entre geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP). *Geociências*, São Paulo, n. 4, p. 87-99, 1985.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Comunidade mais segura: mudando hábitos e reduzindo os riscos de movimentos de massa e inundações*. Rio de Janeiro: CPRM, 2007.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. C.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.) *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico de São Paulo, 2012. Disponível em: <www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014

Aula 10

CHRISTOPHERSON, R. W. *Geossistemas: uma introdução à geografia física*. Tradução: AQUINO, F. E. Porto Alegre: Bookman, 2012.

DOBSON, C.; BECK, G. *Watersheds: a Practical Handbook for Healthy Water*. Canadá: Friensens, Altona, Manitoba, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual técnico de geomorfologia*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/geomorfologia/manual_geomorfologia.shtm>. Acesso em: 11 jun. 2014.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. *Para entender a Terra*. Tradução: MENEGAT, R.; FERNANDES, P. C. D.; FERNANDES, L. A. D.; PORCHER, C. C. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656 p.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 568 p.

Bibliografia eletrônica

<http://www.info.lncc.br/spr03.html>

<http://www.fgmorph.com>

<http://www.youtube.com/watch?v=B6p5jXDhDvI>

<http://www.pegadahidrica.org>

Aula 11

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: E. Blucher, 1980. 313 p.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation. *Bulletin Americ. Assoc. of Petroleum Geologist*, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

Bibliografia eletrônica

<http://geografoht.jalbum.net/Geomorfologia%20Fluvial/index.html>

<http://serc.carleton.edu/details/files/19084.html> <http://serc.carleton.edu/details/files/19077.html> <http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/geomorph/emriver/index.html>

<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf> <http://www.cbh.gov.br>

<http://confins.revues.org/6168#tocto2n3>

<http://www.earthscienceworld.org>

http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/index/imagens/rec_hirdricos.pdf

Aula 12

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, n. 18, São Paulo: IG-USP, 1969.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzeas. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v.16-17, 1965, p. 153-198.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. In: *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, v.16-17, p. 117-151, 1965.

FRAKES, L. A. Climates throughout Geologic Time. *Elsevier Scientific*, New York, n. 304, p. 1079.

MOURA, J. R. S.; SILVA, T. M. Complexo das rampas de colúvio. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.143-180.

STRAHLER, A. *Geografia física*. Barcelona: Omega, 1982.

Aula 13

ABREU, A. A. O papel do clima na evolução do relevo: a contribuição de J.Büdel. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_19/11-O_papel.pdf>.

COOKE, R. V.; DOORNKAMP, J. C. *Geomorphology in Environmental Management: a New Introduction*. Oxford: Oxford Clarendon Press, 1990. 410 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de geomorfologia; *Manuais Técnicos em Geociências*, n. 5, 2. ed, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para*

entender o presente e prever o futuro. DA SILVA, Cassio Roberto (Ed.). Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_brasil.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2014.

SILVA, T. M. *A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Geografia), Depto. Geografia/IGEO-UFRJ, 2002, 265 f.

TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Central. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 31, p. 3-44, 1959.

VITTE, A. C. A construção da geomorfologia no Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 3, p. 91-108, 2011.

Aula 14

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de geomorfologia. *Manuais técnicos em geociências*, n. 5, 2. ed, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/ manual_tecnico_geomorfologia.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_geomorfologia.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2014.

MODENESI-GAUTIERI, May; BARTORELLI, Andrea; MANTESSO-NETO, Virginio; CARNEIRO, Celso Dal Ré; LISBOA, Matias (Orgs.). *A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber*. São Paulo: Becca-Ball, 2010.

ROSS, Jurandyr. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

Aula 15

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. *Atlas brasileiro de desastres naturais: 1990 a 2001, Volume Brasil*. Santa Catarina, UFSC, 2011. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/atlas/Brasil%20Rev.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2014.

COOKE, R. V.; DOORNKAMP, J. C. *Geomorphology in environmental management: a new introduction*. Oxford: Oxford Clarendon Press, 1990. 410 p.

GUERRA, A. T. G.; CUNHA, S. B. C. (Orgs.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

ISBN 978-85-7648-957-3



9 788576 489573



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério da
Educação

