



Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

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

Geologia Aplicada à Geografia

Volume 2

Antonio Soares da Silva
Alexsandra Juliane Vaz



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO SOCIAL**

**UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO**



Apoio:



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

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

www.cederj.edu.br

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-presidente

Marilvia Dansa de Alencar

Coordenação do Curso de Geografia
UERJ – Glaucio José Marafon

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

SUPERVISÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Flávia Busnardo

DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Anna Maria Osborne
Heitor Soares de Farias
Paulo Alves

AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Thaís de Siervi

Departamento de Produção

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Fábio Rapello Alencar

ASSISTENTE DE PRODUÇÃO

Bianca Giacomelli

COORDENAÇÃO DE REVISÃO

Cristina Freixinho

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Beatriz Fontes
Carolina Godoi
Cristina Freixinho
Elaine Bayma
Thelenayce Ribeiro

PROGRAMAÇÃO VISUAL

André G. Souza
Ricardo Polato

ILUSTRAÇÃO

Sami Souza

CAPA

Sami Souza

PRODUÇÃO GRÁFICA

Patrícia Esteves

Copyright © 2012, 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.

S586g

Silva, Antonio Soares da.
Geologia aplicada à geografia. V. 2. / Antonio Soares da
Silva, Alexssandra Juliane Vaz. - Rio de Janeiro: Cederj, 2012.
248 p.: 19 x 26,5 cm

ISBN: 978-85-7648-953-5.

1. Geologia. Geologia-geografia. I. Vaz, Alexssandra Juliane.
Título.

CDD: 551

Referências bibliográficas e catalogação na fonte, em acordo com as normas da ABNT e AACR2.
Texto revisado segundo o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Social
Gabiell Carvalho Neves Franco dos Santos

Universidades Consorciadas

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

FAETEC - FUNDAÇÃO DE APOIO
À ESCOLA TÉCNICA
Reitor: Alexandre Sérgio Alves Vieira

IFF - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
Reitor: Jefferson Manhães de Azevedo

UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
Reitor: Luis César Passoni

UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO
Reitor: Ruy Garcia Marques

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Sidney Luiz de Matos Mello

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO
Reitor: Roberto Leher

UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO
Reitor: Ricardo Luiz Louro Barbara

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

Aula 8	– Deformações e quebras das rochas	_____	7
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 9	– Orogenia	_____	33
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 10	– A ação geológica do mar e dos ventos	_____	63
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 11	– Recursos minerais	_____	95
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 12	– Recursos energéticos	_____	125
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 13	– Geologia do Brasil	_____	157
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 14	– Geologia do estado do Rio de Janeiro	_____	189
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Aula 15	– A Geologia em sala de aula	_____	221
	Antonio Soares da Silva e Alexssandra Juliane Vaz		
Referências		_____	245

Aula 8

Deformações e quebras das rochas

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Apresentar os processos de quebra e dobra das rochas e as consequências para o relevo terrestre.

Objetivos

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

1. identificar os movimentos verticais da crosta e diferenciá-los dos movimentos horizontais;
2. diferenciar falhas, dobras e inclinação das camadas;
3. reconhecer a influência da geologia estrutural nas formas de relevo.

INTRODUÇÃO

A Geologia Estrutural é a disciplina que estuda os processos deformacionais da litosfera e as estruturas que surgiram em decorrência dessas deformações. Seu campo de ação é a investigação, de maneira detalhada, das formas geométricas que se articulam e desenvolvem-se a partir do dinamismo da Terra. Tal investigação pode ser analisada em escala macroscópica e/ou microscópica.

O conhecimento das estruturas geológicas é importante para o estudo da sua origem e para as aplicações ligadas à hidrogeologia, geologia do petróleo e outros. É através dos estudos em tectônica e da geologia estrutural que foi comprovada a dinâmica do nosso planeta, da dinâmica das placas litosféricas, que se deslocam de forma lenta e contínua (conforme visto em aulas anteriores). Esta movimentação é responsável pela formação das estruturas geológicas, que ficam impressas nas rochas (**Figura 8.1**).



Antonio S. da Silva

Figura 8.1: Rochas dobradas na Cordilheira dos Andes. Estas deformações, as fraturas e a inclinação das camadas constituem-se o principal objetivo de estudo da Geologia Estrutural.

Grande parte dessas estruturas é responsável pelo armazenamento de hidrocarbonetos (petróleo e gás), água, minérios etc. A caracterização das estruturas geológicas é fundamental também em obras de engenharia civil, pois elas podem não suportar determinadas obras, o que pode causar sua ruptura, assim como podem causar movimentos de massa (escorregamentos).

Para aprender assuntos pertinentes à estrutura geológica, é necessário entender as feições deformadas e posteriormente observar, e explicar os padrões dessa formação. Dobras e falhas constituem as formas mais comuns de deformações em rochas, é o que você vai conhecer agora!

Movimentos verticais e mudança relativa do nível do mar

A existência de movimentos verticais da crosta é reconhecida, desde meados do século XVIII. São diversas as evidências que podem ser relacionadas: a existência de grandes cadeias de montanhas, a ocorrência de sedimentos marinhos em elevações muito acima do nível do mar, ocorrência de rochas formadas a grandes profundidades e que estão na superfície, subsidência e soerguimento de áreas continentais.

Esse movimento vertical, também conhecido como epirogênese, é causado por uma série de compensações isostáticas entre a astenosfera e a litosfera. O termo mais em uso atualmente é isostasia, ainda que alguns livros mais antigos ainda utilizem o termo epirogênese.

Isostasia refere-se ao equilíbrio gravitacional entre a astenosfera e a litosfera. De certa forma, esse equilíbrio é o responsável pela flutuação das placas tectônicas. A flutuabilidade depende da densidade relativa e do peso da placa. Assim, onde a placa é menos densa, o movimento vertical é ascendente, ocorrendo soerguimento, e onde ela é mais densa, o movimento é descendente, chamado de subsidência.

Quando há um aumento do peso da placa, devido a acúmulo de água, gelo, sedimentos e outros, ocorre o afundamento da crosta, para compensar este afundamento, há um soerguimento, em outro local adjacente.

Muitos desses movimentos são hoje em dia identificados através de medidas geodésicas que mostram que as taxas variam entre 0,05 e 1 cm/ano.

Erosão e deposição

Imagine que em um determinado local está havendo a deposição de sedimentos. Podemos supor que o peso das diversas camadas de sedimentos forçará a crosta para baixo, para compensar a maior carga que está sendo depositada em cima. Caso a crosta não suporte toda carga, a mesma começará a ser rebaixada, apesar da constante deposição de sedimentos.

Por outro lado, o processo erosivo remove sedimentos dos locais mais elevados e deposita-os nos locais mais baixos. Seguindo a mesma linha de raciocínio, podemos imaginar que a superfície está sendo rebaixada. Mas este rebaixamento é provavelmente compensado por um soerguimento, pois o alívio da carga faz com que as rochas comecem a expandir e subir lentamente.

Como você pode perceber, a duração destas variações é muito grande. Não conseguimos percebê-las, exceto quando elas ocorrem junto ao litoral e utilizamos o nível do mar como referência. Entretanto, a nossa percepção é de que o nível do mar está oscilando, jamais imaginamos que a movimentação está ocorrendo na área continental.

Agora pense um pouco mais. Você já deve ter ouvido falar em mudanças climáticas, aquecimento global e elevação do nível do mar. Existe uma discussão muito grande entre os cientistas sobre a existência ou não de uma elevação do nível do mar em função de aquecimento global. Em algumas áreas, essa elevação poderia

estar de fato relacionada a uma eventual mudança do clima, mas em outras pode ser causada por simples compensações isostáticas. Quando a crosta é soerguida, o nível do mar é rebaixado (Península Escandinávia), quando a crosta desce, o nível do mar sobe. Essa variação no nível do mar não é absoluta, mas relativa à crosta. Para saber mais veja o boxe sobre as compensações das *glaciações*.



As glaciações são fenômenos que ocorreram ao longo da história do planeta Terra e que foram marcados por frio intenso, provocando o aumento e avanço das geleiras nos polos e em zonas montanhosas. Nos períodos glaciais, o gelo cobria cerca de 32% da terra e 30% dos oceanos. Entre os períodos glaciais, há os períodos interglaciais em que a temperatura da Terra eleva-se. O período em que vivemos nada mais é do que um interglacial. Durante as glaciações, houve um intenso processo de compensação isostática. Imagine que a capa de gelo atingiu espessuras gigantescas no hemisfério norte. O efeito desta carga fez com que a crosta afundasse e o nível do mar subisse. Durante o degelo, a carga exercida sobre o material rochoso foi sendo aliviada gradativamente, a crosta foi sendo soerguida e o nível do mar rebaixado. Este fato é verificado hoje em dia na Escandinávia, sendo uma das explicações para o aparecimento dos fiordes que são grandes entradas do mar em volta de altas montanhas rochosas. Os fiordes situam-se, principalmente, na costa oeste da Península Escandinava, onde são um dos elementos geológicos mais emblemáticos da paisagem e têm origem na erosão das montanhas, devido ao gelo e ao soerguimento das massas continentais.



Figura 8.2: Fiorde na Noruega. Durante a última glaciação, esta área esteve coberta por gelo. O derretimento do gelo escavou as rochas e o alívio de carga faz com que a área continental esteja continuamente em soerguimento.

Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.php?f=download&id=953183>



Atende ao Objetivo 1

1. Para estudar mudanças isostáticas, são utilizados alguns elementos da paisagem, tais como a erosão fluvial. Imagine que em uma determinada área um rio está erodindo mais aceleradamente os sedimentos depositados na planície fluvial. Explique como este rio passou a erodir esta planície, sabendo que não houve uma mudança e nenhuma intervenção antrópica na bacia deste rio.



Antonio S. da Silva

Resposta Comentada

Partindo das informações dadas, podemos concluir que existem duas possibilidades para que esse processo erosivo ocorra. O primeiro deles é um rebaixamento do nível do mar que proporciona mais velocidade e maior poder erosivo às águas. Também pode estar ocorrendo em algum ponto da bacia alguma compensação isostática. Caso as cabeceiras estejam em processo de soerguimento ou a foz esteja em processo de rebaixamento, haverá maior declividade e conseqüentemente maior capacidade de erodir e de transportar os materiais.

Deformações: a influência de falhas e dobras no relevo

As deformações das rochas surgem a partir das forças que movem as placas tectônicas. Mas como é possível descobrir se uma determinada rocha é deformada? Com saber a origem desta deformação? Para identificar as deformações nas diversas formações rochosas da superfície terrestre, os geólogos precisam de informações sobre a geometria das camadas que podem ser observadas na superfície.

Há alguns padrões para as deformações das rochas que estão associadas às forças atuantes na crosta terrestre. Desta maneira, a movimentação das placas tectônicas desempenha um papel fundamental na origem dessas forças. Algumas rochas deformam-se como materiais frágeis e maleáveis, também chamada deformação dúctil.

A deformação dúctil é entendida como deformação sem perda de continuidade, entretanto a rocha sofre distorção. Por outro lado, as deformações rúpteis são aquelas onde há a formação de falhas, de fendas e fraturas, marcadas por planos de descontinuidades.

As características vão depender do tipo de rocha, temperatura, pressão do entorno (circundante), dimensão da força e velocidade com que ela é aplicada. A pressão hidrostática/litostática e a temperatura estão relacionadas à profundidade da crosta terrestre, o que permite distinguir os dois domínios deformacionais distintos, conhecidos como domínio superficial (rúptil) e domínio profundo (dúctil).

O domínio superficial é constituído de uma deformação rúptil (quebra), pois o material rochoso já está frio e rígido. Já o domínio profundo é formado por uma deformação dúctil (dobra), que possibilita que a rocha sofra uma fusão parcial e molde-se de acordo com a força empregada.

O processo de deformação de uma rocha está relacionado à temperatura, pressão e profundidade, mas também pode ser influenciada por outros parâmetros, tais como: a natureza da rocha,

pressão de fluidos, velocidade de deformação, pressão confinante, entre outros.

Entre as estruturas geológicas em formações rochosas que resultam de deformação, incluem-se as juntas, as falhas, as dobras, os domos e as bacias.

A junta é uma fissura ao longo da qual não houve um movimento apreciável. As juntas representam um tipo de força e são originadas pela ação de tensões regionais ou por resfriamento e contração das rochas. Mas algumas também são geradas por forças tectônicas. As juntas e as falhas permitem conhecer as forças que dominavam o passado da região onde ocorreu a fissura.

Domo, em Geologia, é uma estrutura de deformação que consiste de anticlinais com inclinações simétricas. O seu contorno geral numa carta geológica é circular ou oval que diverge, a partir de uma zona central, em todos os sentidos, à semelhança de uma abóbada.

O **domo** pode ser compreendido como uma estrutura *anticlinal*, uma vasta saliência circular ou oval de estruturas rochosas. Alguns domos são gerados pela intrusão de magma em profundidade na crosta.

A bacia é uma estrutura *sinclinal*, uma depressão de camadas rochosas em forma de “tigela”, onde as camadas mergulham radialmente em direção ao ponto central. As bacias possuem a capacidade de se formarem quando as forças extensionais estiram a crosta ou quando uma porção aquecida desta resfria-se e contrai-se. O peso dos sedimentos depositados em uma bacia pode contribuir para seu afundamento.

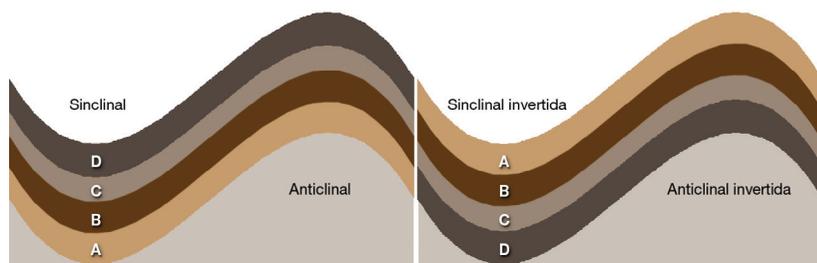


Figura 8.3: Uma anticlinal é uma dobra cujos flancos mergulham em sentidos opostos, tal como um telhado de uma casa. Caso os flancos mergulhem para o mesmo sentido, a dobra é chamada de sinclinal.

Fonte: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Imagem:Antiforme2.jpg>



Figura 8.4: Domo granítico, localizado no Parque Nacional de Yosemite (EUA).
Fonte: <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1375145>

Falhas

As falhas são originadas pelo rompimento de uma formação rochosa com deslizamento paralelo à fratura em ambos os lados da mesma, provocado pelas forças tectônicas (**Figura 8.5**). As falhas são compostas por superfícies descontínuas com deslocamento diferencial de poucos centímetros e centenas de quilômetros. Podem ser enormes (como a de Santo André, nos Estados Unidos) ou com tamanhos bem reduzidos. Independentemente do seu tamanho, toda falha pode ser classificada pela direção do movimento relativo ou deslizamento ao longo da fratura.

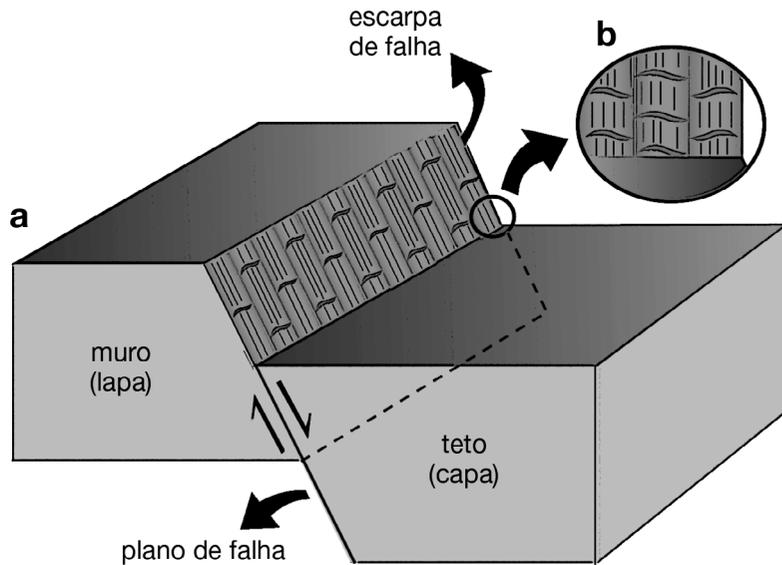


Figura 8.5: Elementos de uma falha: blocos de falha; muro ou lapa e teto ou capa; escarpa e plano de falha.

Fonte: Modificado de Teixeira et al. (2000)

O plano de falha corresponde à superfície na qual a formação rochosa fratura e desliza. Este deslizamento possui um mergulho e direção que descrevem a orientação do plano de falha, que podem ser medidos. Quando o deslizamento é paralelo ao mergulho e o bloco falhado apresenta movimento relativo para baixo, é chamado de falha normal. Quando este movimento é para cima, é denominada de falha inversa. As falhas transformantes associam-se em um sistema de falhas perpendiculares a subperpendiculares à cordilheira meso-oceânica, que apresentam deslocamento na medida em que ocorre a criação de crosta oceânica. Uma falha oblíqua é caracterizada a partir do movimento ao longo da direção e ao mesmo tempo para cima ou para baixo no decorrer do mergulho, é o resultado de um cisalhamento em combinação com compressão ou extensão (**Figura 8.6**).

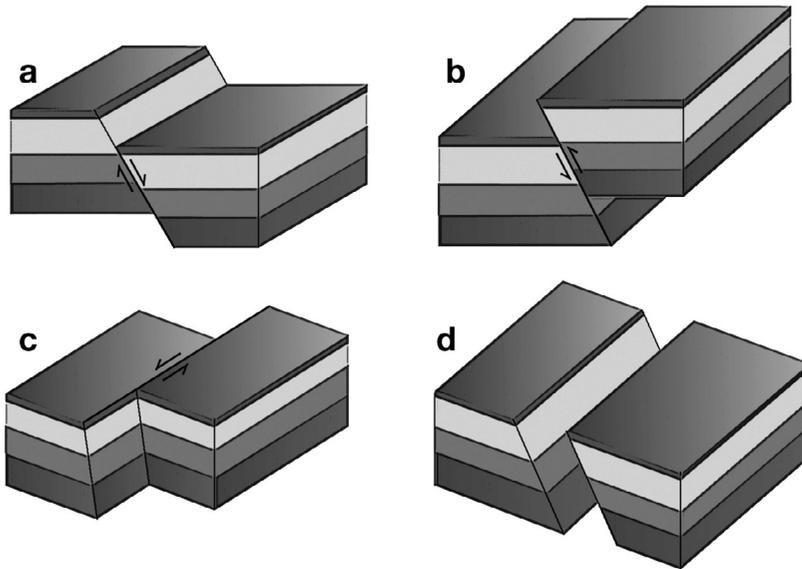


Figura 8.6: Classificação das falhas com base no movimento relativo dos blocos adjacentes. a) falha normal; b) falha inversa; c) falha transcorrente; d) falha oblíqua. Fonte: Teixeira et al. (2000)



Diferenciando uma fratura (diáclase) de uma falha

Você já deve ter lido ou escutado em algum lugar o termo fratura. Muitas vezes, este termo é usado como sinônimos. Mas qual é a diferença entre eles? Falhamento é o processo geológico em que se produz uma fratura na crosta e é causado por tensões nas rochas e camadas geológicas de forma localizada ou de extensões continentais.

Uma diáclase ou fratura é a superfície planar de descontinuidade física das rochas (fratura) em que não se verifica deslocamento dos dois lados como nas falhas. Podem ter origem na tectônica, no resfriamento de magma e sua consolidação com diminuição de volume, e no aquecimento de rochas homogêneas ao sol e

o seu resfriamento à noite. Para saber mais conceitos sobre falhas, diáclases e outros termos de Geologia, visite o Glossário Geológico Ilustrado no seguinte endereço: <http://vsites.unb.br/ig/glossario/>.

As falhas também podem ser classificadas em rasas e profundas. As rasas têm a capacidade de gerar danos nas camadas superficiais da crosta, podendo estar associadas à dinâmica externa do planeta. As profundas são aquelas que conseguem atravessar toda a litosfera e compõem o limite de placas litosféricas, sendo denominadas de falhas transformantes.

É possível encontrar falhas em diversos espaços tectônicos. Pode-se relacioná-las a regimes deformacionais compressivos, distensivos e cisalhantes (são comuns em cadeias de montanhas modernas e antigas). Dependendo da magnitude do deslocamento, uma falha normal pode formar regiões escarpadas. Neste caso, teremos uma escarpa de falha. Um belo exemplo deste fenômeno é a Serra do Mar.



Serra do Mar: uma escarpa de falha

A Serra do Mar corresponde a uma imponente barreira de escarpa de linha de falha, com desníveis médios ao redor de 800 a 1.000 metros que, no Rio de Janeiro, chegam a alcançar o máximo de 2.400 m. A origem da Serra do Mar está relacionada a um desequilíbrio isostático que desencadeou intensos movimentos verticais na Bacia de Santos (submersa) e na área continental adjacente. Este falhamento foi intensamente modificado por processos erosivos e deposicionais, configurou-se à maneira de cristas

(as atuais Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e o Maciço da Carioca) e cavas existentes entre as serras (os atuais semigrabens do Paraíba do Sul e Baixada Fluminense).

As falhas possuem diferenciações que estão relacionadas ao mecanismo que as originou. As falhas normais podem ser provocadas por forças compressivas ou de estiramento que incidem em limites onde as placas divergem. Já as falhas inversas e de empurrão podem ser causadas por forças compressivas, como aquelas encontradas em limites onde as placas convergem. As forças de cisalhamento podem produzir falhas de deslocamento direcional.



Atende aos Objetivos 1 e 2

2. Você viu que a Serra do Mar é uma escarpa de falha. Também já conhece os diversos tipos de falhas. A partir da **Figura 8.5**, que apresenta os diversos tipos de falha, diga qual deles corresponde ao tipo de falhamento que deu origem à Serra do Mar. Explique sua resposta.

Resposta Comentada

O tipo de falha que originou a Serra do Mar é a falha normal. Como esta serra corresponde a um bloco falhado que foi soerguido e a bacia da Baía de Guanabara ao bloco rebaixado. Somente pode ter sido através deste tipo de falhamento, pois nos demais tipos a movimentação é lateral, ou com relação à falha inversa teria de haver o soerguimento do bloco da Baía de Guanabara deveria ter sido soerguida, formando um relevo de cuesta.

Dobras

As dobras normalmente estão associadas aos ambientes onde atuam as forças compressivas, como aquelas existentes ao longo das zonas de colisão de placas. Elas são analisadas como assinaturas das forças deformacionais que resultam da tectônica das placas. Esta deformação é capaz de ser gerada por forças horizontais ou verticais na crosta e podem ser observadas em rochas com estruturas horizontalizadas, mais tipicamente em cinturões de montanhas. Nos sistemas novos de montanhas, podem ser identificadas e traçadas um grande número de dobras, algumas de grande extensão (vide **Figura 8.1**).

As dobras são deformações dúcteis que afetam corpos rochosos da crosta terrestre. Uma das formas de caracterizar é analisá-las como ondulações de dimensões variáveis e com capacidade de ser quantificadas individualmente por parâmetros como amplitude e comprimento de onda.

O estudo das dobras pode ser conduzido em três escalas:

- 1) Macroscópica: a estrutura observada é produto da integração e reconstrução de afloramentos, representada em perfis ou mapas geológicos.

- 2) Mesoscópica: a estrutura é observada de modo contínuo, desde amostras na escala de mão até afloramento, ou maior ainda.
- 3) Microscópica: a estrutura é visualizada com o auxílio de microscópio ou de lupa.

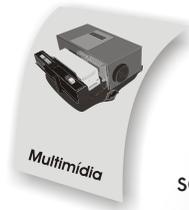
As dobras podem ser atectônicas, quando relacionadas com a dinâmica externa do planeta. São formadas na superfície ou próximas a ela, em condições parecidas com as condições ambientais atuais, sendo desencadeadas pela ação da gravidade e possuem expressão local. São formadas a partir de sedimentos saturados em água, os quais adquirem fluidez e movimentam-se em um meio de menor densidade, em geral aquoso.

Quando relacionadas com a dinâmica interna, as dobras são classificadas como tectônicas. São criadas sob condições variadas de esforço, temperatura e pressão, e mais relacionadas com processos de evolução da crosta, em particular com a formação de cadeias de montanhas (**Figura 8.7**).



Antonio S. da Silva

Figura 8.7: Dobra tipo chevron no município de Armação dos Búzios. Este tipo de dobra é característico de ambiente compressional.



O Himalaia brasileiro

Para saber mais sobre as dobras e mesmo sobre a formação de montanhas, visite a página do Projeto Caminhos Geológicos no seguinte endereço: http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/sitept/index.php?http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/lista_placas. Ao acessar a página, selecione o município de Armação dos Búzios na lista de municípios e depois selecione a placa relativa ao Himalaia brasileiro. Veja também as demais placas do município e as de outros municípios, tais como Cabo Frio e Arraial do Cabo.

O relevo gerado por blocos falhados

As falhas e as dobras influenciam na formação do relevo em várias partes da superfície terrestre. Nas zonas de falha, há maior facilidade de percolação de fluídos; logo, as rochas e materiais presentes nesta zona são mais facilmente intemperizadas do que as rochas adjacentes. Desta forma, são geradas áreas mais elevadas (com maior resistência à alteração) e áreas rebaixadas (de menor resistência à alteração). Como já dissemos antes, a própria Serra do Mar, no estado do Rio de Janeiro, é uma forma de relevo originada a partir de um bloco falhado, onde a área elevada apresenta rochas mais resistentes à alteração e a região da Baixada Fluminense e a região do vale do rio Paraíba do Sul apresentam rochas menos resistentes ao intemperismo.

É comum a ocorrência de depósitos de materiais transportados pelas encostas e pelos rios na base destes blocos falhados. Com o tempo as falhas mais antigas vão sendo cobertas por estes depósitos, até não mais ser possível observar o local onde ocorreu o falhamento.

As falhas normais estão relacionadas à formação dos *grabens*, que são os blocos rebaixados, e *horst* que são blocos elevados, ambos se destacam pela grandiosa expressão topográfica.

A palavra *graben* tem origem alemã, a tradução do seu significado em português significa escavação ou vala. Em síntese, é o conceito dado em geologia estrutural a uma depressão de origem tectônica, normalmente com a forma de um vale alongado com fundo plano, formulada quando um bloco de território fica rebaixado em relação ao território circundante, em resultado dos movimentos combinados de falhas geológicas paralelas ou quase paralelas.

Horst também é uma palavra de origem alemã, seu significado é ninho de águia ou colina alcantilada. É a designação dada em geologia estrutural e em geografia física a um bloco de território elevado em relação ao território vizinho por ação de movimentos tectônicos (**Figura 8.8**).

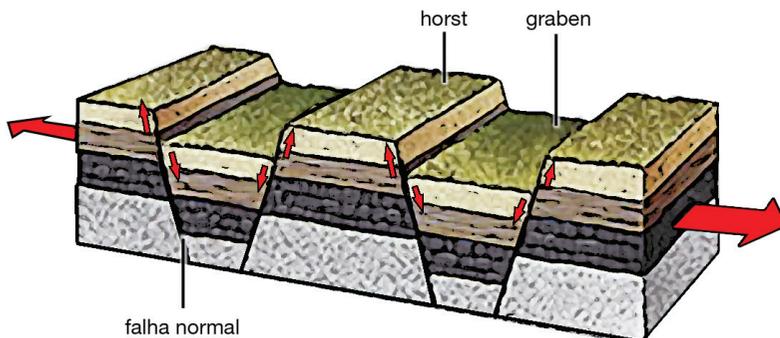


Figura 8.8: Sistema de blocos falhados, como *horst* e *graben*.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Horst_graben.jpg

A formação de um *graben* cria uma estrutura que se difere dos vales de origem erosiva pela presença de escarpas de falha em ambos os lados da zona deprimida. Dada à sua origem tectônica, os *grabens* estão frequentemente associados a estruturas complexas onde se alternam as zonas deprimidas (*grabens*) e as

Rift ou rifte é a designação dada em Geologia às zonas do globo onde a crosta terrestre e a litosfera associada, estão se quebrando (fratura) acompanhada por um afastamento em direções opostas de porções vizinhas da superfície terrestre.

zonas levantadas (*horst*), em faixas com relativo paralelismo. Em estruturas com centenas ou milhares de quilômetros de extensão, os *grabens* são designados por vales de *rift*.

Como resultado do afastamento, são formadas zonas de abatimento com tendência linear, separadas por escarpas de falha, ou seja, zonas de *graben*.

Estas estruturas podem ter maior ou menor complexidade, mas, em geral, prolongam-se por muitas centenas ou mesmo por muitos milhares de quilômetros.

Agora vamos pensar um pouco mais. Veja que se está ocorrendo um alargamento, a crosta ficará mais fina e assim há condições para a subida de magma. Todos os eixos das zonas de rift estão em geral, relacionado a linhas de vulcanismo ativo onde as erupções criam nova crosta para compensar o afastamento. O Vale do Rift, que percorre cerca de 5.000 km no Médio Oriente e no nordeste e centro da África, é o melhor exemplo de um rift emerso (**Figura 8.9**).

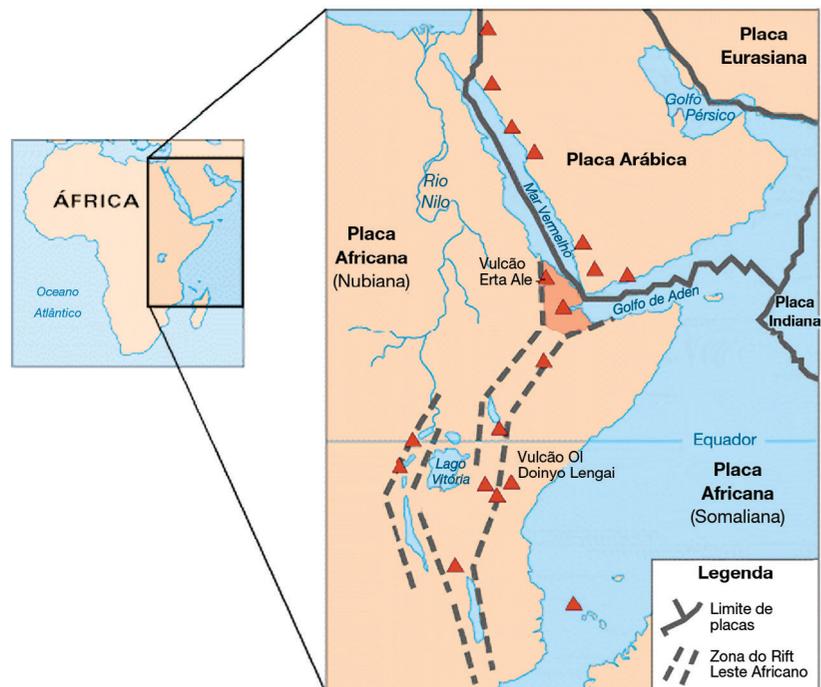


Figura 8.9: A placa africana continua a se fragmentar. A zona onde processo está em desenvolvimento corresponde à zona de rift, onde são formados vulcões e grandes lagos, como o Vitória.

Os vales de rift são diferentes das atuais cordilheiras meso-oceânicas, onde uma nova crosta é constantemente formada para compensar o afastamento de placas tectônicas divergentes. No entanto, caso o processo de expansão do rift prossiga por tempo suficiente, criando uma ruptura que leve à formação de duas placas tectônicas, pode ser gerado um novo oceano, tal qual o Oceano Atlântico.

O território que forma o *horst* eleva-se devido ao movimento combinado de falhas geológicas paralelas, ou relativamente paralelas, cujo movimento provoca o afundamento dos terrenos vizinhos ou a elevação de uma faixa de terreno entre elas.

Os *horst* tendem a ser faixas alongadas de terreno (que podem ter centenas de quilômetros de comprimento) elevado em relação ao território vizinho, do qual estão separadas por escarpas de falhas normais. Esta origem e o fato de tenderem a ter um topo relativamente aplanado, marcado por escarpas íngremes, fazem com que estas formações sejam por vezes designadas por mesetas ou por montanhas bloco (um exemplo é a famosa Table Mountain nos arredores da Cidade do Cabo, África do Sul – **Figura 8.10**).

É frequente os *horst* fazerem parte de estruturas tectônicas complexas onde alternam com *graben* e múltiplas falhas.



Hilton Teper

Figura 8.10: Table Mountain (ou Serra da Mesa, em português) na África do Sul é um exemplo de área elevada (*horst*).

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:View_from_Signal_Hill.jpg.

Resposta Comentada

Após a abertura do Oceano Atlântico, foram criadas condições tectônicas para a formação da Serra do Mar, como um bloco falhado que foi soerguido. Este bloco corresponde a um *horst*, enquanto que na área adjacente houve um rebaixamento de dois blocos, um correspondente a Baía de Guanabara e outro correspondente ao rio Paraíba do Sul, ainda que este último não fique muito bem caracterizado. Como pode ser observado na figura, o Graben da Guanabara fica entre duas áreas elevadas: à esquerda os maciços litorâneos (*horst*) e a direita a Serra do Mar (*horst*). A separação entre o Graben da Guanabara e o dois *horst* são falhas normais.

CONCLUSÃO

As dobras e fraturas existentes nas rochas são resultados explícitos de toda a atividade tectônica do planeta. Estas deformações possuem importância científica e econômica, pois além de servirem como comprovação da dinâmica do planeta, podem ser responsáveis pelo acúmulo de bens minerais e, em áreas serranas, podem limitar a ocupação do solo, devido à ocorrência de movimentos de massa. De fato, os movimentos de massa que ocorrem ao longo de toda a Serra do Mar têm como uma das causas a existência de rochas dobradas e fraturadas. Mas nem tudo está relacionado com desastres ambientais. Estas rochas constituem-se em grandes reservatórios de água em suas fraturas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

A região Sudeste do Brasil possui um grande número de rochas metamorfizadas que foram geradas quando da colisão que gerou o megacontinente Gondwana. Considerando os distintos ambientes deformacionais, diga em qual deles foram gerados os gnaisses que hoje estão superfície e fazem parte do relevo, principalmente do Rio de Janeiro?

Resposta Comentada

Os gnaisses são rochas dobradas, sendo assim, somente podem ter sido geradas em profundidade. O calor e pressão elevados modificaram a textura e a estrutura das rochas. Hoje o que vemos na superfície são dobras que foram formadas em alguns gnaisses, há aproximadamente 550 milhões de anos. Caso estas rochas estivessem na superfície, as mesmas teriam sido fraturadas e quebradas.

RESUMO

A Geologia Estrutural é a disciplina incumbida de estudar os processos deformacionais da litosfera e as estruturas que surgiram em decorrência dessas deformações. Estas deformações estão relacionadas a rochas dobradas, fraturadas e blocos soerguidos e/ou rebaixados. Os movimentos verticais da crosta são de

compensações isostáticas entre a astenosfera e a litosfera. Todos estes processos resultam em alterações nos ciclos de erosão e deposição de sedimentos e podem explicar algumas oscilações no nível do mar local. As deformações das rochas surgem a partir das forças que movem as placas tectônicas. Existem dois tipos de deformações em rochas: um regime dúctil e outro rúptil. No primeiro caso as rochas são dobradas e no segundo as rochas se quebram. As falhas são originadas pelo rompimento de uma formação rochosa com deslizamento paralelo à fratura. As falhas podem ser: falhas normais, quando causadas por forças de tensão, que resultam em extensão; falhas inversas, originadas por forças compressivas, que resultam em encurtamento; falhas transcorrentes, associadas com forças de cisalhamento; e falhas oblíquas, que sugerem uma combinação de cisalhamento, compressão ou extensão. As dobras normalmente estão associadas aos ambientes onde atuam as forças compressivas, como aquelas existentes ao longo das zonas de colisão de placas. Podem ser atectônicas, quando relacionadas com a dinâmica externa do planeta ou quando relacionadas com a dinâmica interna, as dobras são classificadas como tectônicas. As falhas normais estão relacionadas à formação dos *grabens*, que são os blocos rebaixados, e *horst* que são blocos elevados, ambos se destacam pela grandiosa expressão topográfica. Quando os *grabens* possuem dimensões quilométricas são designados por vales de rift, que é a designação dada em geologia às zonas do globo onde a crosta terrestre está se quebrando e vem acompanhada por um afastamento em direções opostas de porções vizinhas da superfície terrestre.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, ainda continuaremos a falar sobre a atividade tectônica do planeta, mas neste caso especificamente para entender como se formam as grandes cordilheiras montanhosas do globo.

Aula 9

Orogenia

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Apresentar como ocorre a formação dos grandes cinturões montanhosos do planeta.

Objetivos

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

1. identificar o processo de formação dos principais cinturões montanhosos do planeta;
2. distinguir as antigas áreas onde se formam as cordilheiras montanhosas das atuais;
3. relacionar a influência da geologia estrutural nas formas de relevo.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, os processos tectônicos vêm alterando os continentes e, de certa forma, rejuvenescendo-os, através da mobilização de matéria do interior para a superfície terrestre. A orogênese (do grego *oro* – montanha; *genesis* – origem) é o processo pelo qual são formadas as grandes cordilheiras montanhosas, que se inicia com pressão horizontal, ocorrida com a colisão entre as placas tectônicas, e finaliza com a formação das montanhas. A construção das grandes cordilheiras envolve também o falhamento, dobramento, vulcanismos e terremotos.

Para compreender a formação das montanhas, é importante relembrar tudo o que foi visto até o presente momento. Temas como: a formação das rochas, os processos relacionados à dinâmica interna da Terra, vulcanismo, terremotos e as deformações e fraturas serão novamente trabalhados nesta aula, pois eles explicam todo o processo de orogenia.

A criação das cordilheiras montanhosas está diretamente relacionada à formação das rochas, pois essas montanhas são formadas por rochas ígneas e metamórficas.

A origem das montanhas

Quando o planeta Terra começou a se formar, não havia montanhas, uma vez que tudo o que chegava ao planeta era fundido, devido ao elevado calor. As primeiras rochas originaram-se quando este material em fusão começou a se solidificar. Nesta época, ainda não podemos falar em montanhas, apenas em rochas que estavam se solidificando. A orogenia propriamente dita, somente vai surgir quando ocorrem os primeiros processos tectônicos, ou seja, quando as massas rochosas começaram a se movimentar e a se chocar. Como resultado deste choque, houve a formação e transformação de novas rochas, principalmente quando a crosta foi soerguida e formaram-se as primeiras cordilheiras montanhosas (**Figura 9.1**).



Antonio S. da Silva

Figura 9.1: Aspecto da cordilheira dos Andes na fronteira entre a Argentina e o Chile. Assim como as demais cadeias montanhosas, os Andes são formados a partir da colisão de placas tectônicas.

A orogênese ou orogenia é o conjunto de processos que levam à formação ou rejuvenescimento de cadeias de montanhas, devido à deformação compressiva da litosfera continental. A orogênese convergente traz como consequência a formação de dobramentos, cordilheiras ou fossas. Nesses ambientes, terremotos e vulcões ativos são frequentes.

Dobras e

dobramento

referem-se a uma feição estrutural de encurvamento de camadas ou bandas rochosas, originadas, principalmente, por esforços tectônicos. Por sua vez, dobramento corresponde a estruturas formadas através da colisão de placas tectônicas e que dão origem a grandes cordilheiras montanhosas da atualidade.

Quando os **dobramentos** datam de uma era geológica recente, por exemplo, dos últimos 65 milhões de anos (Era Cenozoica) como os Andes, são considerados modernos, e quando datam de uma era geológica antiga (pré-Cambriana, por exemplo), como o Escudo das Guianas, são considerados escudos ou maciços antigos, onde a tectônica não é capaz de soerguer estas montanhas.

Como explicar montanhas que atingem 8.000 metros de altitude? Por que estas montanhas localizam-se em determinados locais do planeta? A interpretação e a explicação da orogênese foram um problema para a Geologia, durante muito tempo. Como explicar que apesar de todo o processo erosivo que remove toneladas de materiais das áreas mais elevadas, ainda existem relevos abruptos e de grande altitude no planeta?

Esta explicação somente foi possível com a Teoria da Tectônica de Placas, que explica como ocorre o levantamento de áreas continentais como um efeito derivado da convergência de placas.

Mesmo com certo consenso sobre o principal processo formador das montanhas, ainda há um debate sobre o peso relativo de cada processo envolvido na orogênese (forças tectônicas, deformação da litosfera, erosão e transporte de sedimento, clima, magmatismo etc.). Como vimos na aula anterior, existe no planeta uma força chamada de compensação isostática. Assim, o crescimento de um orógeno e sua consequente deformação interna, seria sensível à distribuição superficial da erosão, que é controlada pelo clima. Esta influência do clima sobre a formação de cordilheiras montanhosas não é consensual.

Apesar de todas as explicações apresentadas pelos geólogos, às vezes, é difícil convencer e até mesmo se convencer de que o soerguimento de grandes massas de rocha é decorrência da dinâmica do planeta.

Como explicar rochas sedimentares metamorfizadas no topo de algumas cordilheiras? Mais é isso mesmo, é relativamente comum encontrar este tipo de rocha no topo destas montanhas. Na Colúmbia Britânica (oeste do Canadá, **Figura 9.2**) encontramos um belo exemplo de como as forças endógenas são capazes de transformar o planeta, através do soerguimento de rochas. Esta região do Canadá é uma extensão das Montanhas Rochosas (mais informações sobre esta cadeia montanhosa você verá no tópico “Principais cinturões orogênicos”). No início do século XX, foi descoberto no topo destas montanhas uma das maiores comprovações da tectônica de placas e da evolução da vida do planeta, os fósseis do Folhelho de Burgess.



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BurgessAnomalocaridid.jpg>

Os fósseis do Folhelho de Burgess (Burgess Shale) são excepcionais devido à sua idade e ao seu estado de preservação. Esses animais viveram durante o Cambriano (aproximadamente 545 a 490 milhões de anos atrás) e correspondem, ao que os cientistas chamam de, grande explosão de vida do Cambriano. Esta diversificação ocorreu nos oceanos, pois as áreas continentais da Terra não possuíam condições de manter vida de nenhuma espécie.

A primeira pergunta que se faz é: como animais marinhos podem estar situados a mais de 2.000 metros de altitude? Sabe-se que estes animais arrastavam-se nos sedimentos de fundo ou nadavam em águas calmas e aquecidas. Algum processo tectônico, provavelmente, um terremoto, causou um desmoronamento que os soterrou. Com o tempo, estes sedimentos foram transformados em rochas sedimentares e após a colisão das placas da América do Norte e do Pacífico estas rochas foram soerguidas a mais de 2.000 metros de altitude e junto com elas os fósseis do Folhelho de Burgess.



Figura 9.2: Localização da Colúmbia Britânica. Observe que esta área localizada na costa oeste da América do Norte irá apresentar uma cadeia de montanhas que de certa forma se liga à Cordilheira dos Andes na América do Sul.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BC-Canada-province.png>.

A orogenia, zonas de subducção e o ciclo das rochas

A orogênese sempre é gerada nas bordas de placas convergentes, ou seja, nas regiões contíguas ao limite entre duas placas litosféricas que estão em colisão. Basicamente, o fenômeno envolve, dependendo do tipo de placa tectônica envolvida na colisão, a geração de uma **Zona de Subducção**, gerada pela placa que mergulha no manto e na formação de cordilheira marginal a esta zona.

Como pode ser visto na **Figura 9.3**, quando há a colisão de placas, uma delas mergulha no manto e é consumida, devido às altas temperaturas, enquanto que a outra é soerguida, formando uma cordilheira montanhosa (A e B) ou as duas são soerguidas (C).

Zona de Subducção é a zona de contato e confronto entre duas placas tectônicas onde ocorre a descida (subducção) da placa mais pesada sob a mais leve até profundidades que podem atingir 700 km dentro do manto. Esta faixa de atrito entre as placas e afetada pela movimentação é palco de vários processos e fenômenos geológicos associados, como orogênese, vulcanismo e terremotos.

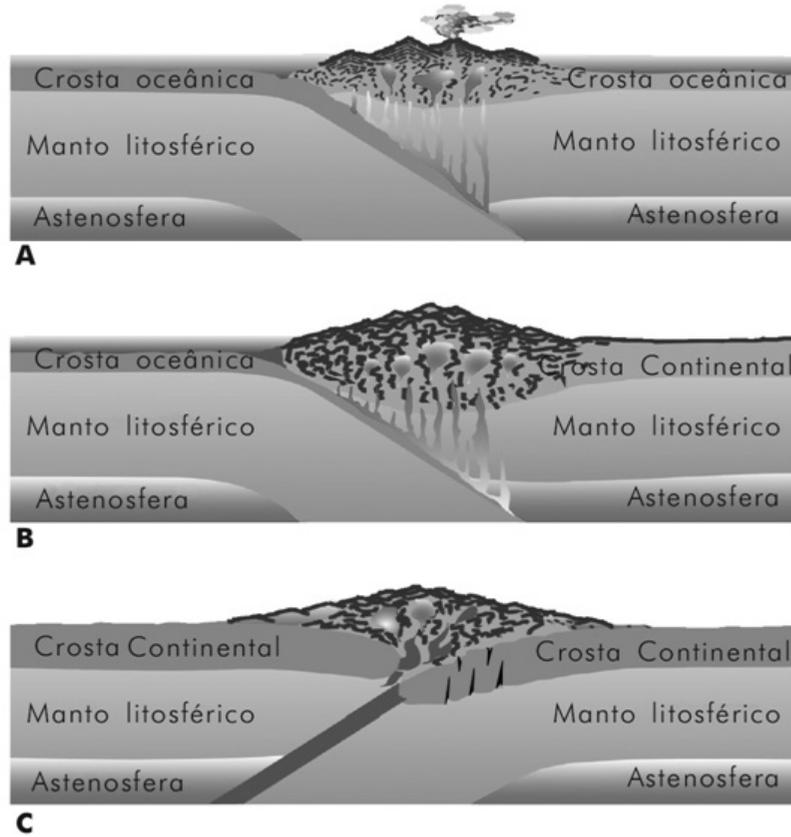


Figura 9.3: A colisão de placas tectônicas pode envolver crosta oceânica com crosta oceânica (A); crosta oceânica com crosta continental (B); e crosta continental com crosta continental (C). Em todos estes limites, podem ser formadas grandes montanhas.

Fonte: Teixeira et al. (2000).

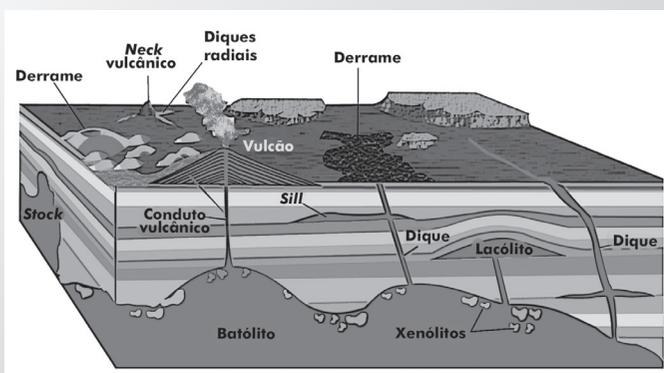
Todas as grandes cordilheiras atuais (Andes, Montanhas Rochosas, Alpes e Himalaia) são geradas em ambientes de colisão de placas. Quando a colisão envolve uma placa oceânica e outra continental, a placa oceânica mergulha, gerando uma zona de subducção, enquanto que a continental é soerguida, formando uma cordilheira montanhosa. Quando a colisão é do tipo oceânica x oceânica, a placa oceânica mais densa mergulha, formando uma zona de subducção e outra é soerguida, mas a cordilheira formada não é muito elevada. E quando é do tipo continental x continental não é gerada uma zona de subducção, pois as duas são leves e formam cordilheiras monumentais.

Podemos concluir que estes processos estão de acordo com a dinâmica ou ciclo das rochas, pois quando há o extravasamento de magma, novas rochas estão sendo formadas e quando há o metamorfismo, novos tipos de rochas também estão sendo formados.

Este regime compressivo faz com que a crosta possa duplicar sua espessura, causando a fusão das rochas da crosta inferior. Essa fusão pode gerar grandes quantidades de magma granítico, que ascende para formar extensos *batólitos* na crosta superior.



Batólito é um corpo plutônico intrusivo com área aflorante (ou de afloramento potencial por erosão) de mais de 100 km². Um batólito pode compreender uma única intrusão, cuja forma mais comum é tabular ou lenticular, ou ser composto de várias intrusões cortando umas as outras e formando um batólito complexo. Os batólitos são frequentemente formados por granitos, tonalito-granodiorítico, mas também ocorrem batólitos sieníticos, dioríticos, gabroicos.



Fonte: Teixeira et al. (2000).

A solidificação de rochas magmáticas pode ser através de extravasamento do magma na superfície ou através da sua solidificação no interior da crosta, como nos batólitos, que são formados a partir da fusão da crosta continental e da movimentação deste magma ácido em direção à superfície.

Ainda é possível falar em orogênese divergente que é a responsável pela formação das dorsais meso-oceânicas, que são as “cordilheiras submarinas” cujos picos formam ilhas que em sua maioria apresentam intensa atividade vulcânica. Neste caso, há uma divergência entre as placas tectônicas, que se movimentam em sentidos opostos.



Atende ao Objetivo 1

1. Considerando que a colisão de placas tectônicas é o principal fato gerador das grandes cordilheiras, diga qual dos três tipos de colisão (continental x continental; oceânica x oceânica; continental x oceânica) possui as melhores condições para formar as cordilheiras mais elevadas. Explique sua resposta.

Resposta Comentada

As maiores cordilheiras seriam formadas a partir da colisão entre placas tectônicas continentais. Estas placas apresentam baixa densidade e a tendência delas é sempre subir. Assim, as duas placas estariam contribuindo com material para a formação da cordilheira. Nos demais casos, a colisão das placas gera uma zona de subducção e apenas uma é soerguida, enquanto que a outra é consumida no manto.

Principais cinturões orogênicos

Os cinturões orogênicos também podem ser chamados de faixa móvel ou cadeias orogênicas. Eles correspondem a uma área extensa, elevada e estreita presente na superfície terrestre que passou, ou ainda estão passando, por um processo de atividade tectônica, provocados por efeito de dobramentos, seguidos de intrusões de batólitos, vulcanismo, terremotos e falhamentos.

Por que a região chamada de Círculo de Fogo do Pacífico é a que mais se adequa ao termo “cinturão orogênico”? Essa área destaca-se devido à ocorrência de terremotos, vulcanismos, dobras e falhas geológicas. Além disso, há a presença de diversas cadeias montanhosas que circundam o oceano Pacífico e que se formaram a partir do choque entre placas tectônicas.



Círculo de Fogo do Pacífico

O Círculo de Fogo do Pacífico é uma área situada ao redor do oceano Pacífico. O Círculo de Fogo do Pacífico tem de fato a forma de ferradura, com 40.000 km de extensão. Nesta região do planeta, estão presentes fossas oceânicas, cinturões de vulcões e intensa atividade sísmica (terremotos). São cerca de 452 vulcões capazes de provocar grandes danos.

O Círculo de Fogo do Pacífico concentra a maior parte dos vulcões ativos do mundo. Mais de 75% dos vulcões ativos do planeta estão nesta região. Na costa oeste das Américas do Norte e do Sul, também está presente uma grande cordilheira montanhosa que se estende do sul da América do Sul até o Alasca.



Grandes cordilheiras do passado

Na Aula 6, foram apresentados os principais conceitos sobre a Deriva Continental e a dinâmica das placas tectônicas. Observe a **Figura 9.4** e veja que há aproximadamente 270 milhões de anos todos os continentes estavam unidos, formando um único continente, denominado de Pangea.

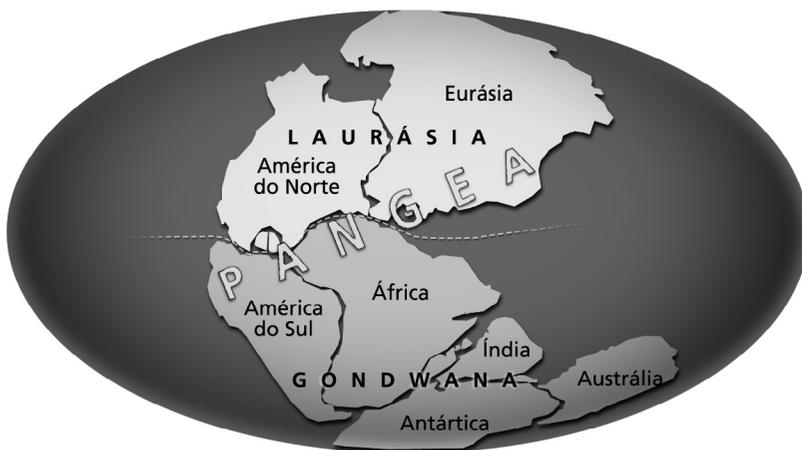


Figura 9.4: Com a colisão de todos os continentes, foi formado a 270 milhões de ano o megacontinente, denominado de Pangea.

Fonte: Modificado de Teixeira et al. (2000).

A disposição dos continentes era completamente diferente da atual. A junção das massas continentais teve início há aproximadamente 540 milhões de anos. Os atuais continentes da América do Sul, África, Antártica, Austrália e Índia formavam o supercontinente Gondwana, e os continentes da América do Norte e Eurásia, formavam o supercontinente Laurásia. Se as cordilheiras formam-se a partir da colisão de placas tectônicas, podemos supor que em cada um destes eventos colisionais foram geradas diversas cordilheiras montanhosas. Dentre os eventos orogênicos, os mais famosos foram os que deram origem aos Apalaches (orogenia apalachiana), na América do Norte; e a orogenia Búzios, na América do Sul.

Orogenia apalachiana

As rochas que constituem a base das Montanhas Apalaches foram formadas há mais de um bilhão de anos. Há cerca de 750 milhões de anos, a crosta deste supercontinente começou a fragmentar e separar-se. À medida que a crosta expandiu-se, uma bacia sedimentar profunda formou-se e foi preenchida pela água do mar. Durante um longo período de tempo de acumulação de sedimentos, possibilitou a formação de uma bacia sedimentar com grande profundidade.

Passados quase 300 milhões de anos, as placas começaram a mudar a direção do movimento e há cerca de 470 milhões de anos, os continentes começaram a se mover em direção ao outro. E há cerca de 270 milhões de anos, os continentes da América do Norte e África colidiram. Enormes massas de rocha foram empurradas e empilhadas para oeste e assim formar as montanhas, conhecidas como Apalaches.

Quando essas massas continentais colidiram, as rochas foram submetidas à pressão e calor intensos. E sempre que a temperatura eleva-se até quase o ponto de fusão das rochas, elas se deformam e recristalizam-se, passando a se chamar rochas metamórficas. Embora atualmente sejam raros, os terremotos eram muito comuns, quando os Apalaches estavam se formando.

Após essa colisão, as placas começaram a se fragmentar. A massa continental começou a separar e há cerca de 240 milhões de anos, uma nova bacia oceânica começou a se formar, para dar origem ao oceano Atlântico.

Quando se formaram, os Apalaches eram muito maiores do que são hoje, talvez como devem ser os atuais Andes. Com a abertura do oceano Atlântico, essa montanha de rochas começou a ser atacada pela erosão e vem sendo esculpida até os dias atuais. As altitudes dos Apalaches raramente ultrapassam 2.000 metros. Mais de 4 km de rochas foram erodidos, transportados pelos rios e depositados no oceano Atlântico.

Orogenia Búzios

As rochas presentes em quase todo o litoral do Brasil, mais especificamente no litoral da região Sudeste, foram formadas pelo mesmo tipo de evento que formou os Apalaches. A colisão dos continentes da América do Sul e África impôs às rochas pressões e temperaturas muito altas que produziram rochas metamórficas do tipo gnaisse.

A orogenia Búzios recebe este nome porque na localidade onde está a cidade homônima ainda restam rochas do paleocontinente Gondwana, que foi formado pela aglutinação das massas continentais da América do Sul, África, Austrália, Antártica e Índia. Esta orogenia ocorreu no meio do período geológico Cambriano e durou pelo menos 20 milhões de anos. As rochas desta orogenia também tiveram origem em sedimentos marinhos, pois entre a América do Sul e África existia um oceano.

Observe que tanto a orogenia Apalachiana quanto à orogenia Búzios deram-se através da colisão de placas continentais. Hoje o exemplo atual deste tipo de colisão são os Alpes e o Himalaia. Estima-se que as altitudes das montanhas geradas nesta colisão ultrapassaram 6.000 metros, podendo ter atingido alturas similares às do atual Himalaia.

Hoje, não resta mais nada desta cordilheira montanhosa. Se ela possuía de fato 6.000 metros de altitude, o que sobrou dela são blocos rochosos ao longo do litoral da região Sudeste que raramente ultrapassam 1.000 metros.



Estamos falando de rochas com milhões de anos, mas você já parou para pensar como sabem a idade das rochas? A datação das rochas é dada pelo tempo de cristalização dos minerais. Para datar as rochas formadas pela colisão da América do Sul e África, foram utilizados os minerais zircão e monazita. A datação é um processo complexo e foi obtido através de decaimento radioativo através do método de análise U-Pb (urânio-chumbo). A datação destes minerais em laboratório forneceu idade entre 520 e 500 milhões de anos. Este intervalo de tempo é interpretado como a idade da formação dos minerais e por consequência da rocha.



Atende ao Objetivo 2

2. Você já ouviu o termo “Himalaia brasileiro”? Sabemos que não temos no Brasil nenhuma montanha com 8.000 metros de altitude, assim como não temos uma cordilheira com este nome. Por que então este nome é utilizado por pesquisadores? Faça uma pesquisa na internet com o termo “Himalaia brasileiro”. Você encontrará algumas páginas no resultado da busca. Caso não encontre nada, digite o seguinte endereço: http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/pg_placa.php?p=39.

Resposta Comentada

A linguagem utilizada pelos cientistas é figurada e serve apenas para exemplificar ou mesmo chamar a atenção para um fenômeno que ocorreu no litoral da América do Sul e que possui as mesmas características do fenômeno tectônico que gerou o Himalaia na Ásia. Imagina-se que como a colisão entre a América do Sul e África envolveu duas placas continentais (mais leves), a cordilheira montanhosa formada a partir desta colisão deveria ter altitudes similares às do Himalaia.

Atuais cinturões orogênicos

Praticamente, todas as atuais grandes cordilheiras montanhosas tiveram origem nos últimos 65 milhões de anos (Cenozoico). Devido a esta pouca idade, são chamadas de dobramentos modernos ou recentes. Existe muita discussão sobre o que teria provocado tamanha modificação na dinâmica interna e no relevo do planeta Terra. A idade de 65 milhões de anos corresponde à grande extinção dos dinossauros entre o Cretáceo e Terciário. Dentre as diversas hipóteses, está a provável queda de um meteoro no Golfo do México. Além de causar a extinção dos dinossauros, as ondas sísmicas, provocadas pelo choque, teriam iniciado a movimentação de algumas placas, principalmente a placa indiana.

No entanto, vemos que desde o início do Cretáceo (142-65 milhões de anos) já existe a movimentação das placas tectônicas, devido à fragmentação do megacontinente Pangea. Depois dessa

discussão inicial, vamos conhecer os principais dobramentos da atualidade. As cadeias orogênicas que mais se destacam são os Andes na América do Sul; Montanhas Rochosas na América do Norte; os Alpes na Europa; e o Himalaia na Ásia. Como veremos, todos eles estão situados em zonas de colisão de placas tectônicas. Ainda existem várias outras montanhas associadas a estas zonas de colisão, tais como: Cáucaso, Pireneus e Atlas.

Andes

A cordilheira dos Andes surge como resultado da colisão entre as placas da América do Sul e de Nazca. A primeira é uma placa continental, portanto mais leve, e a segunda é uma placa oceânica, mais densa. Devido a esta diferença de densidades, a placa de Nazca mergulha sob a placa da América do Sul, gerando uma zona de subducção. Por sua vez, a placa da América do Sul é soerguida a milhares de metros de altitude, formando a cordilheira dos Andes. A orogenia Andina que teve início entre 65 e 53 milhões de anos.



Jorge Cirac

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/957649>

Durante algum tempo, acreditava-se que o soerguimento dos Andes teria sido lento e gradual. Entretanto, pesquisas recentes estão reformulando esta teoria e afirmam que a cordilheira teria

surgido abruptamente. A discussão atual é sobre a velocidade de movimentação das placas, que estaria relacionada à taxa de soerguimento dos Andes e ao mergulho da placa de Nazca. A velocidade de movimentação das placas tectônicas estaria reduzindo desde o Mioceno Superior (entre 8,7 e 5 milhões de anos atrás). Caso isto venha a ser comprovado, atualmente os Andes estão crescendo em um ritmo mais lento ou mesmo deixando de crescer.

Montanhas Rochosas

As Montanhas Rochosas foram formadas no Terciário, que em idade é equivalente à formação da Cordilheira dos Andes, na América do Sul. As rochas surgiram com o fenômeno que os geólogos denominam orogenia Laramide, que começou há 70 milhões de anos. As Montanhas Rochosas são formadas por um complexo de metamórficas e ígneas (o vulcão de Yellowstone está localizado nas Montanhas Rochosas). Grande parte dos tremores de terra que ocorre na América do Norte está associado à orogenia das Montanhas Rochosas.



Laura Shreck

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/1189159>

Alpes



Martin Boulanger

Fonte: <http://www.sxc.hu/photo/916133>

A orogenia alpina é parte do processo orogênico que formou várias montanhas durante o Cenozoico em todo o sul da Eurásia, começando no Atlântico, passando pelo Mediterrâneo e Himalaia e terminando nas ilhas de Java e Samatra. Formaram-se de oeste para leste: Atlas (África), Pireneus (Espanha/França), Alpes (Sul da Europa), Alpes Dináricos (Leste Europa), Balcãs (Leste da Europa), Cáucaso (Ásia), Himalaia (Ásia) e vários outros.

A orogenia alpina teve início quando a placa africana chocou-se contra a placa da Eurásia. Após a separação da América do Sul, a placa africana começou a mudar de direção, indo de oeste para noroeste e neste caso em rota de colisão com a Europa. Este movimento convergente entre as placas tectônicas começou no Cretáceo inferior (142-99 milhões de anos), mas se tornou mais intenso no Terciário, entre o Paleoceno e o Eoceno (55 a 34 milhões de anos). O ápice da orogenia ocorreu durante o Oligoceno e o Mioceno (34 a 5,3 milhões de anos). Além dos Alpes, foram formadas as montanhas dos Cárpatos (Romênia) e a cordilheira do Atlas (norte da África). Como resultado desta colisão, toda a parte sul da Europa é sujeita a terremotos e vulcanismo, notadamente a Itália.

Himalaia



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Himalayas.jpg>

O Himalaia está entre as formações montanhosas mais jovens do planeta. Sua formação é resultado da colisão de duas placas continentais, a placa indo-australiana e a placa da Eurásia. A colisão iniciou-se no Cretáceo superior, há cerca de 70 milhões de anos, quando a placa indo-australiana moveu-se rumo ao norte e colidiu com a placa da Eurásia. A formação do Himalaia teve início entre 52 e 48 milhões de anos.

A placa Indo-australiana continua a se movimentar por baixo do planalto do Tibete, forçando a ascensão do planalto e conseqüentemente de toda a cordilheira do Himalaia. Sua movimentação é da ordem de 67 mm/ano e, segundo especialistas, nos próximos 10 milhões de anos avançará cerca de 1.500 km para o interior da Ásia. Com esta movimentação, os Himalaias elevam-se cerca de 5 mm/ano.

Relevo de regiões orogênicas

Para compreender os relevos das regiões orogênicas, é necessário conhecer alguns conceitos, tais como: topografia, relevo e formas de relevo. A topografia pode ser compreendida como a descrição das formas de terreno, suas configurações, associações e altimetria das formas. Já o relevo refere-se à forma como as estruturas rochosas apresentam-se na superfície ou como estas estruturas sustentam os materiais intemperizados, que conhecemos como solos. As formas de relevo são analisadas de acordo com as suas características estruturais e a sua gênese. As quatro formas de relevo fundamentais são cadeias de montanhas, planaltos, depressões e planícies. Como pode ser observado, a forma do relevo é um dos fatores que pode facilitar ou dificultar a ocupação e o desenvolvimento de atividades humanas.

A orogenia causada por convergência de placas pode deformar a crosta a centenas de quilômetros da zona de colisão e influências diretamente as formas de relevo (**Figura 9.5**).

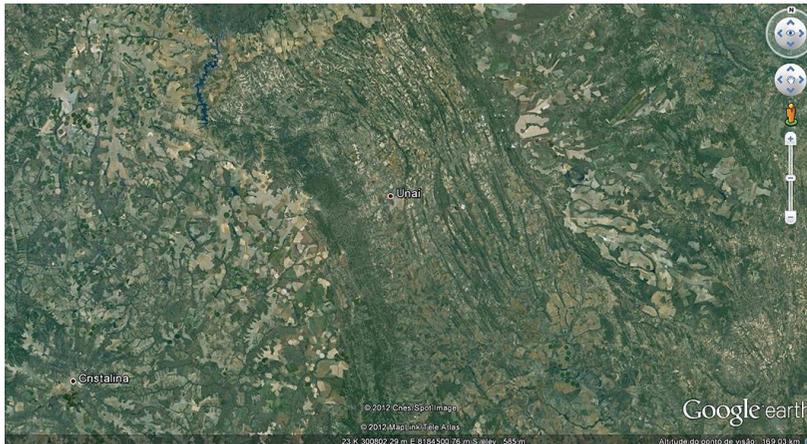


Figura 9.5: Estruturas dobradas, próximas à cidade de Unaí, a sudeste de Brasília. Apesar de estar a milhares de quilômetros da atual faixa orogênica dos Andes e muito distante do local da colisão que formou o supercontinente Gondwana, o interior do Brasil apresenta diversas rochas dobradas que são resultado da atividade tectônica.

O processo de formação do relevo de uma região deve ser analisado a partir dos sucessivos episódios de deformação, juntamente com outros processos geológicos. As mudanças no relevo podem ser muito intensas ao longo do tempo. Tomando-se como exemplo uma bacia sedimentar hipotética que foi preenchida por sucessivas camadas de sedimentos, se esta bacia for submetida a uma tectônica de colisão de placas, as camadas de sedimentos horizontalizadas serão inclinadas e dobradas devido à pressão horizontal. Se o processo continua, a tendência é que estas camadas sejam soerguidas, podendo formar grandes cordilheiras ou topos tabulares (**Figura 9.6**). À medida que a tectônica estabiliza-se, as formas de relevo geradas durante a compressão começam a ser desmanteladas pela erosão, que será mais acelerada, se o clima for mais úmido.



Figura 9.6: Visão de alguns topos tabulares na Chapada Diamantina. Esta forma de relevo teve início com a formação da bacia sedimentar do Espinhaço. Os sedimentos foram soerguidos e hoje estão na altitude máxima de 2.033 metros.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Chapada_diamantina.jpg#file.

E como podemos perceber a deformação nas distintas paisagens da superfície terrestre? É possível observar as deformações através das diferentes estruturas de dobras. A orogênese é capaz de alterar as estruturas em todo um continente? Sim, a convergência de placas possui essa capacidade. Além de empilhar a porção superior da crosta em múltiplas camadas com dezenas de quilômetros de espessura, essas rochas podem ser metamorfizadas, o que confere a elas maior resistência ao intemperismo e possibilitando que as mesas se sobressaiam na paisagem (**Figura 9.6**)

A compressão da crosta pode dobrar a sua espessura, aumentando a pressão sobre as rochas da crosta inferior, causando sua fusão, que por sua vez pode gerar grandes quantidades de magma granítico, que ascende e forma os batólitos. Ao final da orogenia, as montanhas são erodidas, tornando a crosta mais fina e expondo as rochas do batólito.



Os relevos orogênicos

Dentro da análise da formação de relevos orogênicos, é necessário ressaltar que, durante a colisão de placas tectônicas continente-continente, há o “Ciclo de Wilson” (repetidas sequências de fragmentações e “colagens” – agregações continentais que aconteceram na história geológica da Terra) que possibilita transformações dos relevos.

Na formação dos cinturões orogênicos, surgem relevos muito elevados, que contrastam com a relativa estabilidade e rigidez de outras áreas adjacentes, constituídas por rochas muito antigas, denominadas de crátons.

Os crátons continentais são materiais restantes oriundos da erosão das antigas rochas deformadas. São os núcleos estáveis que abrangem os escudos e as plataformas continentais. No entorno desses crátons, estão os cinturões orogênicos, atuais ou antigos, que se estabeleceram a partir da deformação compressiva.



O escudo ou escudo cristalino é o afloramento do cráton. Corresponde ao afloramento de rochas ígneas e metamórficas de alto grau.

Os escudos correspondem à base dos antigos continentes. É possível encontrar nestes escudos rochas com mais de 3 bilhões de anos. Apesar de muito resistentes à erosão, estas rochas foram submetidas a um longo processo de intemperismo que teve tempo suficiente para desgastá-las. Os escudos estão espalhados por diversas partes da superfície

terrestre e podem ser destacados, como: no continente americano, que aparecem o escudo das Guianas, o brasileiro e o canadense; no continente africano, o saariano; na Europa, o russo-fenoscândio; na Ásia, o siberiano, o chinês e o indiano; e na Austrália, o escudo australiano. No Brasil, em especial, apresentam-se três áreas de crátons (ou plataformas): o cráton do Amazonas, o de São Luis e o do São Francisco.



Atende ao Objetivo 3

3. Considerando apenas o Himalaia e os Andes, vemos que uma das diferenças entre estas cordilheiras montanhosas está no fato de que o número de vulcões nos Andes é maior que no Himalaia, no entanto o número de terremotos é similar. Que razões ou fatos explicam esta diferença?

Resposta Comentada

Os Andes estão localizados em uma zona de subducção, onde a crosta oceânica (placa de Nazca) subducta a crosta continental (placa da América do Sul) e é destruída no manto. O material parcialmente fundido aproveita as fissuras na crosta continental e consegue chegar à superfície na forma de vulcões. No Himalaia, o tipo de colisão (continental x continental) não gera uma zona de subducção e, portanto, não há formação de magma, pois as rochas não são destruídas e não há possibilidade para formar vulcões. Por outro lado, a colisão das placas cria um ambiente para a ocorrência de terremotos.

CONCLUSÃO

A tectônica de placas, além de promover dobramento e faturamento em rochas, é a responsável pelo soerguimento de grandes cordilheiras montanhosas, que são exemplos concretos da dinâmica interna do planeta. Nos Andes, em plena zona equatorial, temos a ocorrência de neves eternas. O Himalaia é uma grande barreira para os ventos úmidos que vem do oceano Índico. Na América do Sul, o clima semiárido apresentado pela Patagônia deve-se à cordilheira dos Andes que barra os ventos úmidos, vindos do Pacífico.

Mesmo em ambientes tectonicamente estáveis, ainda é possível observar-se as marcas e influências do passado tectônico. Os relevos dobrados, as estruturas em rochas indicam e explicam o passado tectônico de uma determinada região.

As antigas cordilheiras montanhosas foram erodidas e hoje estes ambientes estão rebaixados, suavizados pela erosão, criando condições mais propícias para a ocupação humana. Por sua vez, os atuais dobramentos constituem em vazios demográficos, devido às condições extremas para a sobrevivência de animais e plantas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

É fato comum encontrarmos nos livros de geomorfologia a expressão “velhas superfícies de erosão”, referindo-se a parte do território brasileiro que corresponde ao Planalto Central. Da mesma forma, os livros de pedologia associam a estas áreas solos muito intemperizados, tais como argissolos e latossolos. Que correlação pode ser feita entre as velhas superfícies de erosão, latossolos e argissolos, e o último ponto desta aula (crátons e escudos)?

Resposta Comentada

Como visto, o escudo das Guianas e o Planalto Central brasileiro formam o núcleo mais antigo da placa da América do Sul. São rochas que possuem bilhões de anos e devido a esta idade muito avançada estão sofrendo com um longo período de intemperismo, formando solos do tipo latossolo e argissolo. A expressão velhas superfícies de erosão refere-se a estas áreas muito antigas e que vem sendo erodidas há muito tempo.

RESUMO

Os processos tectônicos vêm ao longo do tempo alterando os continentes e, de certa forma, rejuvenescendo-os, através da mobilização de matéria do interior para a superfície terrestre. A

orogênese (do grego *oro* – montanha; *genesis* – origem) é o processo pelo qual são formadas as grandes cordilheiras montanhosas. Nestes ambientes, terremotos e vulcões ativos são frequentes. Os grandes dobramentos modernos possuem idade inferior a 65 milhões de anos (Cenozoico).

A orogênese sempre é gerada nas bordas de placas convergentes. Basicamente, o fenômeno envolve, dependendo do tipo de placa tectônica envolvida na colisão, a geração de uma zona de subducção, gerada pela placa que mergulha no manto e formação de cordilheira marginal a esta zona de subducção.

Os cinturões orogênicos são áreas extensas, elevadas e estreitas presentes na superfície terrestre que passou ou ainda está passando por um processo de atividade tectônica, provocados por efeito de dobramentos, seguidos de intrusões de batólitos, vulcanismo, terremotos e falhamentos.

Ao longo da história da Terra, ocorreram várias orogenias. As mais famosas foram as orogenias apalachiana e Búzios. As atuais orogenias formam as cordilheiras dos Andes, Montanhas Rochosas, Alpes e Himalaia.

A orogenia causada por convergência de placas pode deformar a crosta a centenas de quilômetros da zona de colisão e influencia diretamente as formas de relevo. Ao empurrar e empilhar as rochas, a orogênese metamorfiza.

Além de empilhar a porção superior da crosta em múltiplas camadas com dezenas de quilômetros de espessura, essas rochas podem ser metamorfizadas e ganhar resistência mecânica e resistem mais ao ataque intempéricos. Distinguimos estas rochas mais resistentes que formam relevos elevados, devido à relativa estabilidade e rigidez, e os denominamos de crátons.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, abordaremos como as atividades eólicas e marinhas influenciam as formas de relevo do planeta Terra. Existem ambientes que são gerados exclusivamente pela atividade marinha e eólica.

Aula 10

A ação geológica do mar e dos ventos

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Apresentar a influência do mar e do vento na construção e destruição de formas litorâneas.

Objetivos

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

1. identificar as principais características do fundo oceânico;
2. reconhecer os depósitos marinhos e eólicos.

INTRODUÇÃO

A importância dos estudos dos oceanos reside no fato de que, desde sua formação, as massas de água influenciaram a morfologia da superfície terrestre, o clima e a atmosfera através das trocas de elementos e do ciclo hidrológico, principalmente.

A atmosfera e os oceanos estão intimamente interligados, pois o vento, o calor do sol e a rotação da Terra, impulsionam as grandes correntes oceânicas, deslocando volumes de água gigantescos através de movimentos giratórios no sentido horário no hemisfério norte e anti-horário do hemisfério sul.

A ação geológica do mar e dos ventos influencia a configuração do relevo oceânico, o transporte e a sedimentação marinha e eólica, bem como as formas e depósitos de origem marinha e eólica.

Compreender a ação geológica do mar e dos ventos permite estabelecer as relações com os demais processos físicos, e de certa forma, como eles influenciam a vida humana em pequena ou larga escala. É isso o que vamos estudar agora.

O relevo do fundo dos oceanos

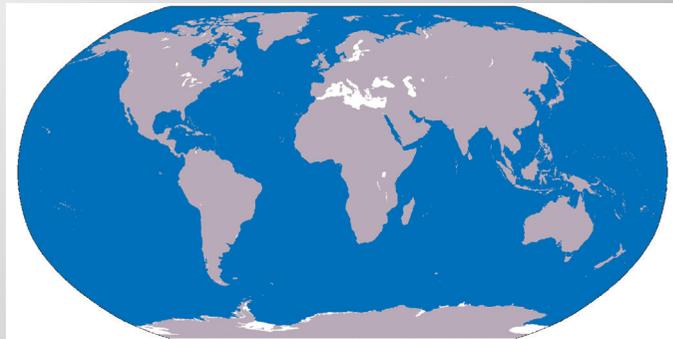
Descobrir e entender como se apresenta e estrutura-se o relevo oceânico sempre foi objeto de estudo e curiosidade da humanidade. Conhecer particularidades do relevo oceânico é entender a sua morfologia, mas antes é preciso saber algumas informações gerais.

Aproximadamente, 70% da superfície terrestre estão situadas abaixo do nível do mar (o oceano Pacífico destaca-se por possuir o maior corpo aquoso, seguido pelo oceano Atlântico e pelo oceano Índico, respectivamente). A individualização dos oceanos pode ser feita, utilizando-se as massas continentais ou pela diferença entre os padrões das águas. Vejamos agora alguns dos critérios utilizados para individualizar os oceanos.



Oceano global

Observe a figura a seguir e veja que, ao contrário das massas continentais, as superfícies líquidas estão unidas. O termo oceano global define este corpo único de água conectada. No passado do Planeta, já existiu um único oceano, e neste caso o termo oceano global é perfeitamente compreensível. A palavra oceano pode ser utilizada da forma como a conhecemos, com as divisões que usamos para distinguir as porções menores das superfícies líquidas, mas pode ser utilizada para se referir ao oceano global, pois não existem divisões entre os diferentes oceanos.



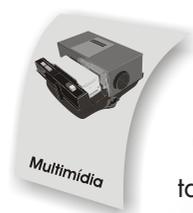
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:LocationOceans.png>

Os oceanos Ártico, Atlântico, Pacífico e Índico são separados por massas continentais. A separação do oceano Glacial Antártico é feita, seguindo os critérios que utilizam as características da água e o seu padrão de circulação.

O oceano Pacífico é o maior e menos afetado pelas massas continentais. O oceano Atlântico é mais estreito e bordejado por mares marginais (mar Mediterrâneo e mar do Caribe, por exemplo) e recebe drenagem dos maiores rios do mundo (Amazonas, Congo,

Mississipi, da Prata). Dentre os três principais oceanos, o Índico possui tamanho menor, temperatura da água mais elevada e apresenta grande riqueza de corais.

O assoalho dos oceanos é algo muito complexo, para atingirse e estudar. Vamos refletir um pouco sobre esta dificuldade. Saber o que existe, como é, quais são os animais que vivem em grande profundidade, entre outras questões, sempre aguçou a curiosidade das pessoas e até mesmo dos cientistas.



Poucas montanhas ultrapassam 8.000 m de altitude. No Brasil, nenhuma das nossas montanhas sequer atinge 3.000 metros de altitude.

Você pode não ter ido a alguma destas montanhas, mas já deve ter visto pela TV o esforço dos alpinistas em conquistar e viver nestes ambientes. Também deve ter visto a dificuldade de jogadores de futebol ao jogar uma partida em altitudes superiores a 4.000 metros. Agora imagine a dificuldade de se explorar os oceanos. Imagine nadar, sustentando o peso de uma coluna de água de 3.000 metros. Um dos grandes exploradores do fundo do mar foi o francês Jacques Cousteau (se lê Jaques Custô). Para saber mais sobre as explorações deste cientista, acesse o sítio <http://www.cousteau.org/>.

Durante algum tempo, acreditava-se que o assoalho oceânico fosse plano e monótono. Mas com a ajuda de modernos equipamentos de Geofísica foi feito o mapeamento do fundo do oceano e pode-se perceber que o relevo submarino apresenta diversas formas, que veremos mais adiante. Você pode visualizar parte da morfologia do fundo oceânico, utilizando o programa

Google Earth®. É possível ver as principais falhas, as cordilheiras meso-oceânicas, áreas protegidas, locais de naufrágios, entre outros. Também são acrescentadas informações de caráter geral, tais como: Qual é a profundidade média dos oceanos? Onde estão localizadas as maiores profundidades?

A propósito, você sabe qual é a profundidade dos oceanos? A profundidade média é de cerca de 3.870 metros. Já as maiores profundidades situam-se: no oceano Pacífico, nas fossas das Marianas (Challenger Deep), com 11.037 metros; no oceano Atlântico, nas fossas de Porto Rico, com 9.220 metros e nas proximidades das ilhas de Sandwich do Sul, com 8.264 metros; e no oceano Índico, na Fossa do Almirante, com cerca de 9.000 metros.

A análise da morfologia do assoalho oceânico permitiu dividir os atuais fundos oceânicos em grandes unidades de relevo, que são influenciadas e modeladas pelos processos sedimentares e pela tectônica global.

O relevo oceânico possui diversas feições fisiográficas, mas duas chamam a atenção pelas suas dimensões: as fossas submarinas e as cordilheiras oceânicas. As fossas submarinas são encontradas nas zonas de subducção de placas litosféricas e constituem depressões alongadas e estreitas. As cordilheiras oceânicas são feições longas e contínuas, fraturadas, com escarpamentos ladeados pelas planícies abissais. No oceano Atlântico, a cordilheira oceânica é conhecida como mesoatlântica.

A margem continental separa o domínio continental, constituído pela planície litorânea emersa, e o domínio oceânico, constituído pelo assoalho submarino. A margem continental é uma zona de transição entre crosta continental e crosta oceânica, cuja dimensão e morfologia dependem do ambiente tectônico (**Figura 10.1**).

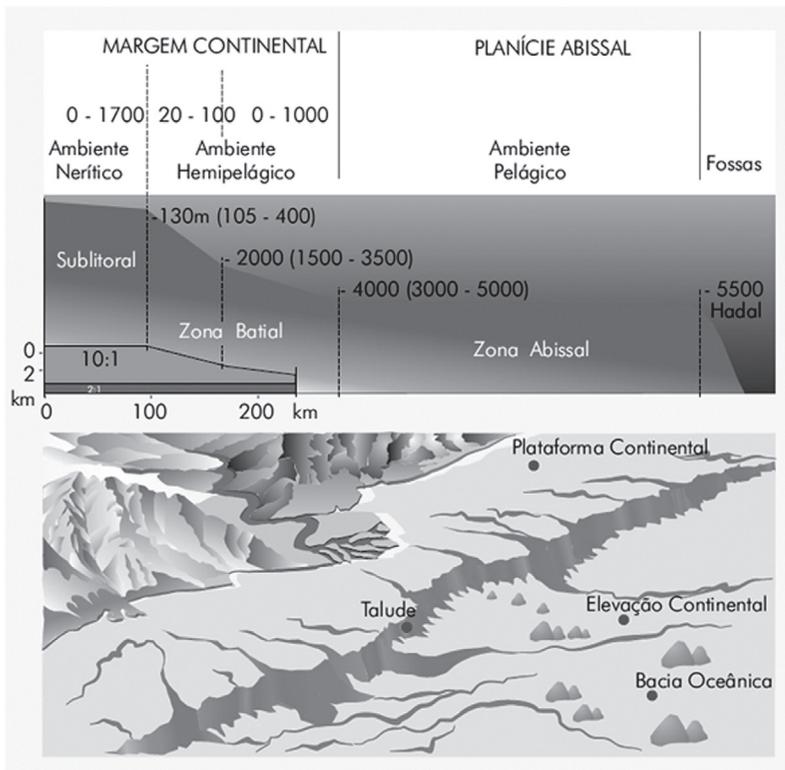


Figura 10.1: Esquema da configuração de margem continental do tipo passiva. A declividade é muito suave, o que diminui a energia das ondas, mantém condições para abrigar fauna e mesmo facilitar a ocupação da área continental adjacente. Fonte: Modificado de Teixeira et al. (2009).



Tipo de margem continental

Nos locais onde as placas estão colidindo, o limite das terras continentais emersas corresponde ao limite das placas tectônicas. Neste caso, a margem continental é denominada de margem ativa (tectonicamente). Nos locais onde as placas estão se afastando, o limite das massas continentais não corresponde ao limite das placas tectônicas e não sofre grande influência da tectônica, sendo chamado de margem passiva. Tomando como exemplo o

continente e a placa da América do Sul, a margem ativa corresponde a todo o litoral, banhado pelo oceano Pacífico, que coincide com a colisão desta placa com a placa de Nazca, gerando uma zona de subducção. A margem passiva corresponde à costa banhada pelo oceano Atlântico, que não está ativa tectonicamente.

A margem continental é composta pela plataforma continental, talude continental, elevação continental, fossa tectônica ou submarina (que somente vai existir nas margens continentais ativas) e as planícies costeiras. Vamos ver agora os conceitos de cada uma destas feições marinhas.

Plataforma continental

É formada por relevos planos de origem sedimentar que margeiam os continentes. Assim, as plataformas continentais são extensões submersas dos continentes que possuem declividade que varia de suave ou mais fortes rumo ao mar. A plataforma continental começa na linha de costa e desce até o talude continental. Em média, a profundidade máxima da plataforma continental é de 200 metros. A declividade da plataforma depende do tipo de margem. Nas margens passivas, a declividade é mais suave, enquanto que nas margens ativas a declividade é mais acentuada.

Boa parte do petróleo, explorado no mundo, encontra-se na plataforma continental. Também é neste ambiente que se encontram as maiores evidências da movimentação vertical das massas continentais ou do nível dos oceanos. São encontrados *beachrocks*, vales entalhados, linhas de costas fósseis e sua fauna fossilizada, entre outros vestígios geológicos.



Beachrock

A tradução literal deste termo para o português seria “rocha de praia”. Estas rochas são arenitos friáveis que misturam cascalho, areia e um material mais fino cimentante. Estas rochas são formadas junto à linha de costa, sendo que uma parte pode estar submersa e outra parte aflorante nas praias. Dependendo da origem e da localização, estas rochas podem conter conchas, fragmentos de corais e fragmentos de outras rochas. Nas costas que recuaram, os afloramentos de *beachrocks* podem ser as evidências do recuo do nível do mar. Neste caso, estas rochas podem agir como barreiras que reduzem a energia das ondas. Sucessivas fases de mudanças do nível do mar podem resultar em zonas sequenciais de *beachrocks*.



Figura 10.2: *Beachrock* nas ilhas Reunião. Os pontos mais claros na foto são conchas que foram sedimentadas junto ao material arenoso.

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reunion_SaintLeu_Beachrock.JPG

A plataforma continental brasileira

A plataforma continental brasileira estende-se das áreas rasas, dominadas por processos costeiros, ao limite do talude continental. Sua largura é variável, sendo estreita no nordeste do Brasil, alcançando largura de 350 km junto à foz do rio Amazonas e na região de Abrolhos, e ao longo de todo o setor sul atinge 200 km de largura.

As principais características desses ambientes são profundidades menores que 200 metros, declividade suave, salinidade marinha considerada normal (35%) e uma vasta diversidade de processos, tais como: correntes de marés, ondas, correntes provocadas por tempestades e correntes oceânicas que modelam a linha de costa.

A circulação das águas da plataforma continental tem profunda influência no ciclo de vida da fauna e da flora marinha, na distribuição de nutrientes, no transporte e dispersão de contaminantes e na atuação das obras de engenharia costeiras.

No Brasil, a plataforma continental abriga grande parte da nossa produção de petróleo. Cerca de 85% a 90% do nosso óleo é oriundo da plataforma continental. Grande parte da nossa produção de petróleo está localizada nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo, nas bacias sedimentares de Campos e de Santos.

A grande fronteira da nossa produção petrolífera está nas jazidas situadas na camada do subsolo oceânico, a uma profundidade de 5 e 7 mil metros, conhecidas como pré-sal (que pertence à bacia de Santos e estende-se do litoral do Espírito Santo até o litoral de Santa Catarina), no entanto esta área de exploração já está fora da plataforma continental brasileira.



Camada pré-sal é uma definição geológica que delimita um perfil geológico anterior à deposição de sal mais recente no fundo marinho.

Já o termo subsal, que também é uma definição geológica, significa o que está abaixo do sal, não necessariamente sendo uma camada de rocha. De forma simplificada, o pré-sal é um conjunto de reservatórios mais antigos que a camada de sal (halita e anidrita), geralmente encontrada entre continentes, acima de outras lâminas de origem vulcânica, localizadas no fundo oceânico. As formações da camada pré-sal são mais antigas e de acesso mais difícil que as reservas de petróleo, acima da camada de sal, denominadas pós-sal. Acredita-se que os maiores reservatórios petrolíferos do pré-sal, todos praticamente inexplorados pelo homem, encontram-se do Nordeste ao Sul do Brasil, no Golfo do México e na costa oeste africana.

No Brasil, a área que tem recebido destaque pelas recentes descobertas estende-se do norte da bacia de Campos ao sul da bacia de Santos, desde o Alto Vitória até o Alto de Florianópolis, respectivamente. A espessura da camada de sal na porção centro-sul da bacia de Santos chega a 2.000 metros, enquanto na porção norte da bacia de Campos está em torno de 200 metros. Este sal foi depositado durante o processo de abertura do oceano Atlântico, após a quebra do Gondwana (antigo supercontinente, formado pela América do Sul e África, cuja fragmentação foi iniciada a cerca de 120 milhões de anos). As camadas de sal foram depositadas durante a última fase de mar raso e de clima semiárido/árido (113 a 119 M.a.).

Em síntese, a plataforma continental brasileira pode ser dividida em Norte, Nordeste, Central e Sul. A região Norte vai do Oiapoque (AP) ao delta do Parnaíba (PI); a região Nordeste, do delta do rio Parnaíba (PI) a Salvador (BA); a região Central, de Salvador (BA) a São Tomé (RJ); e a região Sul, de São Tomé (RJ) ao Arroio Chuí (RS).



Figura 10.3: Compartimentação da plataforma continental brasileira. Cada um dos compartimentos está relacionado com sua área continental adjacente.

Na plataforma continental norte, a margem continental brasileira corresponde a um dos maiores ambientes de sedimentação do mundo. O principal responsável por esta sedimentação é o rio Amazonas. Estima-se que este rio transporte em média $0,82 \times 10^9$ ou 890.000.000 toneladas de sedimentos em suspensão.

Diferente da plataforma continental norte, a plataforma continental do nordeste do Brasil apresenta um nível de sedimentação muito inferior, em função da ausência de uma grande área fonte, do clima, da drenagem e do ambiente tectônico de toda a faixa litorânea. A ausência de rios de grande porte, devido ao clima com forte tendência a aridez e da baixa sedimentação de origem continental, essa plataforma é estreita (largura média de 63 km) e rasa (a maior parte é mais rasa que 40 m, com exceção a noroeste de Natal onde é mais rasa que 20m). Neste trecho da plataforma continental, existem várias ilhas e inúmeros montes submarinos rasos, pertencentes às cadeias norte-brasileira e de Fernando de Noronha. Eles aparecem ao longo dessa plataforma continental e estão situados em frente aos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

A plataforma continental central reflete sua evolução geológica, associada aos processos erosivos e sedimentares da **transgressão marinha** quaternária ocorrida nos últimos 20.000 anos. Nessa plataforma, há o predomínio da sedimentação carbonática (sulfatos, fosfatos, nitratos e sais haloides), principalmente em áreas que possuem menos de 60 m de profundidade. Somente as rochas vulcânicas e os recifes biogênicos do arquipélago de Abrolhos e esparsas elevações na zona costeira chegam à superfície. Ao sul das ilhas de Abrolhos, esses recifes costeiros estão ausentes.

Finalmente, a plataforma continental sul do Brasil possui largura que oscila entre 90 km, próximo à cidade de Cabo Frio, no Rio de Janeiro, até mais de 180 km, no litoral dos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. As feições mais importantes na plataforma continental sul talvez sejam os registros de diversas paleolinhas de costa, representados por aumento expressivo da declividade.

Talude continental

O talude continental é uma unidade de relevo com base sedimentar, que tem uma inclinação mais acentuada que a plataforma continental. Localizado entre esta e as zonas abissais, pode chegar

Transgressão marinha refere-se à elevação do nível do mar e seu consequente avanço sobre as terras emersas, com recuo da linha de costa. O oposto da transgressão é a regressão marinha, com rebaixamento do nível do mar e o avanço da linha de costa.

a uma profundidade aproximada de 3.000 metros. Seu relevo não é homogêneo, pois pode ser influenciado pelo magmatismo básico e pela tectônica extensional que originou o rift e o próprio oceano.

Elevação continental

Está localizada na base dos taludes continentais. Sua visualização é mais bem percebida em margens passivas (tipo Atlântico). Corresponde a uma unidade relevo irregular, gerada por sequências sedimentares, relacionadas aos processos de transporte e deposição que configuram as plataformas e taludes continentais. Seu limite externo é delimitado pela planície abissal. Possui declividade moderada e sua profundidade cresce lentamente.

Fossas submarinas ou oceânicas

Constituem apenas uma pequena parte do relevo submarino, mas sua importância reside no fato de que nestas áreas a crosta oceânica é consumida nas zonas de subducção. Por consequência, são depressões alongadas e estreitas, muito profundas e com laterais com altas declividades.

Planícies abissais

São áreas extensas e profundas, localizadas nas áreas de margem passiva. O relevo plano vai da base das elevações continentais até os relevos íngremes e abruptos das cordilheiras oceânicas.



Atende ao Objetivo 1

1. A zona costeira pode apresentar ambientes ricos em nutrientes, formando na desembocadura de alguns rios um local extremamente favorável e de grande produção primária, chamado de manguezal. Os maiores manguezais no Brasil estão situados junto à foz do rio Amazonas. Por outro lado, em todo o litoral nordestino, os manguezais são pequenos, exceto a foz do rio São Francisco. Que correlações podem ser feitas entre a largura da plataforma continental brasileira e a presença ou ausência de manguezais?

Resposta Comentada

A plataforma continental é mais larga no litoral norte, devido à intensa descarga de água e sedimentos pelo rio Amazonas. A existência de manguezais está associada ao aporte de água doce continental que misturada à água salgada cria um ambiente único para o desenvolvimento de plantas, peixes e outros animais. Assim, o litoral norte preenche todas as condições para o desenvolvimento de manguezais e para a maior largura da plataforma continental. O litoral do Nordeste não apresenta grandes rios, assim a descarga de água doce é mínima, reduzindo a possibilidade de desenvolvimento de manguezais.

Transporte e sedimentação marinha

Grande parte das partículas geradas pela ação do intemperismo e da erosão dos materiais continentais são depositadas nos oceanos. Os depósitos sedimentares marinhos são constituídos por um tipo predominante ou misturas de sedimentos provenientes de diversos lugares.

Existem vários depósitos sedimentares nos fundos oceânicos, constituídos principalmente por produtos terrígenos (áreas continentais emersas constituídas de alguns elementos, como feldspatos, micas e argilominerais), biogênicos (conchas e matéria orgânica, derivadas da vida marinha e terrestre, como vértebras, carapaças, valvas e **coprólitos**) e autigênicos (precipitados de sais a partir da água do mar) que recobrem as bacias oceânicas atuais (**Figura 10.4**).

Coprólitos são fezes fossilizadas ou endurecidas.

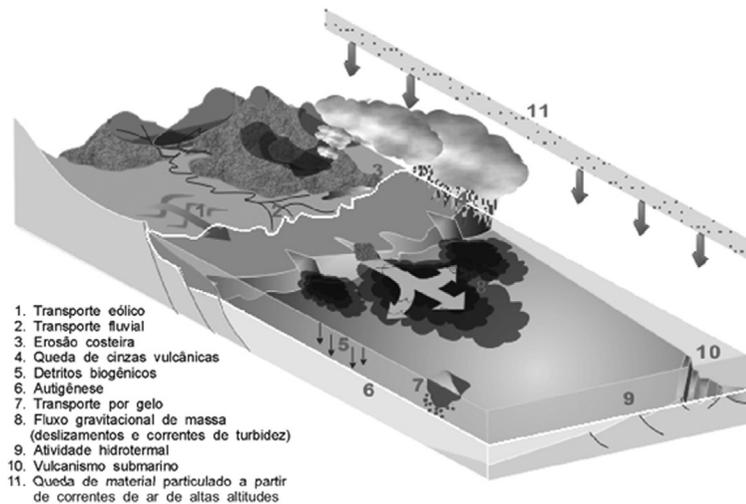


Figura 10.4: Processos de transporte e deposição de sedimentos nos oceanos. Fonte: Modificado de Teixeira et al., (2009).

Os depósitos variam de acordo com a origem e são caracterizados por dois grupos, conhecidos como depósitos sedimentares neríticos e depósitos sedimentares oceânicos.

Os depósitos sedimentares neríticos possuem uma grande variedade de partículas terrígenas, derivadas do continente, que se acumulam na margem continental. Também são formados por materiais biogênicos, autigênicos e cosmogênicos. Ondas e correntes marinhas geram a distribuição destes sedimentos na plataforma continental. Uma parcela é transportada por correntes de turbidez até a base do talude, formando a elevação continental.

Os depósitos sedimentares oceânicos representam partículas finas acumuladas em pequena quantidade no assoalho oceânico. Ainda que poucas, ainda é possível encontrar partículas terrígenas. As partículas biogênicas e autigênicas são as mais abundantes nos fundos oceânicos.

A disseminação de sedimentos no assoalho oceânico segue um padrão em função dos processos geológicos e oceanográficos. Os principais processos de distribuição de sedimentos nos oceanos são tectônica global, circulação oceânica, **circulação termohalina**, mudanças climáticas de larga escala e as variações relativas do mar, processos hidrodinâmicos em áreas costeiras e plataformas continentais.

Depósitos de origem marinha

Os depósitos sedimentares dos fundos oceânicos são bem distintos, quanto à origem e composição, embora ocorram sedimentos neríticos na margem continental. É possível destacar alguns materiais, como:

- Argilas abissais, que possuem um material particular muito fino que recobre boa parte dos assoalhos do oceano profundo. Sua coloração é marrom avermelhada, por causa da quantidade de óxidos de ferro. São transportadas pelos ventos, que sopram dos continentes para os oceanos e distribuídas no assoalho oceânico pelas correntes marinhas, juntamente com os sedimentos vulcanogênicos e

A **circulação termohalina** é a circulação induzida pela mudança de densidade, que é provocada pelas variações de temperatura e salinidade da água do mar. Sua origem é na fusão do gelo nas calotas polares que, por serem muito frias e muito densas, deslocam-se em direção às zonas de baixa latitude.

cosmogênicos. Mesmo assim, em algumas áreas de grande produtividade biológica, é possível encontrar depósitos oceânicos de origem biogênica, recobrando o assoalho marinho, principalmente de regiões não muito profundas.

- Exsudatos possuem uma constituição sedimentar, com pelo menos 30% em peso formado por conchas e carapaças de plantas e animais. Não são encontrados nos limites da plataforma continental, devido ao excesso de deposição terrígena. É subdividido em: silicosos (SiO_2 – carapaças de diatomáceas e radiolários) e calcários (CaCO_3 – carapaças de foraminíferos e pterópodos). A taxa de acumulação dos exsudatos depende da produtividade, destruição e diluição destes restos. Regiões de **ressurgência** são favoráveis ao acúmulo sedimentar biogênico, por causa da elevada produtividade das formas planctônicas.



A ressurgência é um fenômeno físico que ocorre em determinados locais dos oceanos nos quais águas profundas e geralmente mais frias emergem, trazendo consigo muitos nutrientes, tornando este ambiente bastante favorável à pesca, devido à elevada produtividade. No Brasil, este fenômeno ocorre no litoral do Rio de Janeiro (Arraial do Cabo e Cabo Frio). A corrente fria ascende até a superfície, devido ao regime de ventos e a uma barreira física submersa, denominada de alto estrutural de Cabo Frio. A formação deste alto está relacionada à abertura do oceano Atlântico, quando movimentos na crosta terrestre soergueram rochas muito antigas (com idade aproximada de 2 bilhões de anos). O alto estrutural de Cabo Frio separa as bacias sedimentares de Campos e de Santos.

Restingas

Você sabe o que é uma restinga? Este termo é usado de forma generalizada para designar um conjunto de areais costeiros que se encontram revestidos por uma vegetação baixa e extremamente adaptada a condições de extrema luminosidade. Em Geologia, o termo designa formações sedimentares arenosas costeiras, de origem recente com poucos milhares de anos (Quaternário). Em Biologia, o termo expressa um tipo de comunidade vegetal litorânea, determinada pelo tipo de solo (arenoso) e pela influência marinha. As restingas são ecossistemas costeiros onde as espécies (flora e fauna) possuem mecanismos para suportar condições extremas de salinidade, temperatura, ventos, água, insolação e o solo pobre e instável.

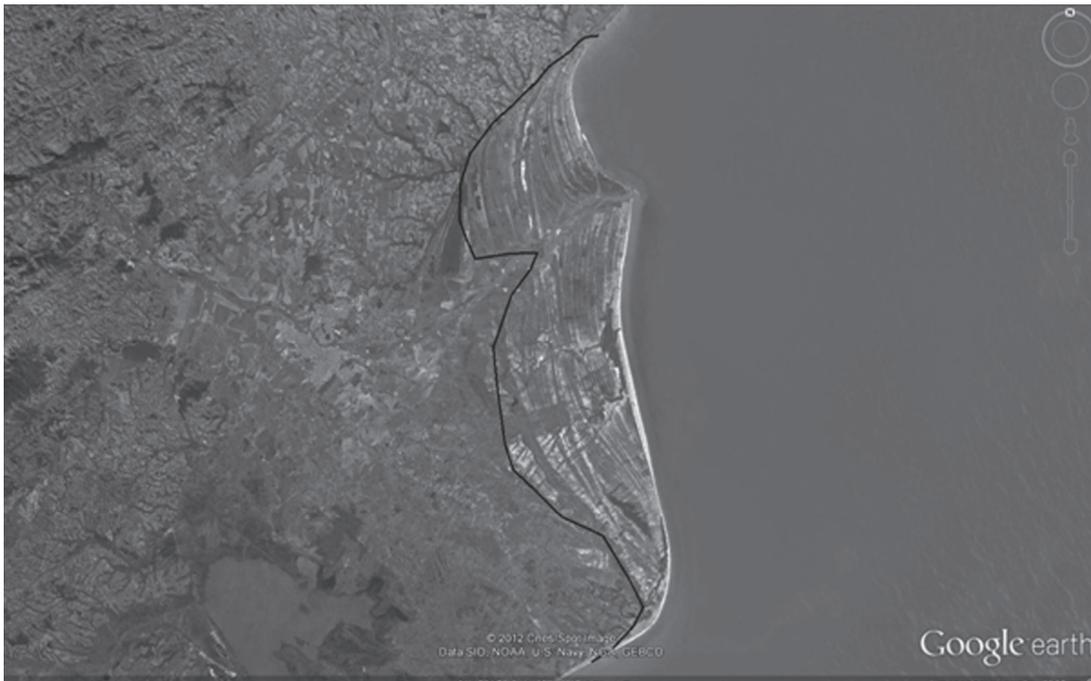
As restingas começaram a surgir com o recuo do mar. Podemos considerar que estes ambientes ainda estão em processo de formação, caso o nível do mar continue recuando ou podem estar em processo de destruição, caso ocorra uma elevação do nível do mar. Na sua formação, é necessário que ocorra:

- oferta de sedimentos (areia), cujas fontes podem ser as rochas costeiras, o material existente no fundo oceânico e sedimentos, trazidos pelos rios; correntes de deriva, que são correntes paralelas à linha da costa e que redistribuem os sedimentos ao longo do litoral;
- pontos de ancoragem, que são obstáculos (ilhas, recifes, pontais etc.) que retêm os sedimentos, formando bancos arenosos;
- variação do nível do mar, que permitiu a exposição de bancos de areia antes submersos, assim como criou uma sucessão de cristas em função do recuo do mar.



Atende aos Objetivos 1 e 2

2. Observe a figura a seguir. Nela está individualizado um setor do litoral do estado do Rio de Janeiro com a demarcação de um ambiente de restinga, na foz do rio Paraíba do Sul. Caso você tenha instalado no seu computador o programa Google Earth®, você pode acessar a figura a partir do *link* Restinga Paraíba do sul.kmz. Caso você não tenha instalado, você pode fazer download do software no seguinte endereço: <http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/index.html>.



A partir desta figura, responda às seguintes perguntas:

- Qual é a principal fonte de sedimentos para a restinga?
- Quais são os indicativos de transporte litorâneo de sedimentos?

Resposta Comentada

- a) A principal fonte de sedimentos para a formação da restinga é o rio Paraíba do Sul.
- b) Os indicativos são cordões arenosos paralelos à praia e a presença de lagoas entre os cordões. A restinga é formada a partir do aporte de sedimentos e do recuo do nível do mar. À medida que os sedimentos chegam à praia, eles são redistribuídos lateralmente, devido ao transporte litorâneo, e quando o mar recua, estes sedimentos isolam as lagoas costeiras que gradativamente vão sendo fechadas.
-

Transporte e sedimentação eólica

Durante um vento com mais velocidade, é comum sentirmos no nosso corpo o impacto das pequenas partículas transportadas por ele. Este material, quando depositado em grandes concentrações, formam os depósitos eólicos. As características destes depósitos estão relacionadas à velocidade do vento e à granulometria do material. É lógico supor que um vento que possua maior velocidade terá capacidade de transportar partículas maiores.

Ao transportar os grãos de areia e silte, principalmente, o vento também produz erosão. O efeito abrasivo destes grãos sobre rochas e solos é capaz de remodelar rochas, criando formas muito diferentes (**Figura 10.5**).



Figura 10.5: A Taça é um dos cartões-postais da cidade de Ponta Grossa, no Paraná. Sua origem está associada à erosão eólica e pluvial de arenitos. Observe que, nos locais mais frágeis, a erosão é maior, o que possibilita a criação de diferentes formas.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Vila_Velha2.jpg

As partículas mais finas (menores que 0,125 mm de diâmetro – ex.: areia fina, silte e argila) são transportadas em suspensão, pois devido ao seu pequeno peso permanecem suspensas por mais tempo e são levadas a grande distância.

Já as partículas de areia, (areia média e muito grossa – diâmetro entre 0,125 mm e 2 mm) que são mais pesadas, são transportadas por saltação (**Figura 10.6**). Este movimento recebe o nome de saltação, pois há a colisão de partículas em deslocamento com grãos na superfície. O transporte de partículas maiores de diâmetro superior a 0,5 mm também é feito por processo conhecido como arrasto, mas não muito significativo.

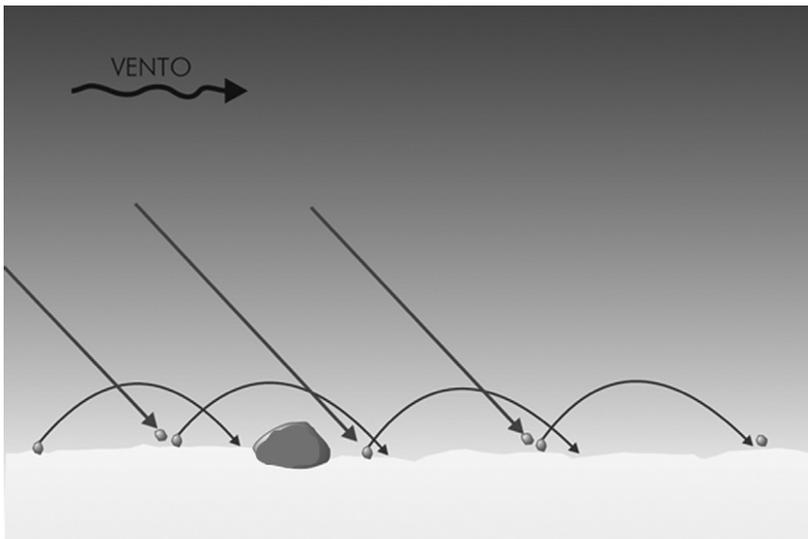


Figura 10.6: O transporte de areia por saltação ocorre quando o diâmetro e a massa do grão são grandes o suficiente para que o mesmo não permaneça em suspensão, por um tempo mais prolongado. Quando ocorrem as maiores rajadas, o grão dá um "salto" até que outra rajada mova-o novamente.

Fonte: Modificado de Teixeira et al. (2009).

Os depósitos eólicos formados pelas areias criam uma feição extremamente importante, denominada de duna. As dunas podem ser classificadas em estacionárias ou migratórias. Nas estacionárias, a areia deposita-se em camadas que acompanham o perfil da duna. Sucessivas camadas vão se superpondo, criando condições para a formação de estratos. A imobilidade dessas dunas deve-se a maior umidade, obstáculos internos e desenvolvimento da vegetação.

As dunas migratórias são formadas pelo mesmo tipo de sedimentação que forma as dunas estacionárias. Este tipo de duna recebe este nome, pois todo o corpo da duna é deslocado. O deslocamento provoca diversos danos, tais como soterramento de casas, assoreamento de zonas litorâneas, criação de obstáculos nas rodovias entre outros.

As dunas podem estar localizadas no interior ou junto ao litoral, mas sempre associadas ao regime climático de baixa pluviosidade e ventos que sopram na maior parte do tempo em uma direção. Normalmente, é nos ambientes desérticos e semiáridos interioranos que ocorrem as maiores dunas, mas grandes extensões de areia também podem ser encontradas junto ao litoral, desde que as precipitações não sejam muito elevadas. Estas dunas costeiras são formadas, devido à ação do vento que sopra em uma direção preferencial, trazendo sedimentos da praia e depositando-os no continente. Os melhores exemplos destas dunas são os Lençóis Maranhenses, Dunas de Genipabu (Rio Grande do Norte, **Figura 10.7**), Mangue Seco na Bahia, Dunas do Perú e Dama-Branca (**Figura 10.8**) em Cabo Frio (Rio de Janeiro), Laguna em Santa Catarina, entre outros.



Antonio S. da Silva

Figura 10.7: Dunas de Genipabu, no Rio Grande do Norte.



Antonio S. da Silva

Figura 10.8: Campo de duna da Dama-Branca, em Cabo Frio. No primeiro plano, pode ser observado o transporte de areia pelo vento.

Quanto à forma, as dunas podem ser classificadas em dunas transversais, barcanas, parabólicas, estrela e longitudinais (**Figura 10.9**).

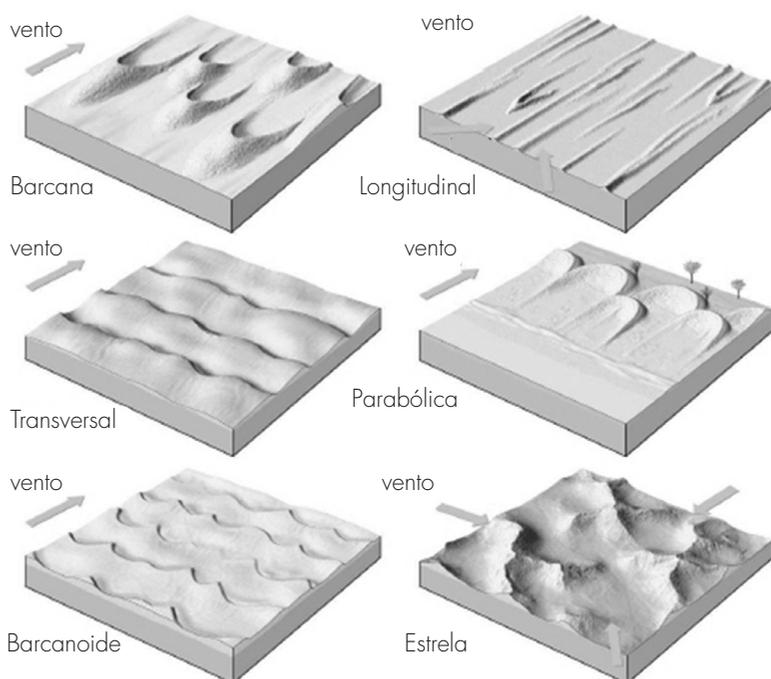


Figura 10.9: Diferentes tipos de dunas.

As dunas transversais são formadas em ambiente de vento frequente e de direção constante, bem como uma fonte contínua e abundante de areia. São formadas em ambientes litorâneos, pois as praias constituem sua fonte de sedimentos. A denominação de transversal é oriunda de sua orientação perpendicular ao sentido preferencial do vento.

As dunas barcanas são desenvolvidas em ambiente de vento moderado e com fornecimento de areia limitado. A duna assume a forma de meia-lua, com suas extremidades orientadas no mesmo sentido do vento. Devido ao pequeno aporte de areia, este tipo de duna não forma grandes campos contínuos e tendem a possuir pequena altura.

As dunas parabólicas são semelhantes às dunas barcanas, mas com as extremidades mais fechada, semelhante à letra U, com suas extremidades voltadas no sentido contrário à direção dos ventos.

As dunas estrela são comuns nos desertos da Arábia Saudita e do norte da África. Sua existência está condicionada a uma fonte de areia abundante, ventos constantes, mas que mudam sua direção em pelo menos três direções diferentes.

As dunas longitudinais são muito comuns em áreas onde há um grande suprimento de areia e ventos fortes, e de sentido constante em ambiente desértico ou junto ao litoral. Podem atingir vários quilômetros de comprimento e pouco mais de 200 metros de altura.

Os sedimentos eólicos são compostos quase que exclusivamente por quartzo. Dentre as características que mais chamam a atenção nesses sedimentos são:

- brilho fosco na superfície, causado pela difusão da luz, causada pelas marcas de impacto, deixadas na superfície dos grãos;
- morfologia arredondada e esfericidade, devido à quebra dos grãos e ao desgaste das arestas, quando do choque de um grão com outro;
- seleção granulométrica que está associada à capacidade de transporte dos ventos.



Atende ao Objetivo 2

3. Um dos problemas da ocupação de dunas reside no fato de que os sedimentos arenosos são facilmente remobilizados e transportados pelo vento. A figura a seguir mostra residências que foram construídas na frente de um campo de dunas. Que ações poderiam ser feitas para impedir a movimentação das dunas? É possível, através da ação humana, modificar o tipo de duna?



Resposta Comentada

As ações para impedir a movimentação de dunas são muito difíceis. Para impedir que residências sejam cobertas pela areia, basta fazer um planejamento da ocupação do território. Para reduzir a velocidade de migração dos sedimentos, as dunas devem estar cobertas pela vegetação, pois somente assim, o vento não conseguirá transportar os grãos. Quando o homem faz intervenções sobre dunas, gera um desequilíbrio entre a entrada e o transporte de sedimentos, assim há uma modificação na forma da duna. Por exemplo, uma duna barcana pode ser transformada em transversal.

CONCLUSÃO

Os processos costeiros influenciam diretamente as atividades humanas. É deste ambiente que retiramos parte das proteínas que utilizamos na nossa alimentação, assim como é neste ambiente que está concentrada a maior parte da população do planeta. O nosso litoral apresenta condições propícias para uma maior exploração dos recursos marinhos. Temos uma boa produtividade pesqueira, assim como temos uma grande quantidade de recursos naturais no fundo oceânico.

Por outro lado, é necessário um grande esforço para preservar o nosso litoral. As ações neste ambiente podem alterar as correntes marinhas e romper com o equilíbrio que mantém a nossa linha de costa estável. Além disso, a elevada concentração populacional em certas áreas costeiras cria condições para a perda da qualidade marinha, seja pelo lançamento de esgoto sem tratamento no mar, seja pela desestabilização de dunas e restingas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1 e 2

Boa parte da humanidade vive junto ao litoral. Além da beleza natural que estes ambientes possuem, há a facilidade de deslocamento de pessoas e acesso a mercadorias que no passado chegavam exclusivamente pelo mar. No entanto, uma das grandes preocupações da atualidade são as mudanças climáticas que podem provocar uma elevação do nível do mar. Considerando que exista de fato esta possibilidade, como as pessoas e os ambientes costeiros serão afetados?

Resposta Comentada

Considerando uma elevação do nível do mar, as áreas planas costeiras serão inundadas, devido à maior frequência com que as ondas incidirão sobre a linha de costa. As áreas mais íngremes passarão a sofrer com processos erosivos mais acelerados. Haverá uma tendência de erosão

nas falésias do litoral do Nordeste. Em ambos os casos, haverá recuo da linha de costa. Nas áreas planas, o avanço do mar será maior e nas áreas de falésia este avanço será menor. Haverá a necessidade de deslocamento das pessoas que vivem junto ao litoral para ambientes mais interioranos. Sem dúvida alguma, em termos econômicos, a destruição da infraestrutura que existe junto ao litoral e a implantação da mesma em outros ambientes exigirá um esforço muito grande dos países, o que poderá representar uma grande perda econômica.

RESUMO

Aproximadamente 70% da superfície terrestre estão situadas abaixo do nível do mar. A individualização dos oceanos pode ser feita, utilizando-se as massas continentais ou pela diferença entre os padrões das águas. Não existe uma separação física entre as massas de água, que se configura como um oceano global. O assoalho oceânico apresenta diversas formas, que são influenciadas e modeladas pelos processos sedimentares e pela tectônica global. As fossas submarinas são encontradas nas zonas de subducção de placas litosféricas e constituem depressões alongadas e estreitas. As cordilheiras oceânicas são feições longas e contínuas, fraturadas, com escarpamentos ladeados pelas planícies abissais. A margem continental separa o domínio continental, constituído pela planície litorânea emersa e o domínio oceânico, constituído pelo assoalho submarino. A margem continental é composta pela plataforma continental, talude continental, elevação continental, fossa tectônica ou submarina e as planícies costeiras. A plataforma continental é formada por relevos planos de origem sedimentar que margeiam os continentes. No Brasil, boa parte da nossa produção de petróleo vem desta região. O talude continental está localizado entre a plataforma continental e as zonas abissais, pode chegar a uma profundidade aproximada de 3.000 metros. A elevação continental está localizada na base dos taludes continentais. As fossas submarinas são depressões alongadas e estreitas, muito profundas e

com laterais com altas declividades. As planícies abissais são áreas extensas e profundas, localizadas nas áreas de margem passiva. Os depósitos sedimentares marinhos são constituídos por um tipo predominante ou misturas de sedimentos provenientes de diversos lugares e variam de acordo com a origem. São separados em dois grupos: depósitos sedimentares neríticos e depósitos sedimentares oceânicos. As características dos depósitos eólicos estão associadas à velocidade do vento e à granulometria do material. As partículas mais finas são transportadas em suspensão e as partículas mais grosseiras por saltação e arrasto. Os depósitos eólicos formam principalmente dunas que podem ser estacionárias ou migratórias. Quanto à forma, as dunas podem ser classificadas em transversais, barcanas, parabólicas, estrela e longitudinais.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, ainda passaremos a explorar os recursos minerais existentes no Brasil. Veremos os principais depósitos, formas de exploração e aproveitamento dos bens minerais.

Aula 11

Recursos minerais

Antonio Soares da Silva
Alexsandra Juliane Vaz

Meta da aula

Apresentar os materiais rochosos, classificados como recursos minerais, abordando a sua importância, a utilização ao longo da história humana e os impactos ambientais causados pela mineração.

Objetivos

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

1. reconhecer o processo de formação dos recursos minerais;
2. classificar diferentes tipos de recursos minerais;
3. reconhecer a importância desses recursos para a economia;
4. identificar as formas de aproveitamento e as principais reservas brasileiras.

INTRODUÇÃO

Os minerais são encontrados na natureza e desde o início das civilizações antigas eles já tinham importância no cotidiano do ser humano. Mesmo as sociedades mais primitivas já utilizavam materiais geológicos na confecção de artefatos de caça e outros utensílios. O conceito de recursos minerais implica dotar valor econômico a estes materiais com potencial de ter alguma utilidade para a humanidade.

A reserva mineral é a medida da quantidade e de teores de minério de um depósito mineral em função de um teor mínimo de explorabilidade deste minério. As reservas podem ser de três tipos: medida, inferida e total. Estes conceitos variam em função da precisão dos dados disponíveis de amostragem e segundo conceitos próprios de cada tipo de minério.

As reservas podem variar de acordo com o nível da pesquisa geológica, com o desenvolvimento tecnológico da lavra, do processamento e do beneficiamento mineral. Ainda têm influência de variáveis econômicas envolvidas, o que muda o teor de corte do minério. Os estudos aprimorados de um recurso ou reserva mineral estabelecem a viabilidade técnica e econômica de um depósito mineral.

A distribuição dos recursos nos diversos depósitos minerais espalhados pela superfície terrestre é essencial para o desenvolvimento econômico de um país. Tanto a distribuição como o tipo de bens minerais dependem da Geologia de uma região ou país. Vamos utilizar como exemplo a história geológica do Brasil. O longo processo de alteração química das rochas permitiu o desenvolvimento de alguns recursos minerais, tais como o ferro e a bauxita, enquanto não possuímos outros, tais como o carvão mineral, como veremos mais adiante.

Alguns recursos minerais podem existir em abundância, mas podem não ser tão valiosos quanto parecem, pois o seu valor está atrelado à concentração da substância mineral, bem como ao valor que lhe é atribuído.

A exploração e o aproveitamento de um determinado bem mineral estão ligados às normas de fiscalização e regulamentação, que são estabelecidas de acordo com os interesses de cada nação e com a utilização da sociedade. Nesta aula, vamos estudar mais sobre os minerais, suas características e utilização. Vamos lá.

Rocha

encaixante é a expressão usada em Geologia para se referir a uma rocha mais antiga em relação a um corpo de rochas mais recente que a penetrou. Normalmente, usado em referência a intrusões ígneas. Em mineração, refere-se à rocha que envolve o corpo de minério.

Material **estéril** são rochas ou demais materiais retirados durante a extração de minério de ferro e que não têm valor comercial.

Ganga corresponde, geralmente, ao material que possui certa concentração do minério. Normalmente, não é aproveitada, mas pode ser armazenada para posterior mineração.

O que é um depósito mineral?

Um depósito mineral é uma concentração anômala de um bem mineral metálico ou não metálico. É constituído não apenas de minério, mas também de produtos que não possuem ou podem possuir pequeno valor econômico, tais como: a **rocha encaixante**, o material **estéril**, **ganga** e outros subprodutos.

Um depósito mineral também corresponde a uma massa ou um volume de origem rochosa que contém substâncias minerais ou químicas, aglomeradas em quantidade suficiente para despertar interesses econômicos. Assim, a existência de um depósito mineral está intimamente condicionada e relacionada aos diversos processos geológicos formadores de rocha, que transformam essa concentração em um depósito mineral.

Vamos discutir um pouco mais sobre os conceitos de recursos naturais, recurso mineral e bem mineral. Como você poderá ver na literatura, quando colocamos a palavra recurso natural estamos atribuindo um valor e uma utilização econômica a um determinado insumo do qual organismos, populações e ecossistemas necessitam para sua sobrevivência. Um recurso mineral é um recurso natural, e, devido ao seu valor, é considerado como um bem mineral indispensável e estratégico para a sociedade.

O valor financeiro de uma jazida é estabelecido a partir do teor da substância mineral no depósito. Logo, para obtenção de lucro na exploração de um bem mineral, é necessária uma concentração mínima. Neste sentido, os termos jazida mineral e minério são usados com a finalidade de indicar o depósito mineral, cujas substâncias possam ser economicamente rentáveis para sua extração e conseqüentemente para sua exploração.



Como vimos na Aula 2, o surgimento de um mineral está vinculado à existência e combinação de “elementos químicos” e às condições físicas (pressão e temperatura) que dominam o ambiente de formação. Assim, minerais são formados por elementos ou compostos químicos com composição bem estabelecida dentro de alguns limites. São cristalizados e constituídos naturalmente através de processos geológicos inorgânicos na Terra ou em corpos extraterrestres.

Os minerais mais comuns são identificados a partir da observação das propriedades físicas e morfológicas destes minerais, que são decorrentes de suas composições químicas e de suas estruturas cristalinas. Para identificação rápida dos minerais, utilizam-se as seguintes propriedades: hábito cristalino, transparência, brilho, cor, dureza, fratura, clivagem, densidade relativa, geminação, propriedades elétricas e magnéticas.

A origem de um depósito mineral ocorre da mesma forma como surgem as demais rochas no planeta. Os processos geológicos de sedimentação, metamorfismo, plutonismo, intemperismo, entre outros, são os responsáveis pelos processos de mineralização

e aumento da concentração de determinada substância em um depósito mineral. De acordo com a predominância de um processo ou de outro, o depósito mineral pode ser classificado quanto à origem em depósitos sedimentares, intempéricos, hidrotermais, metamórficos etc.

Obviamente, você deve estar se perguntando se é muito difícil formar um depósito mineral. Poderíamos dizer que sim e ao mesmo tempo afirmar que não. A presença de determinados processos geradores de minérios não é garantia de que haverá condições geológicas para a manutenção ao longo do tempo da substância mineral. Para a existência da mineralização, deve existir uma fonte e um local para que uma substância concentre-se. Somente assim haverá condições para a elevação do conteúdo químico.

As origens e as fontes de um depósito mineral

A fonte pode ser um magma, uma rocha preexistente, águas retidas em uma bacia sedimentar ou mesmo um vulcão. O transporte até o local onde será armazenado pode ser mecânico, aproveitando a própria movimentação da crosta, ou em solução, através das fraturas existentes nas rochas.

Alguns depósitos minerais surgem a partir de processos climáticos e/ou biológicos. Os primeiros formam-se a partir de processos ligados ao intemperismo e os segundos ocorrem normalmente em bacias sedimentares.



Você já ouviu falar do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais? Nessa região, onde é explorada uma parte do minério de ferro exportado pelo Brasil, são encontrados fósseis, chamados de estromatólitos. A origem destas estruturas sedimentares fósseis está associada a cianobactérias que ao longo do proterozoico filtravam a água do mar e aprisionavam o ferro que estava nela dissolvido. Com o metamorfismo, estas camadas são chamadas de BIF's (Banded Iron Formation), também conhecidos como itabiritos. Várias minas de ferro estão alojadas nestas formações ferríferas. Alguns autores que desenvolvem pesquisas para divulgar o patrimônio geológico têm proposto roteiros de visitação para conhecer estas estruturas sedimentares, resultantes da atividade de cianobactérias – os estromatólitos.



Atende ao Objetivo 3

1. Vamos imaginar uma situa o hipotética em que foram identificados dois depósitos minerais. No primeiro, a concentra o do minério   de 70% e no segundo, de 45%. Como manda a lógica, o depósito com maior concentra o foi o escolhido para explora o. Você sabe dizer em quais situa es o depósito com 45% de concentra o de minério será aproveitado? Explique sua resposta.

Resposta Comentada

Podem-se imaginar diversas possibilidades para este fato, no entanto as mais comuns e corriqueiras estão relacionadas ao esgotamento do depósito de maior concentração, ao aumento da demanda pelo bem mineral e ao aumento do valor do minério. Todas estas possibilidades tornam viável a exploração do depósito mineral de menor concentração de minério.

Minerais e minérios

Como vimos, minério é toda rocha a partir da qual podem ser obtidas com retorno econômico uma ou mais substâncias. Um minério possui uma composição mineral especial, principalmente pela maior concentração de determinado mineral. Tomando-se como exemplo o minério de ferro e uma rocha gnáissica, o mineral hematita está em baixas concentrações no gnaiss, mas em concentrações muito elevadas em um minério de ferro. Estas concentrações podem mesmo ser de 100% do minério (**Tabela 11.1**).

Tabela 11.1: Rochas comuns que, quando acrescidas de substâncias minerais, se transformam em minérios

	Minerais de canga		Minerais de minério	
Granito	Feldspato/quartzo/mica	+	Cassiterita	Minério de estanho
Pegmatito	Feldspato/quartzo/mica	+	Esodumênio	Minério de lítio
Serpentinito	Serpentina/clorita/talco	+	Amianto	Minério de amianto
Aluvião	Areia/cascalho/argila	+	Ouro	Minério de ouro

Fonte: Modificado de Teixeira et al. (2009).

Basicamente, os minérios podem ser divididos em duas classes: os minérios metálicos e os não metálicos (**Tabela 11.2**). Esta classificação é utilizada empiricamente para indicar minérios que necessitam ser trabalhados e transformados para que possam ser utilizados para os metálicos. O minério não metálico pode ser empregado diretamente, sem sofrer grandes alterações na sua forma original.

Tabela 11.2: Classificação simplificada de algumas substâncias minerais

Metálicos ferrosos	Ferroligas	Ferro, manganês, cromo, molibdênio, níquel, cobalto, wolfrâmio, vanádio
Metálicos não ferrosos	Básicos	Cobre, chumbo, zinco, estanho
	Leves	Alumínio, magnésio, titânio, berílio
	Preciosos	Ouro, prata, platina
	Raros	Berílio, célio, lítio etc.
Não metálicos	Materiais de construção	Areia, cascalho, rochas, brita
	Indústria química	Enxofre, fluorita, sais, pirita, cromita
	Fertilizantes	Fosfatos, potássio, nitrato
	Cimento	Calcário, argila, gipsita
	Cerâmica	Argilas, feldspato, sílica
	Refratários	Cromita, magnesita, argilas, sílica
	Abrasivos	Córindon, diamante, granada, quartzito
	Isolantes	Amiante, mica
	Fundentes	Carbonatos, fluorita
	Pigmentos	Barita, ocre, titânio
	Gemas	Diamante, rubi, turmalina

Fonte: Teixeira et al. (2000).

Ainda há um grupo de minerais que pela sua grande utilização pela indústria são conhecidos como minerais industriais e rochas industriais. Alguns destes materiais estão na vanguarda do desenvolvimento científico e fazem parte de segmentos industriais modernos, tais como: a indústria de cerâmica fina, fibras ópticas e supercondutores. Também estão incluídos nesta categoria aqueles minerais cuja utilização é feita por quase toda a sociedade, tais como: as rochas ornamentais (granito e mármore), papel (caulim), isolantes (amianto e mica), cimento (calcário), fertilizantes (fosforita, apatita, silvita e carnalita) e vários outros.

A extração de minérios

As operações realizadas objetivando a extração de bens minerais denomina-se lavra. Quando este depósito mineral entra em processo de lavra, o ambiente onde está localizado passa a se chamar de mina. A mina pode ser a céu aberto ou fechada (**Figura 11.1**).



Thais Neio

Figura 11.1: Mina de ouro paralisada na Amazônia.

Como pode ser observado na **Figura 11.1**, a mina pode ter uma alta complexidade para a extração do minério. Neste caso, são utilizadas máquinas pesadas e caminhões com grande capacidade de carga para viabilizar a exploração. No entanto, outros minérios não necessitam de grandes equipamentos para serem extraídos. O processo pode ser até mesmo manual como nos garimpos.



Denomina-se garimpo o processo de extração mineral em que não são empregados grandes recursos de pesquisa mineral, nem são utilizados equipamentos que permitam obter uma maior produtividade durante a lavra. O garimpo mais famoso do Brasil foi Serra Pelada. Instalada na Província Mineral de Carajás, Serra Pelada ficou famosa não só pelo tamanho de algumas pepitas de ouro, mas principalmente pelo grande afluxo de pessoas tentando a sorte no garimpo.

Como sabemos, a localização de jazida, o teor de minério e a composição química independem da ação humana, pois a sua formação está relacionada a processos geológicos, sobre os quais não temos ingerência. O que se pode discutir é a forma como um determinado minério será extraído, pois, de acordo com a opção, os impactos ambientais podem maiores ou menores.

Quanto maior for a geração de rejeitos e estéreis maior é o custo operacional e, assim, a viabilidade de certos minérios somente tem retorno econômico quando o produto possui um valor de mercado elevado.

Os rejeitos podem ser gerados no local da lavra e na planta de beneficiamento. É relativamente comum o aproveitamento dos rejeitos após o término do minério com maior concentração. Este

elevado teor de rejeitos é um dos grandes problemas que são apontados pelos órgãos ambientais. Além disso, a mineração em áreas ambientalmente frágeis é mais um complicador para o desenvolvimento da mineração.

Tipos genéticos de depósitos minerais

Vamos ver agora quais são os principais tipos genéticos dos depósitos minerais. Se a gênese é comum, podemos afirmar que o depósito é semelhante, mesmo estando geograficamente separados.

Uma primeira classificação simplificada permite separar os depósitos em primários e secundários. Os depósitos primários são aqueles que surgem quando os minerais se encontram na rocha onde se formaram. Já os depósitos minerais secundários são os que foram objeto de processos de erosão, desagregação de minerais e sedimentação, que produziram a acumulação em zonas e ambientes fora da rocha onde foram cristalizados e formados.

Esta classificação é muito simples e por isso vamos ver agora uma classificação mais elaborada e mais técnica, que divide os depósitos minerais em: magmático, hidrotermal, vulcano-sedimentar, metamórfico, supérgeno e sedimentar.

Magmático

Como o nome já sugere, estes depósitos são originados em decorrência das atividades magmáticas. Os recursos minerais deste grupo são formados durante e após a principal fase de cristalização da rocha. Você viu nas primeiras aulas, que os minerais possuem diferentes temperaturas de cristalização. Assim, criam-se as condições de segregação que permitem a concentração em determinadas rochas de minerais que podem vir a se transformar em minérios. Este mecanismo de segregação possibilita identificar depósitos de grande valor econômico, tais como: aqueles encontrados em rochas básicas

e ultrabásicas (cromita, platina, níquel e cobalto); rochas alcalinas (terras raras, zircônio e urânio); carbonatitos (fosfato, nióbio, terras raras e barita); e granitoides (estanho e wolfrâmio).

As rochas graníticas são aproveitadas pela mineralização de elementos relativamente raros, tais como: estanho, molibdênio, berílio, wolfrâmio, bismuto, zinco, chumbo e prata. Além destes metais raros, os bens minerais nestas rochas incluem: fluorita, mica, feldspato, quartzo, sulfetos e a quase totalidade de pedras preciosas (**gemas**). Ainda podemos incluir o aproveitamento deste grupo de rochas na construção civil, devido à sua elevada resistência mecânica.

Hidrotermal

São depósitos minerais originados a partir de soluções hidrotermais. A água aquecida circula por vários grupos de rochas, reage quimicamente e torna-se enriquecida de diversas substâncias. Como você deve imaginar, a composição química destas soluções é muito complexa e variável. Os depósitos minerais originados neste tipo de processo podem possuir qualquer elemento existente na natureza.

Os depósitos hidrotermais podem se apresentar de duas formas: veios ou filões, quando minerais preenchem fraturas ou falhas nas rochas, formando minérios tabulares; e disseminados, quando estão sempre dispersos nos volumes rochosos. Os principais minérios encontrados neste tipo de depósito são os sulfetos de ferro, zinco, cobre, chumbo, prata, mercúrio e arsênio.

Vulcano-sedimentar

Os depósitos vulcano-sedimentares ocorrem de forma geral junto ao assoalho submarino, podendo ser observados nos dias atuais junto à zona de rift das cordilheiras meso-oceânicas. Seu

Gemas são minerais raros e bonitos, utilizados na confecção de joias e objetos de adorno. A indústria das gemas tem grande importância econômica em âmbito mundial e o alto preço desses materiais deve-se às suas características de raridade, beleza, durabilidade e dureza.

processo de formação também está associado às características da água do mar, uma vez que esta se infiltra nas fraturas e reage com as substâncias que são expelidas, durante a atividade vulcânica.

Uma vez que a água é envolvida, pode-se concluir que este processo é hidrotermal. Estas mineralizações são percebidas nas atuais bordas de placas divergentes, mas existem depósitos minerais que datam do Arqueano, na época em que o planeta ainda está se formando. Os principais depósitos são cobre, zinco, chumbo, níquel e ouro.

Metamórficos

Neste processo, são envolvidos os fenômenos que são responsáveis pela recristalização de rochas por ação da temperatura e pressão. O metamorfismo hidrotermal (fluidos metamórficos) pode conter substâncias que podem ser precipitadas e/ou podem modificar as características das rochas encaixantes. Assim garantem maior resistência mecânica a algumas rochas, como é a situação de rochas calcárias, que depois do metamorfismo passam a ser chamadas de mármore e como tal podem ser utilizadas como rochas ornamentais. O metamorfismo é responsável pelo aparecimento de ouro (filões), wolfrâmio, ferro, cobre, wollastonita, granada, entre outros.

Supérgeno

Neste tipo de depósito, são incluídos aqueles materiais que foram gerados a partir de alterações físicas e químicas das rochas durante o intemperismo. Como vimos na Aula 4, o intemperismo é controlado por uma série de fatores que aceleram ou retardam a alteração química das rochas.

Durante o intemperismo, são eliminados os materiais mais solúveis, permanecendo no meio aquelas menos solúveis. Caso estas substâncias possuam interesse econômico, elas se convertem em um depósito mineral.

Devido às características climáticas do Brasil, que favorecem ao intemperismo, possuímos uma grande quantidade destes bens minerais. Os nossos depósitos de bauxita são obtidos a partir deste tipo de processo, ou seja, como o alumínio é pouco solúvel, todos os demais elementos são lixiviados (lavados e carregados pelas águas pluviais), ocorrendo assim a acumulação residual do alumínio. Vários outros minerais são obtidos da mesma forma: manganês, níquel, fosfatos, urânio, caulim, areia de quartzo. Alguns depósitos de cobre são enriquecidos por este mesmo processo. Note que, neste caso, estamos falando em enriquecimento e não em acumulação residual.

Sedimentar

Assim como as rochas sedimentares, este tipo de depósito pode ser dividido em detríticos e químicos. São formados a partir do transporte e deposição de materiais intemperizados. Estes depósitos podem ser também classificados de acordo com o tipo de ambiente sedimentar, ou seja, marinho, lagunar, deltaico, aluvionar, entre outros. São diversas as substâncias exploradas. Podemos relacionar algumas delas: ferro, manganês, metais básicos, rochas carbonáticas, evaporitos, ouro, fosfato, gipsita, cassiterita, entre outros. Um grupo extremamente valioso de recursos minerais que pode ser incluído neste tipo de depósito são os recursos energéticos, tais como: petróleo, carvão e gás natural, que serão vistos na Aula 12.

Os mecanismos que propiciam a acumulação dos diferentes recursos minerais são os mesmos que comandam todo o processo sedimentar. Nos sedimentos detríticos, a velocidade e energia das águas controlam o material a ser depositado. Nos ambientes de maior energia, são depositados os materiais de maior granulometria e densidade. Já nos ambientes lagunares e deltaicos, a baixa energia de transporte permite a deposição de material mais fino ou mesmo químico.

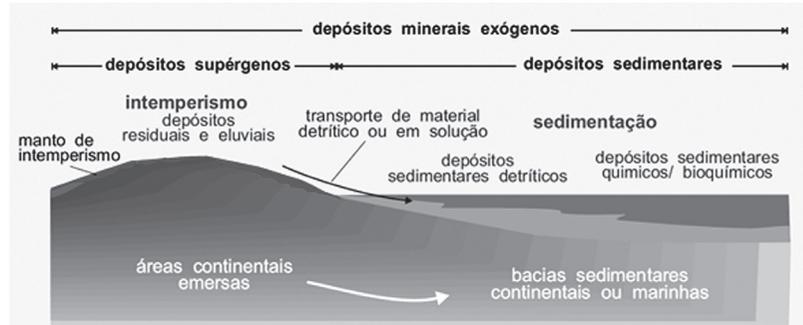


Figura 11.2: Exemplos de formação de depósitos minerais controlados pelos agentes do intemperismo e de sedimentação.
 Fonte: Modificado de Teixeira et al., 2000.



Atende aos Objetivos 1 e 2

2. Na região serrana do estado do Rio de Janeiro, existe uma área, mais especificamente nos municípios de Italva, Cantagalo, Cordeiro e outros, de intensa exploração de mármore. Com relação à gênese dos depósitos minerais, como pode ser classificado este depósito? Por quê?

Resposta Comentada

A origem destes depósitos é metamórfica. O mármore é a rocha metamórfica do calcário; logo, o processo que tornou esta rocha resistente para ser aproveitada na forma de rocha ornamental é o metamorfismo.

Recursos minerais no Brasil

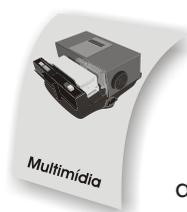
O Brasil possui recursos minerais em abundância. Desde o período colonial, a mineração já tinha o poder de atrair a população e assim facilitar a ocupação do espaço, sobretudo o interior do território brasileiro. Nos dias atuais, a mineração é ainda mais importante, pois a economia de um estado ou de uma região é amplamente impulsionada, como exemplificado pela região de Carajás, no Pará, e pela região de Macaé e Campos, no estado do Rio de Janeiro.



Aproximadamente, 8% das reservas mundiais de ferro estão no Brasil. O diferencial do ferro brasileiro é o teor de ferro, que é o maior dentre todos os países que exploram e exportam. Em 2010, foram exportados 311 milhões de toneladas, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq). Outros países com elevado potencial mineral são Canadá, Austrália, Rússia, China e Estados Unidos.

O nosso país possui uma regulamentação muito complexa. Dependendo do bem mineral, a jurisdição pode ser dividida entre os municípios, estados e governo federal. No âmbito federal, os três principais órgãos do governo, responsáveis pelo setor de mineração, são o Ministério de Minas e Energia (responsável pelas áreas de geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; e petróleo, combustível e energia elétrica e nuclear), o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) e o CPRM (Serviço Geológico do Brasil).

A mineração é regulada pelo Código de Mineração, formulado em 1967 e modificado pela lei nº 9.314 de janeiro de 1996, que estabelece os regimes de aproveitamento dos bens minerais, bem como estabelece que o aproveitamento das jazidas dependa de autorização do diretor-geral do DNPM. Devido às grandes mudanças que ocorreram no panorama mundial da mineração, está sendo discutida uma proposta no Congresso Nacional que cria um novo Código de Mineração.



Para que você tenha uma breve ideia de como funciona os setores do governo federal, acesse a página do Ministério das Minas e Energia (MME), do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). O MME possui uma secretaria específica para tratar de petróleo, gás natural e combustíveis renováveis e outra para tratar de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. No sítio do MME, você terá informações sobre a regulamentação do setor mineral e do Plano Nacional de Mineração até 2030.

O DNPM tem como missão "gerir o patrimônio mineral brasileiro de forma sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade". Em outras palavras, cabe ao DNPM autorizar a pesquisa e a extração de bens minerais. Note que ainda não estamos falando em licenciamento ambiental, que cabe aos órgãos ambientais integrantes do Sisnama. No sítio do DNPM, é possível acessar a sistemas que mostram quais porções do território nacional estão sendo pesquisadas e em regime de lavra, assim como é possível saber quais são os locais onde ainda existe disponibilidade de área para requerimento de

pesquisa mineral (<https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/extra/site/admin/Default.aspx>). Esta página somente funciona com o Internet Explorer®.

Quando foi fundada, cabia a CPRM realizar a pesquisa mineral. Hoje, suas funções foram ampliadas e a CPRM faz mapeamento geológico, objetivando não apenas a exploração mineral, mas principalmente conhecer a geologia do Brasil, incluindo as áreas de risco a desastres naturais.

Ministério das Minas e Energia – <http://www.mme.gov.br/mme>

Departamento Nacional da Produção Mineral – <http://www.dnpm.gov.br/>

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – <http://www.cprm.gov.br/>

A Constituição Federal de 1988 estabelece que todos os recursos minerais são de propriedade da União, que pode conceder, de acordo com o Código de Mineração, os direitos minerários e de exploração das reservas minerais. Todas as empresas que estão regularizadas e que possuem sede e administração no Brasil podem solicitar licenças para a exploração e produção das *commodities* minerais brasileiras.



A palavra *commodities* significa mercadoria em inglês. São matérias-primas como minérios e gêneros agrícolas, que não passaram por beneficiamento industrial, mas que podem ser estocados por longo período. São produzidos em larga escala e comercializados em nível mundial. Geralmente, são negociados em bolsas de mercadorias e seus preços são definidos pelo mercado internacional.

As principais reservas minerais brasileiras são: nióbio, grafita, talco, caulim, vermiculita, estanho, ferro, alumínio, magnesita, níquel, ouro e zircônio. Também possuímos boas reservas de: amianto, barita, caulim, chumbo, cobre, fluorita, grafita, manganês, nióbio, fosfato, talco, vermiculita e zinco (**Figuras 11.3 e 11.4**).



Figura 11.3: Minério de bauxita. A moeda está sendo utilizada como escala.
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BauxiteUSGOV.jpg>



Figura 11.4: Minério de chumbo.
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:LeadOreUSGOV.jpg>

Os minerais e produtos de origem mineral, comercializados pelo Brasil, podem ser dividido em:

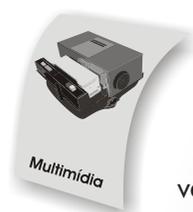
(1) bens minerais primários, sendo compostos pelo minério bruto ou beneficiado, tendo como exemplo o minério de ferro (hematita) e concentrado de minério de cobre (calcopirita);

(2) semimanufaturados, formados por produtos da indústria de transformação mineral, tais como ferroligas e cátodos de cobre;

(3) manufaturados, que são os produtos comerciais finais, como exemplificado pelos tubos de aço e chapas de cobre e

(4) compostos químicos, que constituem os produtos específicos da indústria de transformação mineral da área química, como o óxido férrico e cloreto de cobre.

Nas exportações de bens minerais primários brasileiros, destacam-se: minério de ferro (esse é o principal minério extraído no país), bauxita, rochas ornamentais, manganês, caulim, amianto, diamante e magnesita. No entanto, temos uma grande dependência por outros recursos minerais, tais como: carvão metalúrgico, cobre, fertilizante potássico, enxofre, gás natural, fosfato, titânio e chumbo.



O uso do gás natural como fonte de energia nas indústrias, residências e veículos, tem sido cada vez maior. Assim, o Brasil importa da Bolívia, através do gasoduto Brasil-Bolívia. Uma rede de tubulações com 3.150 quilômetros de extensão constitui o maior gasoduto da América Latina. Mais informações, você poderá obter no *site* da empresa que controla e opera o gasoduto: <http://www.tbg.com.br>.

A mineração no Brasil desempenhou e desempenha um papel relevante para a economia. O lucro da exploração mineral é cobiçado desde a época do Império. As cifras geradas pelas exportações de bens minerais atingem facilmente a casa das dezenas de bilhões de dólares. Em 2007, as exportações brasileiras de bens de origem mineral alcançaram US\$ 34 bilhões. O petróleo e o gás natural correspondem a 38,2%, o ferro, a 31%, manufaturados de ferro e aço, a 9%, alumínio e manufaturas, a 7%, e alumina, a 4% (**Figura 11.5**). Observe que grande parte das nossas exportações era de petróleo e gás. Se formos observar as nossas importações, veremos que 70% correspondem a petróleo e gás natural (**Figura 11.6**). Isso ocorre devido ao tipo de petróleo que retiramos não ser adequado à produção de gasolina e demais subprodutos.

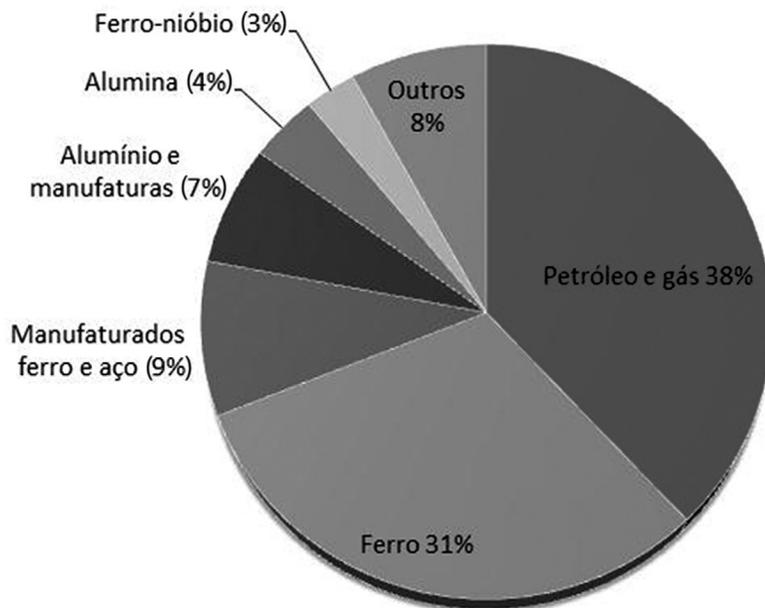


Figura 11.5: Exportações brasileiras de bens minerais.
Fonte: Aladi, 2010.

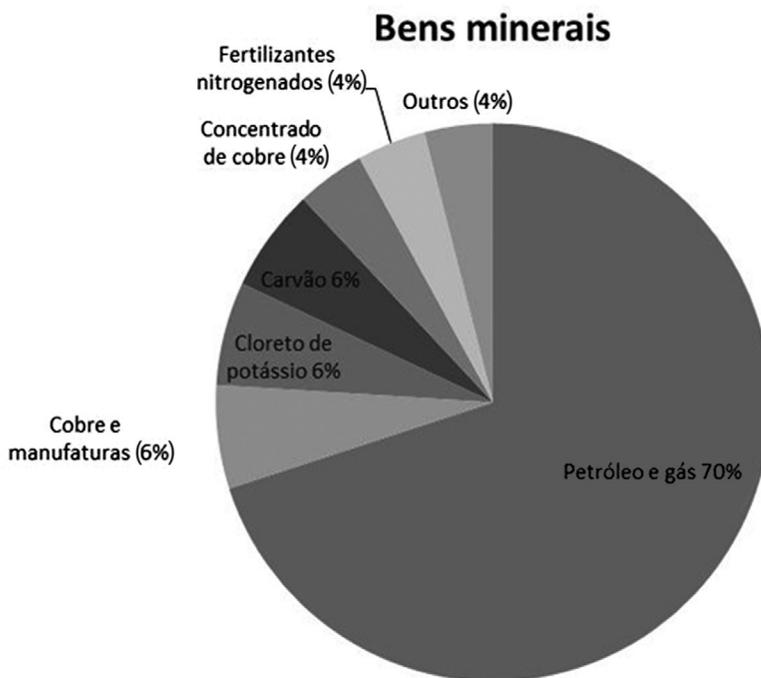


Figura 11.6: Importações brasileiras de bens minerais.
 Fonte: Aladi, 2010.

A **Tabela 11.3** apresenta o posicionamento de alguns países da América do Sul na produção global de minérios. Em 2007, o intercâmbio comercial de bens minerais, incluindo petróleo e gás natural, alcançou US\$ 196,1 bilhões.

Tabela 11.3: Posicionamento relativo de alguns países da América do Sul na produção mineral global (Cepal/2004)

Argentina	12° produtor de concentrado de cobre; 14° produtor de estanho refinado; 15° produtor de concentrado de prata
Bolívia	4° produtor de concentrado de estanho; 6° produtor de estanho refinado; 11° produtor de prata; 13° produtor de concentrado de zinco
Brasil	1° produtor de ferro; 2° produtor de bauxita; 6° produtor de alumínio primário; 5° produtor de concentrado de estanho; 7° produtor estanho refinado; 10° produtor de concentrado de níquel; 14° de níquel refinado; 13° produtor de ouro; 14° produtor de concentrado de zinco; 14° de zinco refinado
Colômbia	8° produtor de concentrado de níquel; 8° de níquel refinado
Chile	1° produtor de concentrado de cobre; 1° produtor de cobre refinado; 6° produtor de prata; 15° produtor de ouro
Guiana	12° produtor de bauxita

Peru	3º produtor de concentrado de cobre; 9º produtor de cobre refinado; 3º produtor de concentrado de estanho; 3º produtor estanho refinado; 7º produtor de ouro; 2º produtor de prata; 4º produtor de concentrado de chumbo; 12º produtor de chumbo refinado; 3º produtor de concentrado de zinco
Suriname	10º produtor de bauxita
Venezuela	8º produtor de bauxita; 12º produtor de alumínio primário; 10º produtor de ferro; 14º produtor de concentrado de níquel



O valor dos bens minerais

Ao analisar os tipos e a produção dos recursos minerais do Brasil, percebemos que nem sempre um grande volume de produção física está relacionado com um grande valor monetário. Alguns bens que possuímos em abundância não possuem grande valor de mercado. Além disso, as *commodities* são reguladas pelo mercado internacional, que pode gerar tanto um comportamento especulativo sob o ponto de vista da mineradora como de determinados grupos empresariais provocando oscilações no valor destes produtos.

Como sabemos, os bens minerais estão localizados na base de diversas cadeias produtivas. Sendo assim, quando ocorrem períodos de alta de preços, normalmente esta elevação é repassada para o consumidor final, o que interfere direta e indiretamente na qualidade de vida das famílias, no nível dos salários e emprego.

Por outro lado, o longo período de retorno exigido pelas inversões em mineração implica um comportamento cíclico de preços. Nas épocas de alta, viabilizam-se áreas, contratam-se novos funcionários e há tendência a superinvestimentos que, alguns anos depois, causarão excesso de oferta, e assim uma redução nos preços. Caso os valores fiquem muito baixos, há o fechamento de minas e desemprego setorial.

Aproveitamento econômico dos minerais

A mineralização disponibiliza para a sociedade recursos fundamentais para o seu desenvolvimento. As formas e intensidade de aproveitamento dos recursos são consideradas um indicador social de desenvolvimento. As sociedades urbanas são as maiores consumidoras dos recursos minerais e seus respectivos derivados. Com o aumento das áreas urbanas, há o aumento do consumo de bens minerais, tais como: areia, brita, ferro, cimento e outros. As vias de escoamento de produção – viadutos, pontes, saneamento básico, hospitais, escolas, moradias, edifícios e outros – são os ambientes onde estes produtos são consumidos e permitem avaliar o desenvolvimento econômico e social da população.

O crescimento socioeconômico acarreta maior consumo de bens minerais, sendo importante garantir a disponibilidade dos recursos demandados pela sociedade. Existe uma relação direta entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais. O caráter pioneiro da mineração resulta em novas fronteiras econômicas e geográficas, abrindo espaço para o desenvolvimento e gerando oportunidades econômicas.

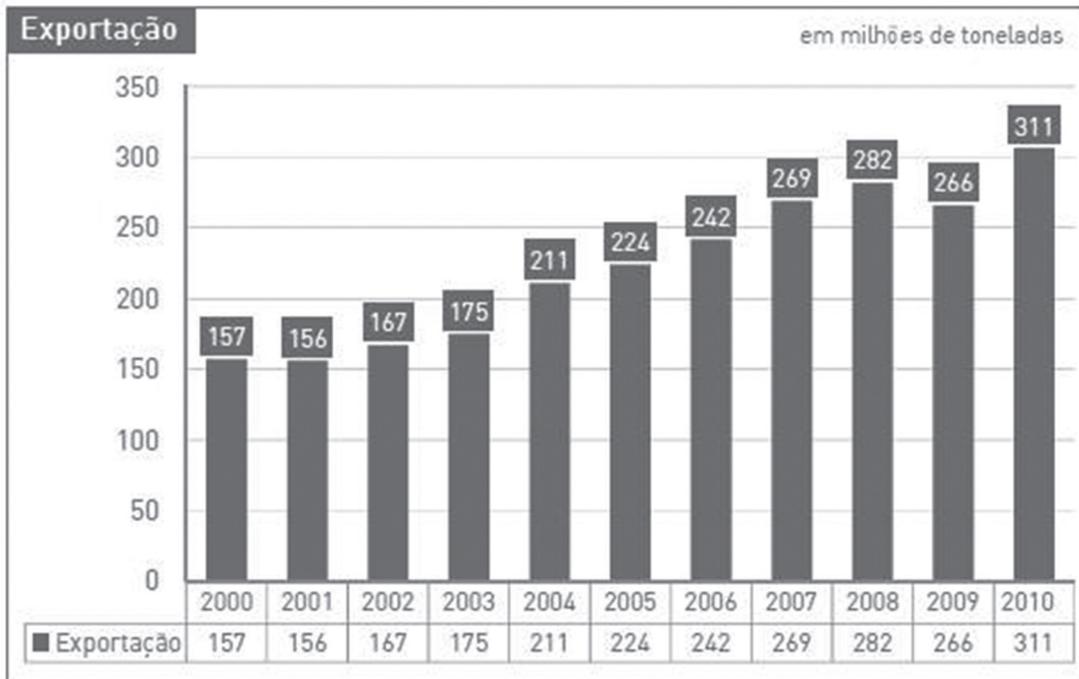
A mineração fornece parte dos insumos para as indústrias de base, uma vez que os minérios são a base de vários produtos industrializados. Além de contribuir para a interiorização da população, a mineração influencia a instalação de indústrias de transformação e de bens de capital, gerando empregos e aumentando a renda populacional, diminuindo as disparidades regionais.

A capacidade de a mineração gerar desenvolvimento econômico pode ser exemplificada por nações que utilizaram os recursos minerais para se tornarem altamente industrializadas, entre elas Canadá, Austrália e Estados Unidos.



Atende ao Objetivo 4

3. Observe a figura a seguir e estabeleça a correlação entre a redução da exportação de ferro pelo Brasil e o contexto econômico mundial.



Resposta Comentada

A produção brasileira de ferro cresceu até o ano de 2008. Foram oito anos de crescimento ininterrupto que coincidiu com o grande boom da economia mundial. No ano de 2008, houve uma grande crise na economia mundial, o que fez com que os países importadores do nosso minério reduzissem as compras, o que fez com que nossas exportações fossem reduzidas em 2009, voltando a níveis inferiores a 2007.

CONCLUSÃO

Os recursos minerais são materiais rochosos que dispõem de valor econômico e estão espalhados por toda a Terra, porém alguns países concentram algumas das mais importantes reservas de minérios indispensáveis à sociedade atual, como: ferro, alumínio, ouro e pedras preciosas. Conhecer esses recursos, sua distribuição espacial e seus usos, torna-se importantíssimo aos estudantes de Geografia, Geologia e áreas afins, tendo em vista que esses minérios são a base de sustentação das cidades e primordiais para a economia mundial.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2, 3 e 4

Todas as sociedades atuais fazem uso dos mais diversos tipos de recursos minerais, sendo que umas mais e outras menos. Por isso, a intensidade do uso e as formas de aproveitamento desses recursos podem ser consideradas um indicador social. Com base nesta aula, justifique essa afirmativa:

Resposta Comentada

A população mundial continua apresentando níveis de crescimento e a maior parte das pessoas vivem em cidades, locais que demandam muitos recursos minerais para expansão da construção civil. E o crescimento socioeconômico implica maior consumo de bens minerais, assim como pessoas de maior poder aquisitivo tendem a usar maior volume de minérios.

RESUMO

Nesta aula, você pode conhecer os materiais rochosos, classificados como minerais, e averiguar como eles vêm sendo utilizados ao longo da história humana. Esses recursos disponíveis na natureza possuem distintos valores econômicos e são utilizados de diversas maneiras, a depender das suas características e propriedades. A formação das reservas minerais está atrelada às condições químicas e depende da evolução geológica. A classificação dos minérios está atrelada aos elementos que os compõem e a forma de utilização, ou seja, com ou sem beneficiamento. O Brasil possui grandes reservas minerais, no entanto estas reservas precisam ser mais bem aproveitadas e a sua exploração precisa estar de acordo com as normas ambientais e com o Código de Mineração. Boa parte das nossas exportações vem do setor mineral, principalmente de ferro e alumínio dos quais somos o primeiro e segundo exportador, respectivamente. Apesar de bom para a balança comercial, ficamos

à mercê das oscilações dos preços destes produtos no mercado externo. Quando o preço sobe, os nossos lucros são maiores, quando o preço desce, os nossos lucros são menores.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, continuaremos tratando de recursos, mas com foco nos recursos energéticos, também indispensáveis para o desenvolvimento das populações humanas.

Aula 12

Recursos energéticos

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Apresentar os diferentes tipos de recursos energéticos, como eles são produzidos e suas formas de utilização.

Objetivos

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

1. identificar todos os tipos de recursos energéticos utilizados pelas sociedades contemporâneas;
2. compreender os processos de exploração, produção e uso dos recursos energéticos;
3. avaliar o potencial energético brasileiro.

INTRODUÇÃO

As populações humanas sempre dependeram de recursos energéticos para o seu desenvolvimento. Nesse contexto, as matérias-primas minerais são de importância fundamental por atender às necessidades humanas. A criatividade do homem criou novas necessidades ao investir em tecnologias úteis à vida moderna e atualmente, o mundo globalizado consome grandes volumes de recursos energéticos. Sendo assim, a energia funciona como um motor para a vida humana na Terra.

Os recursos energéticos e o homem

O planeta possui diversas formas de energia e os seres humanos aprenderam a utilizá-las, o que possibilitou, por exemplo, a ocupação de áreas com climas adversos, o desenvolvimento dos meios de transporte e a manutenção das nações industrializadas. Os recursos energéticos, utilizados atualmente, são principalmente os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), a hidreletricidade e a energia nuclear. Além desses, contamos com outras fontes de energia menos difundidas, como: a energia geotérmica, solar, eólica, a biomassa, a das marés e até das ondas.

Combustíveis fósseis

São derivados de restos de plantas e animais soterrados com os sedimentos que formam as rochas sedimentares. Seu tipo depende da matéria orgânica original e da sua história geológica. Podemos separar dois grupos, o do carvão mineral e dos hidrocarbonetos (petróleo e gás natural).



Os hidrocarbonetos diferenciam-se do carvão mineral devido ao tipo de matéria-prima que o originou. Enquanto o carvão deriva de material lenhoso, os hidrocarbonetos estão associados às algas. Eles se formaram em diferentes ambientes de sedimentação.

Carvão mineral

A história revela que o carvão mineral vem sendo utilizado desde a ocupação romana da Inglaterra (há mais de 2.000 anos), porém, ganhou importância com o surgimento da máquina a vapor, na primeira Revolução Industrial (século XVIII). Desde então se mantém como importante **matriz energética** para diversos países, principalmente os Estados Unidos e a China.

As maiores reservas de carvão mineral no Brasil estão nos estados do sul (bacia do Paraná) e sua quase totalidade é consumida nas termelétricas.

Matriz energética

o conjunto de fontes de energia que abastecem um país.



As termelétricas são um tipo de usina que produz energia elétrica a partir do calor gerado pela queima do combustível, que pode ser desde o bagaço de diversos tipos de planta, restos de madeira, até óleo diesel, gás natural ou carvão mineral.



Figura 12.1: Usina termoeétrica em Victoria, Austrália.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Yallourn-w-power-station-australia.jpg>

O carvão é uma rocha sedimentar, formada pelo soterramento e compactação de uma massa vegetal em ambiente anaeróbico, bacias de pouca profundidade (dezenas a centenas de metros). O processo de transformação em carvão começa com o soterramento da matéria orgânica vegetal que sofre aumento de pressão e calor, e influência da tectônica.

Por se tratar de um ambiente anaeróbico e de crescente compactação, os elementos voláteis e a água presentes na matéria orgânica são expelidos. Concomitante a isso, é gerada uma concentração de carbono cada vez maior. De acordo com o tempo de atuação e as condições de pressão e temperatura, sua transformação pode gerar além do carvão (também denominado carvão betuminoso) turfa, linhito ou antracito.

Quando o carvão é gerado a partir de algas marinhas, é denominado sapropélico ou saprotético, e quando gerado por vegetais superiores de origem continental ou paludal é denominado carvão húmico. Este corresponde a 95% das reservas mundiais conhecidas.

Os depósitos de carvão formaram-se em ambientes, como bacias rasas, deltas, estuários ou ambientes pantanosos (que são mal oxigenados). As sucessivas transgressões e regressões marinhas são de extrema importância na formação de diversos depósitos, porque as variações de nível do mar possibilitaram o avanço de florestas durante o recuo do mar. Por este motivo, encontramos camadas intercaladas de carvão em uma mesma região.



A Rússia detém cerca de 50% das reservas conhecidas de carvão, os Estados Unidos ficam com outras 30% e o Brasil com apenas 0,1% do carvão mundial.

Hidrocarbonetos

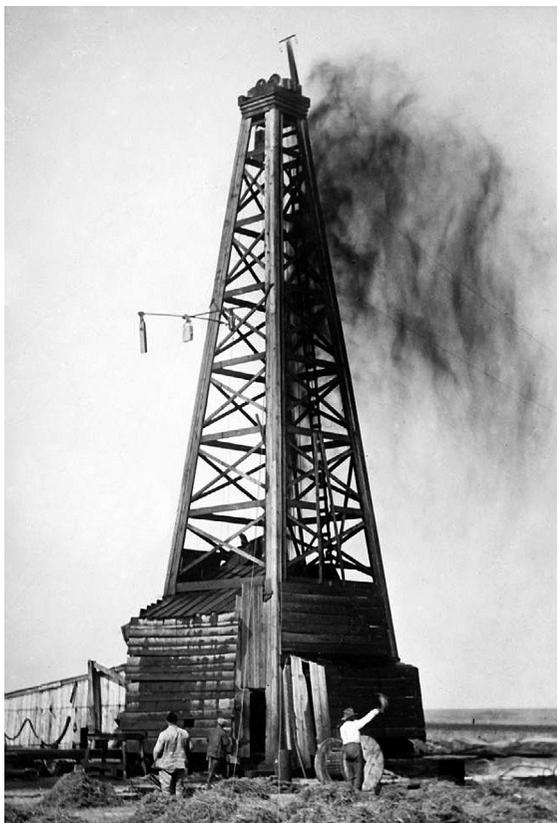
Apesar de haver diversas teorias para explicar a origem do petróleo e do gás natural, a mais aceita parte do princípio de que sua origem dá-se a partir da matéria orgânica, sobretudo as algas, que foram soterradas junto com os sedimentos lacustres ou marinhos. Os ambientes de rápida sedimentação, como as plataformas rasas, e aqueles com baixo teor de oxigênio, como o fundo oceânico, impedem a oxidação da matéria orgânica que vai sendo transformada com a perda dos componentes voláteis e a concentração de carbono, até se transformar em hidrocarbonetos.

Geralmente, ambos os hidrocarbonetos coexistem, mas dependendo das condições de pressão e temperatura poderá haver maior concentração de um ou do outro. A rocha fonte tanto do óleo quanto do gás é formada por sedimentos finos e ricos em matéria orgânica que foram soterrados a uma profundidade mínima de 500m, com isso a rocha foi se comprimindo e perdendo porosidade.

A elevada temperatura faz com que os hidrocarbonetos migrem para cima, onde há menor pressão e maior porosidade.

Os hidrocarbonetos movem-se mais livremente ao atingir materiais de maior permeabilidade e por ter densidade inferior à da água tende a subir para a superfície. Nessa subida, caso encontre uma barreira relativamente impermeável (as rochas reservatório) irá se acumular logo abaixo.

Esse é o processo de formação do petróleo, um líquido oleoso com coloração variada (pode ser incolor, preto, amarelo ou marrom) e do gás natural, que alguns vão dizer que é o petróleo em seu estado gasoso.



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Gusher_Okemah_OK_1922.jpg

Há mais de 200 a.C., a humanidade já perfurava poços à procura de água potável e já no século XVIII perfuravam poços de até 50m em busca de petróleo (técnica altamente perigosa devido à presença de gases inflamáveis). As primeiras destilarias para separar os constituintes do petróleo são do século XIX, período em que também foram construídas as primeiras refinarias. No entanto, a indústria do petróleo só ganhou destaque com o surgimento dos motores de combustão interna e a invenção dos automóveis.

Atualmente, existe uma indústria de hidrocarbonetos, que envolve o mapeamento geológico e geofísico da área, a perfuração de poços exploratórios para análise de amostras, a delimitação da reserva com a definição do volume contido, até a montagem da infraestrutura para exploração comercial.

As maiores concentrações de petróleo estão no Oriente Médio e de gás natural na Europa oriental.

A economia dos países do Oriente Médio está vinculada diretamente à extração e refino do petróleo. Dentre as diversas jazidas de petróleo da região, a concentração maior do recurso está no Golfo Pérsico e na Mesopotâmia, os quais juntos possuem cerca de 60% de toda reserva do planeta. Os maiores países produtores são a Arábia Saudita, Irã, Iraque, Kuwait, Emirados Árabes Unidos, Catar e Bahrein.

A imensa reserva de petróleo existente nessa região, aliada a outros fatores de caráter econômico e político, favoreceram a criação da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep), que atualmente, possui 75% das reservas mundiais de petróleo, produz aproximadamente 40% de todo o recurso extraído no mundo e 70% das exportações desse recurso em todo o globo.



A OPEP foi criada em 1960, na Conferência de Bagdá, e constitui um dos maiores cartéis do mundo. Está sediada na Europa, mais precisamente na Áustria, na cidade de Viena. Onze países fazem parte dessa organização, sendo que seis são do Oriente Médio – Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait e Catar – e outros cinco países completam a lista, Argélia, Líbia, Nigéria, Indonésia e Venezuela.

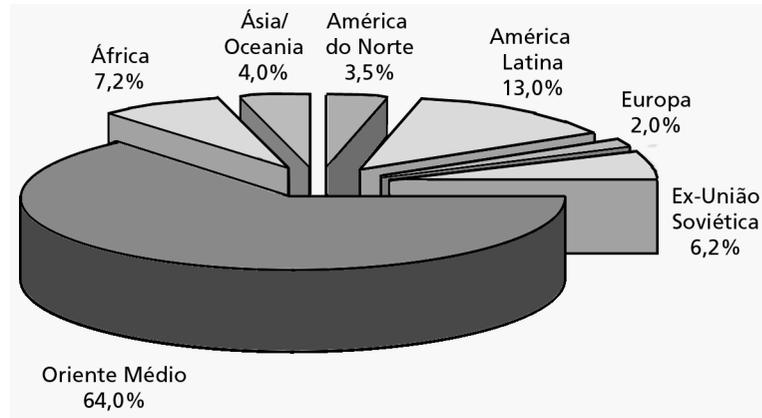
Essa organização tem como principais mercados as grandes potências mundiais, especialmente os países europeus, como Alemanha e França, além do Japão e dos Estados Unidos. Entretanto, a Rússia figura como o maior produtor de petróleo do mundo com cerca de 10 milhões de barris por dia (um barril equivale a 159 litros).

Maiores países produtores de petróleo (barris/dia)

- 1° Rússia (10,1 milhões)
- 2° Arábia Saudita (9,7 milhões)
- 3° Estados Unidos (9 milhões)
- 4° Irã (4,1 milhões)
- 5° China (3,9 milhões)
- 6° Canadá (3,2 milhões)
- 7° México (3 milhões)
- 8° Emirados Árabes (2,8 milhões)
- 9° Brasil (2,51 milhões)
- 10° Kuwait (2,5 milhões)
- 11° Iraque (2,31 milhões)

12° Venezuela (2,4 milhões)

13° Noruega (2,3 milhões)



O folhelho ou xisto betuminoso também está associado aos hidrocarbonetos, só é menos conhecido. Trata-se de uma rocha de granulação fina relativamente rica em petróleo que não sofreu os processos de migração. A baixa permeabilidade da rocha exige um beneficiamento viável apenas quando a quantidade de óleo for maior do que 40 litros por tonelada de rocha. A segunda maior reserva mundial pertence ao Brasil, fica na Bacia do Paraná, na chamada Formação Irati.

Energia nuclear

Esse tipo de energia, também chamada de energia atômica, é gerada pela fissão (quebra) do núcleo do urânio por bombeamento de nêutrons, uma reação que irá liberar três nêutrons e calor. Assim,

novos nêutrons e mais calor são liberados, permitindo uma reação em cadeia. O ser humano aprendeu a controlar essa reação em cadeia em 1942. Inicialmente, ela foi utilizada para fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial, e depois para obtenção de energia nas termoelétricas. O Brasil conta apenas com duas usinas nucleares, as Usinas de Angra dos Reis, enquanto que na França esse tipo de energia corresponde a 75% da energia produzida.

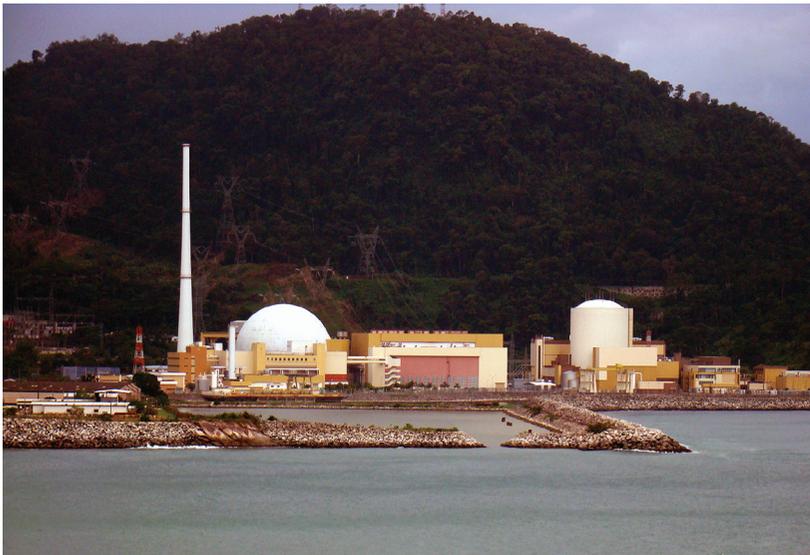


Figura 12.2: Vista do Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. À frente, na primeira cúpula, vê-se a usina de Angra 2. Ao fundo, o silo de Angra 1.
Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Angra1.jpg>

O que movimenta a turbina de uma usina nuclear é o vapor de água, mas o aquecimento é obtido através da fissão de átomos de urânio em um reator. Esse tipo de obtenção de energia é típico de países desenvolvidos, com destaque para a França, Alemanha, Suécia, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Japão, Rússia e Ucrânia. Usinas nucleares são extremamente perigosas por utilizarem fontes primárias radiativas de energia, em casos de acidentes os danos levam centenas de milhares de anos para se dissipar.



O acidente nuclear de Chernobyl, na Ucrânia

O acidente na usina nuclear de Chernobyl (Ucrânia) foi a maior tragédia radioativa da história. Comparativamente, o material radioativo disseminado foi quatrocentas vezes maior que o das bombas utilizadas no bombardeio às cidades de Hiroshima e Nagasaki (Japão) no final da Segunda Guerra Mundial. O acidente ocorreu em 26 de abril de 1986, quando realizaram um experimento com o reator 4 da usina, rico em Césio-137, produzindo uma nuvem radioativa que atingiu toda a URSS, Europa Oriental, Reino Unido e Escandinávia. É difícil estimar o número de vítimas do acidente, mas em 2005, a ONU divulgou um relatório que estimativa cerca de 4.000 pessoas que possivelmente morreriam no futuro por doenças relacionadas aos eventos de Chernobyl.

Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear

Vantagens

- Não contribui para o efeito de estufa.
- Não polui o ar com gases de enxofre, nitrogênio, particulados etc.
- Não utiliza grandes áreas de terreno: a central requer pequenos espaços para sua instalação.
- não depende da sazonalidade climática (nem das chuvas, nem dos ventos).

- Pouco ou quase nenhum impacto sobre a biosfera.
- Grande disponibilidade de combustível.
- A quantidade de resíduos radioativos gerados é extremamente pequena e compacta.
- O risco de transporte do combustível é significativamente menor, quando comparado ao gás e ao óleo das termoelétricas.
- Não necessita de armazenamento da energia produzida em baterias.

Desvantagens

- Necessidade de armazenar o resíduo nuclear em locais isolados e protegidos.
- Necessidade de isolar a central após o seu encerramento.
- É mais cara quando comparada às demais fontes de energia.
- Os resíduos produzidos emitem radiatividade durante muitos anos.
- Dificuldades no armazenamento dos resíduos, principalmente em questões de localização e segurança.
- Pode interferir com ecossistemas.
- Grande risco de acidente na central nuclear.

Energia hidrelétrica

Esse tipo de energia é gerada a partir da instalação de barragens, aproveita-se o gradiente hidráulico dos rios, cria-se um fluxo de água contínuo que é utilizado para mover turbinas e geradores de energia elétrica. Essa forma de produzir energia é considerada limpa e renovável, é de ampla utilização no Brasil, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, graças à extensa malha fluvial.

Os rios mais adequados são aqueles que apresentam desnível em seu percurso, além de um clima ou uma hidrografia que o abasteça de água regularmente. A construção da barragem depende da largura do rio e da topografia no seu entorno, quanto menor a área inundada menor é o impacto produzido.

Entretanto, independente do grande potencial hidrelétrico do Brasil, o país passou por uma crise energética que afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica. Ocorreu nos dois últimos anos do governo de Fernando Henrique Cardoso, (2001 e 2002), sendo causada pela falta de chuvas, que deixou várias represas vazias, impossibilitando a geração de energia. No início da crise, levantou-se a hipótese de que talvez se tornasse necessário fazer longos cortes forçados de energia elétrica em todo o Brasil. Estes cortes forçados, ou blecautes, foram apelidados de “apagões” pela imprensa.



Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB

Em resposta ao modelo de geração de energia a partir de grandes barragens, intensificado no Brasil, na década de 1970, que desalojou milhares de pessoas, surgiu o Movimento dos Atingidos por Barragens. As obras para a construção de usinas desalojaram milhares de pessoas de suas terras, como no caso da usina de Sobradinho construída no rio São Francisco deslocou sozinha mais de 70.000 pessoas.

O primeiro encontro nacional ocorreu em abril de 1989, na cidade de Curitiba. Hoje os congressos nacionais do MAB ocorrem a cada três anos. No início, a luta era para garantir indenização justa e reassentamentos aos atingidos, no entanto, hoje o movimento questiona o próprio modelo energético do país.

A energia potencial da barragem, liberada a partir da queda d'água, faz girar o eixo de uma turbina, e assim é produzida uma energia mecânica que depois será transformada em energia elétrica. A relação entre a energia gerada e a área inundada é dependente da altura de crista da barragem e das condições topográficas do local.

Em alguns lugares, o lago formado pela barragem vem sendo utilizado para piscicultura, recreação, abastecimento humano e para o desenvolvimento da navegação fluvial.

Até o ano de 2002, o Brasil possuía 433 centrais hidrelétricas, das quais 304 são consideradas de pequeno porte (as pequenas centrais hidrelétricas são aquelas com capacidade de geração de até 30 MW). Desse total, apenas 23 centrais hidrelétricas têm capacidade de geração superior a 1.000 MW. A maioria das grandes usinas hidrelétricas do país está localizada na bacia do rio Paraná.

Tabela 12.1: Maiores centrais hidrelétricas em operação no país (Aneel, 2002)

Usina	Localização	Rio	Potência (kW)
Itaipu	Foz do Iguaçu - PR	Paraná	6.300.000
Tucuruí I e II	Tucuruí - PA	Tocantins	4.001.000
Ilha Solteira	Ilha Solteira - SP	Paraná	3.444.000
Xingó	Canindé de São Francisco	São Francisco	3.162.000
Paulo Afonso	Delmiro Gouveia - AL	São Francisco	2.462.000
Itumbiara	Itumbiara - GO	Paranaíba	2.124.000
São Simão	Santa Vitória - MG	Parnaíba	1.710.000
Foz do Areia	Pinhão - PR	Iguaçu	1.676.000
Jupia	Castilho - SP	Paraná	1.551.200
Itaparica	Glória - BA	São Francisco	1.479.600

Atualmente, várias outras centrais hidrelétricas estão em planejamento no país, ou aguardando licenciamento ambiental. Um dos casos mais emblemáticos gira em torno da construção da hidrelétrica de Belo Monte, na bacia do rio Xingu, considerada a maior obra do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) do

Governo Federal. O MMA (Ministério do Meio Ambiente) concedeu licença ambiental prévia para a sua construção em 2012. De lá pra cá, tem ganhado destaque na mídia, tanto por sua imensidão em área de floresta quanto pelas reivindicações dos movimentos sociais e lideranças indígenas da região.

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte foi projetada para ser a maior hidrelétrica inteiramente brasileira, sua potência será de 11.233 MW. Ela ocupará uma extensão de 100 km ao longo do rio Xingu e seu lago terá 516 km².



Licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente e possui como uma de suas mais expressivas características a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de audiências públicas como parte do processo.

Tabela 12.2: Principais países produtores de energia hidrelétrica

Maiores produtores mundiais	Porcentagem da geração mundial	Porcentagem no total da eletricidade gerada no país
China	15,3	14,8
Brasil	11,7	84,0
Canadá	11,7	57,6
Estados Unidos	8,7	6,3
Rússia	5,7	17,6
Noruega	4,3	98,2
Índia	3,9	15,4
Japão	2,7	7,4
Venezuela	2,6	72,3
Suécia	2,1	44,5



A maior hidrelétrica do mundo foi instalada no rio Yang Tsé, na China. A potência instalada da Usina de Três Gargantas é de 22,5 MW. Sua construção teve início em 1993 e só foi concluída em 2006. Entretanto, a usina binacional de Itaipu (Brasil-Paraguai) é maior em comprimento e altura, possui 7.700 e 196m, respectivamente. Enquanto a Usina de Três Gargantas apresenta 2.300m de comprimento e 192m de altura.

Vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas

Vantagens

- A disponibilidade permanente de água porque o ciclo hidrológico é inesgotável.
- É uma energia totalmente limpa, não emite gases tóxicos e não causa a chuva ácida.
- É uma energia barata, os custos operacionais são muito baixos, não são constantes melhorias tecnológicas que ajudem a explorar os recursos com mais eficiência.
- Ele armazena facilmente sistemas de abastecimento de água para recreação ou irrigação.
- É possível regular o fluxo de controle e se há risco de alagamento.

Desvantagens

- Perda de solos, de espécies animais e vegetais e de recursos madeireiros.
- Translocação da população.
- Perdas de monumentos naturais e históricos.
- Modificações da geometria hidráulica do rio e da sua carga sedimentar.
- Mudanças florísticas e faunísticas abaixo e acima da represa.
- Impactos para a pesca e a aquicultura.
- Crescimento maciço de macrófitas aquáticas.
- Deterioração da qualidade da água.



Atende ao Objetivo 1

1. Mediante a existência de diversas fontes de energia e da possibilidade de aproveitar várias delas no Brasil, comente a configuração da matriz energética brasileira, explicando porque a hidreletricidade é o principal tipo de energia do país.

Resposta Comentada

Devido à extensão territorial e à existência de vários recursos naturais no Brasil, o país pode produzir diversos tipos de energia, aproveitando as fontes renováveis e não renováveis. Porém, o governo brasileiro investiu ao longo dos anos, principalmente, na construção de usinas hidrelétricas, aproveitando o volume hídrico dos rios. Portanto, as usinas hidrelétricas constituem a principal fonte de energia do país, porque apresenta as condições ideais para a produção desse tipo de energia, como a existência de rios permanentes com grande volume de água, terrenos irregulares e chuvas abundantes.

Outros exemplos de recursos energéticos

Energia geotérmica

Também conhecida como energia geotermal, é aquela gerada através do calor proveniente do interior da Terra. É considerada uma fonte renovável e limpa, pois gera baixos índices de poluição no meio ambiente. Pode ser obtida através das rochas secas quentes, rochas úmidas quentes e vapor quente.

A diferença de temperatura entre dois pontos ou duas superfícies expressa o gradiente geotérmico, por isso existe um processo dinâmico para estabelecer o equilíbrio e diminuir essa diferença. Assim, ocorre a transferência de calor do ponto mais quente para o ponto mais frio (o que chamamos de fluxo térmico), dependendo das características de cada material, ou seja, sua condutividade térmica.

A transferência de calor por condução ocorre pela transferência de calor entre moléculas, sendo os metais os melhores condutores de calor. Quando a transferência de calor for causada por deslocamento de um fluido temos uma convecção.

O aproveitamento do calor proveniente do interior da Terra depende dos conhecimentos geológicos e da engenharia, pois seu uso pode provocar instabilidade geológica caso explorado de forma inadequada. Outra providência é o tratamento de água proveniente das camadas subterrâneas, pois pode conter grande quantidade de minérios que prejudicam a saúde.

O aproveitamento e desenvolvimento comercial desse tipo de energia só é possível em regiões com alto fluxo de calor, onde o magma está relativamente próximo à superfície, entre 3 e 10 km, e em contato com as águas subterrâneas circulantes. Por exemplo, onde ocorrem **gêiser**, atividade vulcânica recente ou pontos quentes identificados através de sondagens.

Gêiser é uma espécie de fonte termal com erupções.



A palavra gêiser vem de uma fonte, situada na Islândia, chamada Geysir. As erupções de alguns gêiseres ocorrem em intervalos fixos, mas a maioria delas acontece com espaçamentos irregulares, e cujas pausas podem durar minutos ou anos. O período de duração da erupção de cada gêiser é diferente entre eles, pode variar de segundos a horas. A altura da coluna oscila entre 1 e 100m e a quantidade de água que é jorrada pode variar de alguns poucos litros até dezenas de milhares de litros. O gêiser entra em erupção quando a base de uma coluna d'água, que repousa sobre a terra, evapora por estar em contato com uma rocha vulcânica quente. Este superaquecimento causa o aumento da pressão da água, esta quando supera os 100°C de temperatura, é transformada rapidamente em vapor de água e provoca a emissão da água situada na parte superior da coluna. A força com que a água é arremessada pra cima depende de sua profundidade.

A maioria deles está situada na Nova Zelândia, Islândia, Japão, Chile, Rússia e Estados Unidos. O mais famoso deles é o Old Faithful, localizado no Parque Nacional de Yellowstone, em Wyoming, Estados Unidos; ele expulsa entre 38.000 e 45.000 litros de água em cada erupção, e a coluna d'água chega a atingir a marca de 52 metros. As erupções ocorrem em intervalos de 37 a 93 minutos.



Figura 12.3: Vista de um gêiser no Parque Nacional de Yellowstone.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Steam_Phase_eruption_of_Castle_geyser_with_double_rainbow.jpg

São utilizados diferentes sistemas de aproveitamento geotérmico, dependendo das características geológicas da área, entre eles:

- a) Sistema convectivo hidrotermal: leito permeável em que circula grande quantidade de água quente, compreende reservatórios naturais de água quente e vapor em profundidade. Próxima à superfície onde a pressão é menor a água flui em forma de vapor superaquecido, este pode ser captado e canalizado para turbinas onde irá aquecer e produzir eletricidade.
- b) Sistema ígneo quente: envolve a presença de magma a temperatura entre 650 a 1.200°C em alguns reservatórios geotérmicos subsuperficiais acessíveis para perfuração ou fraturamento através de explosivos. Com isso, a água é injetada dentro da rocha e depois bombeada com temperaturas elevadas. Assim, o vapor de água produzido é utilizado na produção de energia elétrica.
- c) Sistema geopressurizado: ocorre naturalmente quando o fluxo de calor da Terra é impedido por rochas impermeáveis (funcionam como isolante térmico). A água aprisionada ganha considerável pressão e temperatura.

A energia geotérmica foi utilizada para produzir energia elétrica pela primeira vez em Toscana (Itália) no século XX, hoje existem usinas desse tipo em locais da Europa, Nova Zelândia, Japão, Islândia e nas Américas. Sendo que o maior campo de exploração fica na Califórnia (EUA), com uma produção de 1.200 MW de energia. No Brasil, águas termais bombeadas de rochas já abastecem balneários e são comuns no Rio Quente (GO) e Gravataí (SC).

Vantagens

- Não são poluentes porque não queima combustível reduzindo emissões de gases na atmosfera.
- A área utilizada é pequena.
- Pode funcionar 24 horas por dia durante todos os dias do ano.

- Os benefícios econômicos permanecem na área produtora porque não pode ser exportada.

Desvantagens

- O custo elevado quando da necessidade de perfurar o solo.
- Alto custo inicial para instalação.

Energia eólica

É aquela produzida pela ação do vento capaz de movimentar hélices, podendo ser utilizada para bombear água, mover moinhos ou gerar energia elétrica. Ela é possível em locais com incidência constante de ventos, e viáveis em regiões onde a velocidade média dos ventos é superior a 6m/s. A exploração desse tipo de energia tem crescido bastante, e além de ser uma fonte limpa e inesgotável, a área utilizada para colocação das hélices também pode ser aproveitada para agricultura e pecuária sem prejuízos. Usinas desse tipo estão instaladas em alguns estados do Brasil, sendo que o maior potencial está na região Nordeste.



Figura 12.4: Dispositivo que aproveita a energia eólica e converte-a em energia elétrica.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Windenergy.jpg>

Os países com maior capacidade de geração de energia eólica são, respectivamente: Estados Unidos, China, Alemanha, Espanha, Índia, Itália, França, Reino Unido, Portugal e Dinamarca.

As hélices podem ser instaladas na terra, na costa ou no mar, os impactos gerados são de baixa intensidade, como emissão de ruídos de baixa frequência e morte de pássaros.

Vantagens

- É inesgotável.
- Não emite gases poluentes nem gera resíduos.
- Diminui a emissão de gases de efeito de estufa.
- Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado.
- Geração de investimento e empregos em zonas desfavorecidas.
- Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem escassa manutenção.

Desvantagens

- A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a electricidade é necessária.
- Provoca um impacto visual considerável porque gera modificação da paisagem.
- Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás.
- Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante.

Energia solar

Também chamada de energia fotovoltaica, é derivada do aproveitamento dos raios solares sobre a superfície terrestre. Pode ser utilizada para aquecer água e ambientes, ou através da instalação de células fotovoltaicas, principalmente em telhados de casas e terraços de prédios, gerando correntes elétricas que carregam baterias. É ideal para cidades pequenas e casas isoladas em localidades rurais sem acesso à rede de energia elétrica.



Figura 12.5: Usina solar PS10, na Espanha.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:PS10_solar_power_tower.jpg

Vantagens

- A energia solar não polui durante seu uso.
- As centrais necessitam de manutenção mínima.
- Os painéis solares estão ficando mais potentes e seu custo vem decaindo.
- É ideal para lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão.

- Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território.

Desvantagens

- Existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática, além de não produzir durante a noite, exigindo o armazenamento e a ligação com redes de transmissão de energia.
- Locais em latitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de Inverno devido à menor disponibilidade diária de energia solar.
- As formas de armazenamento são pouco eficientes quando comparadas com outras fontes como o carvão, o petróleo e a energia hidroelétrica.

Energia das marés

O deslocamento das águas do mar também pode funcionar como fonte de energia. Para isso, são construídos diques que envolvem uma praia. Quando a maré enche, a água entra e fica armazenada no dique; ao baixar a maré, a água sai pelo dique como em qualquer outra barragem.

Para que este sistema funcione bem são necessárias marés e correntes fortes. Tem que haver um aumento do nível da água de pelo menos 5,5 metros da maré baixa para a maré alta. Existem poucos sítios no mundo onde se verifique tamanha mudança nas marés. O ciclo de máres de 12 horas e meia e o ciclo quinzenal de amplitudes máxima e mínima apresentam problemas para que seja mantido um fornecimento regular de energia.



O primeiro grande projeto para geração de energia através do aproveitamento das marés foi construído em 1967, no rio Rance, na França. Nesse rio, a média anual das marés chega a atingir um desnível de mais de 8 metros, o que possibilitou a implantação da Usina de La Rance, que tem uma barragem de 710 metros de comprimento.



Figura 12.6: Usina de La Rance, França. Exemplo de aproveitamento das marés para geração de energia.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BarrageRance.jpg>

Energia das ondas

A energia cinética do movimento ondular pode ser usada para movimentar uma turbina e fazê-la funcionar. A elevação da onda em uma câmara de ar provoca a saída do ar lá contido e esse movimento do ar provoca a movimentação da turbina. A energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica através do gerador.

Quando a onda desfaz-se e a água recua, o ar desloca-se em sentido contrário, passando novamente pela turbina, entrando na câmara por comportas especiais normalmente fechadas.

Esta é apenas uma das maneiras de retirar energia das ondas. Atualmente, utiliza-se o movimento de subida/descida da onda para dar potência a um êmbolo que se move para cima e para baixo em um cilindro. O êmbolo também pode por um gerador a funcionar.

Os sistemas para retirar energia das ondas são muito pequenos e apenas suficientes para iluminar uma casa ou algumas boias de aviso, por vezes colocadas no mar. A desvantagem de se utilizar este processo na obtenção de energia é que o fornecimento não é contínuo e apresenta baixo rendimento.

Produção de energia a partir da biomassa

Biomassa é o mesmo que matéria orgânica (não fóssil) vegetal ou animal que possibilite a obtenção de energia, como cana-de-açúcar, beterraba, milho, madeira e óleos vegetais que possam ser transformados em biodiesel (soja, dendê, mamona, algodão, trigo etc.).

Esse tipo de energia tem sido considerada a principal alternativa na busca por maior diversificação da matriz energética, tanto para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis quanto para baratear e facilitar a produção. Além disso, são combustíveis menos poluentes e prejudiciais ao meio ambiente.

O etanol (álcool) é o principal biocombustível produzido no Brasil, representa a nossa segunda maior fonte de energia. Temos a vantagem de dispor de uma grande variedade de plantas que podem ser usadas na produção de biodiesel, as chamadas plantas oleaginosas, com destaque para a mamona, o dendê (palma), o girassol, o babaçu, a soja e o algodão.



A utilização do biodiesel no mercado brasileiro foi regulamentada pela Lei 11.097/2005.

Segunda a lei, torna-se obrigatória a mistura de biodiesel ao diesel derivado do petróleo.

Além disso, foi criado o Selo Combustível Social e estabelecido um sistema de incentivos fiscais e subsídios para a produção do biodiesel com matéria-prima cultivada em pequenas propriedades familiares rurais do Norte e Nordeste.



Atividade

Atende ao Objetivo 2

2. O petróleo e o carvão mineral ainda são os dois principais tipos de energia consumidos mundialmente. Entretanto, novas fontes de energia vêm ganhando destaque e governos de diversos países têm investido nas fontes alternativas de energia. Explique a importância dessas outras fontes de energia para o mundo atual.

Resposta Comentada

As fontes alternativas de energia são importantíssimas para a manutenção do padrão de desenvolvimento dos países, que seguem o modelo consumista difundido pelo mundo capitalista. Isso porque combustíveis como o petróleo não são renováveis, havendo a necessidade de investir em outros recursos que possam substituí-lo sem comprometer a economia dos países. Além disso, a energia produzida pelo vento, pelo sol, pela biomassa, entre outros, não são poluentes como os combustíveis fósseis, contribuindo com a qualidade ambiental, por diminuir a exploração mineral e a poluição do meio.

CONCLUSÃO

Diante do apresentado, vimos que os recursos energéticos são indispensáveis a vida humana e, por isso, são aproveitados de diversas formas. Tal fato possibilitou a homem a criação das cidades e o desenvolvimento de tecnologias. Os combustíveis fósseis, formados em antigos ambientes de sedimentação, precisam ser substituídos por novas fontes de energia, menos prejudiciais a qualidade ambiental e que podem ser produzidos por diversas nações através da tecnologia e do trabalho humano.

Atividade Final

Nesta aula, em cada uma das fontes de energia apresentadas, foi apresentado um quadro comparativo, apontando as principais vantagens e desvantagens das fontes renováveis e não renováveis. Apresente as vantagens da utilização das fontes de energia renováveis e explique porque governantes e empresas não utilizam tais fontes.

Resposta Comentada

As fontes de energia renováveis sustentáveis apresentam a grande vantagem que é a de não causarem efeitos deletérios ao meio ambiente. No entanto, a adoção destas fontes esbarra em alguns fatores que inviabilizam ou reduzem o seu potencial, fazendo com as mesmas sejam utilizadas de forma complementar às fontes de energia não renováveis. Tomando-se como exemplo a energia eólica, que é a fonte que apresenta maior potencial de utilização e que vem utilizada intensamente em todo o planeta, temos como restrição o fato de que mesmo em áreas com bom potencial de vento, existem momentos de calmaria que reduzem a produção de energia, podendo levar ao desabastecimento.



RESUMO

Os recursos energéticos sempre foram essenciais para o desenvolvimento das sociedades, por isso, são o motor da vida. Os principais combustíveis consumidos mundialmente são o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (classificados como combustíveis fósseis), a hidreletricidade e a energia nuclear. Temos ainda fontes de energia alternativa, como a biomassa, a geotérmica, a energia eólica, das marés e solar. A biomassa, energia produzida a partir da matéria orgânica não fóssil, constitui a principal alternativa na busca por maior diversificação da matriz energética, além disso, são vantajosos por serem menos poluentes. O Brasil tem na cana-de-açúcar sua segunda maior fonte de energia.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, você fará um estudo sistemático da estrutura geológica brasileira, onde o nosso relevo estará esmiuçado em suas diferentes porções, planaltos, depressões e bacias sedimentares.

Aula 13

Geologia do Brasil

Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz

Meta da aula

Apresentar as principais estruturas que sustentam o relevo brasileiro, correlacionando-as e situando-as na escala de tempo geológico.

Objetivos

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

1. identificar as áreas cratônicas brasileiras;
2. identificar as principais bacias sedimentares.

INTRODUÇÃO

Para estudarmos o relevo brasileiro é importante conhecermos um pouco do continente sul-americano e estudar a sua formação e dinamismo, considerando a dinâmica da litosfera e a tectônica de placas. Esse estudo permite-nos entender o que ocorreu com as estruturas e formas do relevo do passado longínquo para depois associá-las com o passado próximo.

O relevo do continente sul-americano tem em sua borda oeste a cadeia orogênica dos Andes. Sua formação teve início no Mesozoico e continua em processo de soerguimento até os dias atuais. Já o centro e a parte leste do continente possuem formações litológicas do período Pré-cambriano.

Enquanto a cordilheira dos Andes ultrapassa facilmente os 4.000 metros de altitude, no restante do continente as altitudes são baixas com poucos locais ultrapassando 1.000 metros. Estes terrenos mais baixos são muito antigos e por isso são mais desgastados pelos processos erosivos.

O Brasil é formado por estruturas geológicas antigas (anteriores ao Mesozoico), exceto as bacias sedimentares mais recentes, como no caso do Pantanal Mato-Grossense, em trechos do litoral nordeste e sul e a porção ocidental da bacia amazônica (datadas do Terciário e Quaternário).

Entretanto, apesar das formações litológicas serem antigas, as formas do relevo são recentes, justamente porque foram produzidas por desgastes erosivos que ocorrem permanentemente. Sendo assim, as formas do relevo brasileiro apresentam como resultado dos mecanismos genéticos formações litológicas e arranjos estruturais antigos e processos recentes associados ao movimento das placas tectônicas e desgaste erosivo.

As grandes formas do relevo são influenciadas pela macroestrutura do subsolo, mesmo contando com as fases erosivas. Podemos definir três grandes compartimentos de relevo no nosso país: plataformas ou crátons, cinturões orogênicos e as bacias sedimentares.

As áreas cratônicas

Como já explicado em aulas anteriores, os crátons correspondem às porções com rochas mais antigas. Logo, os terrenos também são os mais antigos e são justamente aqueles que sofreram as muitas fases de erosão. Nesse complexo litológico, prevalecem rochas metamórficas com idade superior a 2 bilhões de anos. Em alguns locais, podem aflorar rochas intrusivas também muito antigas, porém mais novas (de 1 a 2 bilhões de anos) que as rochas metamórficas. Também podem ser encontradas rochas sedimentares do Pré-cambriano superior. No Brasil, existem três grandes áreas cratônicas: a plataforma das Guianas (Cráton da Amazônia Norte), a Sul-Amazônica (Cráton da Amazônia Sul) e a do São Francisco (**Figura 13.1**).

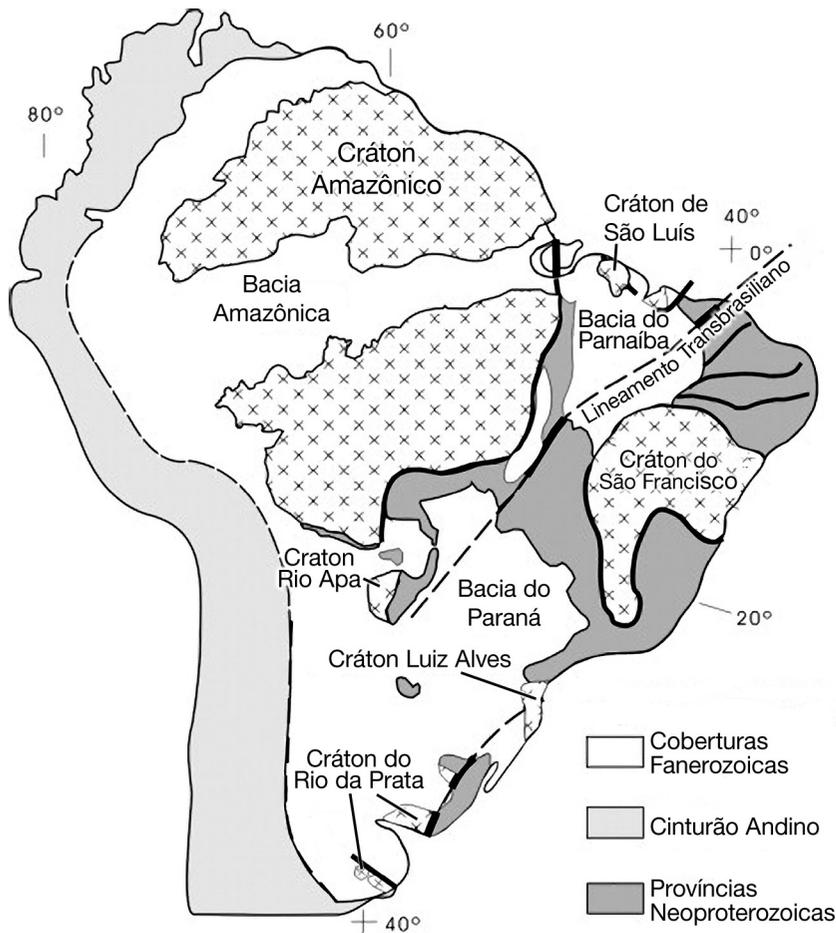


Figura 13.1: Mapa da América do Sul, mostrando os principais crátons, as bacias sedimentares e a cordilheira dos Andes. Observe que o Cráton da Amazônia é dividido em dois, sendo seccionado pela bacia amazônica.

Fonte: Modificado de Cordani et al (2009).

Escudo das Guianas-Meridional

Esta área fica na região Norte do Brasil. Constitui a parte norte do Cráton Amazônico. Esta região possui uma vasta área de rochas arqueanas fragmentadas e elas formam três grupos: Urariquera, Iricoumé e Oiapoque; eles estão separados por faixas móveis (Guiana Central e Paru-Tumucumaque).

Estas rochas apresentam certo grau de metamorfismo, como exemplificado pelos ortognaisses, granulitos ácidos, gnaisses chanorquíticos e anfibolitos milonitizados. A idade destas rochas é muito variada. Algumas delas possuem quase de 4 bilhões de anos, como alguns gnaisses, gabros, anfibolitos e dioritos.

Esta região, no entanto, não possui apenas rochas metamórficas. Ela foi palco de vulcanismo ácido a intermediário durante a tectônica extensional no norte de Roraima. Ainda que não tenha ocorrido um amplo extravasamento de magma, houve um intenso processo de formação de rochas extrusivas ácidas com idade de 1,2 bilhão de anos. Este episódio vulcânico gerou por consequência um evento sedimentar com quase 4.000 metros de espessura de sedimentos, constituídos por jaspilitos, arenitos, folhelhos, conglomerados, arcósios e rochas piroclásticas.

Sinteticamente, esta área possui terrenos elevados na extremidade norte (fronteira com a Venezuela e as Guianas) com rochas intrusivas e efusivas associadas com metamórficas antigas. Ao sul da plataforma, estão os terrenos mais baixos, com predomínio de rochas metamórficas parcialmente encobertas por sedimentos da bacia amazônica.



O monte Roraima está localizado na fronteira entre Brasil, Venezuela e Guiana. Possui relevo em formato de mesa, típico de áreas que foram submetidas a um longo processo de erosão. Alguns de seus maiores atrativos são os paredões de arenitos com cerca de 1.000 metros de altura, onde se desenvolve uma flora completamente diferente da floresta tropical que existe em sua base. O ponto mais elevado encontra-se em território venezuelano com 2.810 metros de altitude.

Geologicamente, o planalto do monte Roraima é composto por arenitos que foram depositados ao longo Proterozoico. Estas rochas sedimentares estão assentadas sobre granitos e gnaisses. O arenito, mais facilmente erodido, assume formas que se assemelham a animais e objetos, o que faz da área muito procurada para o turismo de aventura.



Figura 13.2: Vista aérea do monte Roraima com suas dezenas de quedas d'água. Rochas porosas do tipo arenito e o acúmulo de água na superfície plana do monte criam condições para a formação das cachoeiras encontradas nos paredões verticais.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mt_Kukenan_from_Mt_Roraima_in_Guyana_Highland_001.JPG

Província Xingu

Também chamada de província Tapajós, está inserida no Cráton Amazônico (parte sul). A província Xingu geograficamente está subdividida nas subprovíncias Carajás, Xingu e Madeira. O Complexo Xingu é constituído por gnaisses, migmatitos, anfíbolitos, gabros, noritos, granulitos, charnoquitos e granitos todos derivados do metamorfismo com idades entre 2,4 e 3,2 bilhões de anos.

Das três subprovíncias, a mais importante sob o ponto de vista do aproveitamento dos materiais é a subprovíncia Carajás. Esta possui sequência de itabirito, com importantes depósitos de

hematita intercalados com metabasaltos. Esta região foi intensamente afetada pelo metamorfismo que acometeu a Amazônia durante o Pré-cambriano. Este fato é comprovado pela presença de gnaisses tonalíticos, granulitos e *greenstones*. A deformação cisalhante resultou na formação de *rifts* continentais que foram preenchidos por depósitos de rochas sedimentares e intrusivas básicas.

Geomorfologicamente, os terrenos são mais baixos ao norte (zona do *riff*) e ganham altitude em direção ao sul. É constituída principalmente por rochas metamórficas antigas, ocorrendo frequentemente rochas intrusivas. Na extremidade sul a plataforma é encoberta por extensa formação sedimentar (chapada dos Percis).

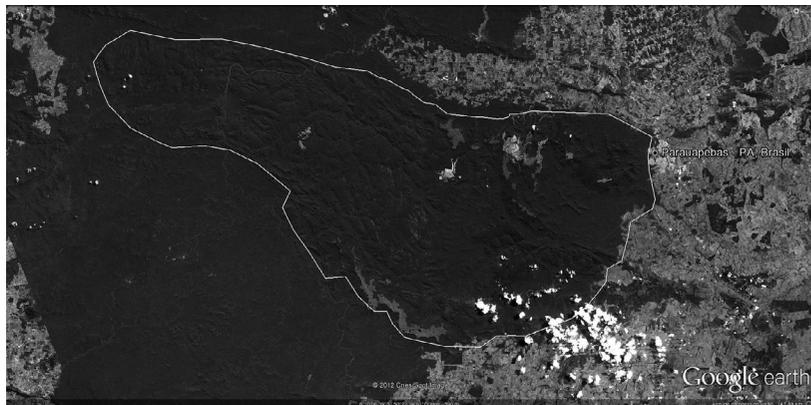


Figura 13.3: A subprovincia Carajás apresenta uma grande concentração de recursos minerais, com excelentes reservas de ouro, ferro, cobre, manganês e níquel.

Província São Francisco

O extenso Cráton São Francisco foi estabilizado no fim do ciclo Transamazônico e é circundado por faixas de dobramento Proterozoicas. Apresenta-se seccionado em três fragmentos que foram originados durante os ciclos Brasileiro e Transamazônico: Guanambi, Remanso e Serrinha.

Devido às intensas transformações que estas rochas sofreram, é comum encontrar regiões com alto grau de metamorfismo. São rochas que formam complexos metamórficos de último grau, tais como gnaisses, migmatitos, charnoquitos, enderbitos e leptnitos. São encontrados também corpos de rochas ultrabásicas. A origem destes complexos ainda não está totalmente esclarecida, mas foi associada aos intensos fenômenos tectono-metamórficos a que foram submetidos.

Estende-se do norte de Minas Gerais e avança pelo centro da Bahia. É a área cratônica de mais difícil delimitação, porque uma parte está parcialmente encoberta por sedimentação antiga enquanto que as extremidades se confundem com áreas dos cinturões orogênicos do seu entorno.

Sob o ponto de vista do aproveitamento econômico, estas rochas guardaram importantes jazidas minerais que foram intensamente aproveitadas ainda durante o Brasil colônia. A cidade de Diamantina é um bom exemplo do aproveitamento econômico destas rochas. Não se pode deixar de mencionar a ocorrência de itabiritos, que são aproveitados para a exploração de minério de ferro. O rio São Francisco corre em uma zona de falha e com forte desnível, o que é aproveitado para a geração de energia elétrica.



Atende ao Objetivo 1

1. Você acabou de ver que parte das nossas rochas mais antigas data do Arqueano, ou são ainda mais velhas, ou seja, rochas que foram submetidas a diversos ciclos tectônicos. Atualmente, estamos fora das zonas de maior atividade tectônica que podem causar

modificações nas estruturas das rochas. Quais são as rochas que formam os três crátons estudados neste capítulo? O que elas possuem em comum que pode evidenciar as atividades tectônicas a que foram submetidas?

Resposta Comentada

Como dito anteriormente, as rochas que formam as áreas cratônicas do Brasil são basicamente metamórficas e algumas ígneas. São 4 bilhões de anos de evolução tectônica e estas rochas mostram esta evolução através do metamorfismo a que foram submetidas. A cada evento tectônico, maiores foram as tensões a que foram submetidas.

Áreas de dobramentos antigos

Os cinturões orogênicos do território brasileiro são muito antigos, por isso possuem diversas idades ao longo do Pré-cambriano. Os três cinturões são o do Atlântico, o de Brasília e o Paraguai-Araguaia. Eles correspondem a antigas cadeias montanhosas que se encontram atualmente desgastadas pelas diversas fases erosivas. Correspondem na **Figura 13.1** às áreas assinaladas com idade Neoproterozoica.



Como já explicado nas aulas anteriores, um cráton é uma porção da placa continental que possui rochas que se mantiveram estáveis por muito tempo. No caso do Brasil, os crátons situados no nosso território datam do Arqueano. Já um cinturão orogênico corresponde aos terrenos mais elevados da superfície terrestre. Apresentam grande complexidade de rochas, devido aos intensos esforços a que são submetidos. Após a estabilidade tectônica, os cinturões orogênicos começam a sofrer alteração química e erosão, sendo então rebaixados e em nada relembram as altitudes que atingiram, quando estavam sendo formados.

No passado, elas foram bacias geossiclinais (vide Aula 8) estreitas e alongadas que margeavam a borda das plataformas. Os sedimentos que as formaram foram dobrados por pressões da plataforma em função da movimentação da crosta terrestre. Os sedimentos ao serem dobrados sofreram metamorfização, intrusões e possivelmente efusões vulcânicas.

Faixa Paraguai-Araguaia

Esta faixa corresponde à região central do Brasil que atravessa a Plataforma Sul-Americana. Estende-se desde o norte de Goiás e Tocantins até Mato Grosso, reaparecendo na extremidade sul do Pantanal (serra da Bodoquena). As rochas que compõem esta faixa são quartzitos, quartzo xistos, conglomerados e filitos e vários corpos básicos e ultrabásicos. Estas rochas possuem metamorfismo, datado de aproximadamente 1.050 e 500 milhões de anos (**Figura 13.4**).



Figura 13.4: Rochas sedimentares metamorfasadas na região do maciço de Urucum (MS).

Parte desta faixa foi recoberta por sedimentos recentes na região do Pantanal. As litologias recobertas por estes sedimentos são filitos, mica, xistos, conglomerados, mármore, sedimentos clásticos (arcóseos e conglomerados) e intercalações hematíticas e de óxidos de manganês do maciço de Urucum (**Figura 13.5**). Este cinturão está em grande parte arrasado pela erosão, o local mais preservado é a província serrana de Mato Grosso, constituída por serras geradas por dobramentos antigos. As rochas são sedimentares ou com baixo metamorfismo, com destaque para filitos, arenitos, calcários, argilitos, entre outros.



Figura 13.5: Afloramento do maciço de Urucum, no Mato Grosso do Sul, onde hoje é explorado minério de ferro.

Cinturão orogênico do Atlântico

Envolve a província Mantiqueira e a província Borborema. A primeira corresponde à faixa de Dobramentos Sudeste que se inicia em Minas Gerais e estende-se até o sudeste do Rio Grande do Sul, enquanto a segunda fica restrita ao litoral da região Nordeste.

A província Mantiqueira possui grande diversidade de litologias que serão novamente vistas na Aula 14 (Geologia do estado do Rio de Janeiro). São rochas muito influenciadas pelo metamorfismo resultante da colisão que formou o continente Gondwana. São comuns rochas metamórficas que formam parte das áreas mais rebaixadas e rochas magmáticas alcalinas, como as do maciço de Itatiaia (**Figura 13.6**) e rochas magmáticas ácidas, como as da serra do Mar.



A classificação das rochas entre ácidas e básicas é dada pelo teor de sílica. Rochas que apresentam mais de 65% de sílica são classificadas como ácidas. Quando o conteúdo de sílica é inferior 52%, a rocha é considerada básica. As rochas alcalinas ocorrem em condições excepcionais de concentrações de álcalis, principalmente minerais sódicos, tais como feldspatoides, piroxênio e anfíbólio.



Figura 13.6: O maciço das Prateleiras em Itatiaia é um local onde afloram rochas alcalinas do tipo sienito. É muito visitado por turistas, principalmente nos meses de inverno, onde as temperaturas normalmente ficam próximas a zero, inclusive com a possibilidade de nevar.

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Prateleiras.jpg>

A província Borborema possui como principais componentes os complexos granito-gnáissico-migmatítico e sistemas de dobramentos marginais. São comuns também profundas zonas de cisalhamento, que foram formadas em regime de quebra durante o ciclo de colisão de placas tectônicas (Ciclo Brasileiro). Ainda podem ser encontradas rochas com idade arqueana. A província Borborema é às vezes interrompida por sedimentos fanerozoicos de algumas bacias sedimentares, tais como a bacia do Paraíba a oeste.

A serra da Borborema ou planalto da Borborema é um oásis no clima semiárido. As altitudes, que podem alcançar 800 metros, reduzem a temperatura e retêm a umidade que vem do oceano, possibilitando, assim, uma região com temperaturas amenas e maior umidade (**Figura 13.7**).

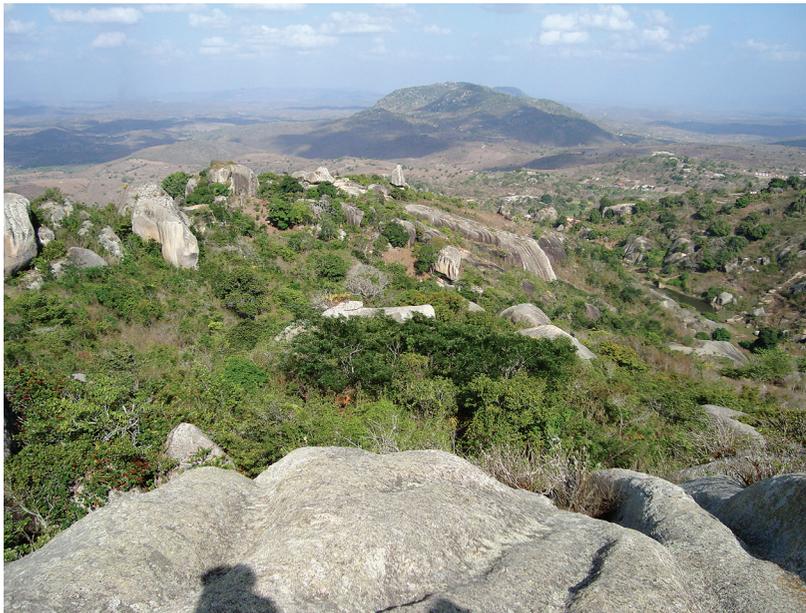


Figura 13.7: Vista da serra do Bodopitá, na Paraíba.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Vista_da_serra_do_bodopit%C3%A1.JPG

Cinturão de Brasília

Sua extensão vai do sul de Tocantins ao sudeste de Minas Gerais. Suas principais litologias são rochas metamórficas (micaxistos, ardósias, filitos, gnaisses e quartzitos). O processo erosivo permitiu a exposição de rochas intrusivas do interior dos dobramentos. Seu relevo é composto por serras alongadas e estreitas, podendo estar associadas a chapadas de topos planos e altos que possibilitam a formação de grandes cachoeiras (**Figura 13.8**).

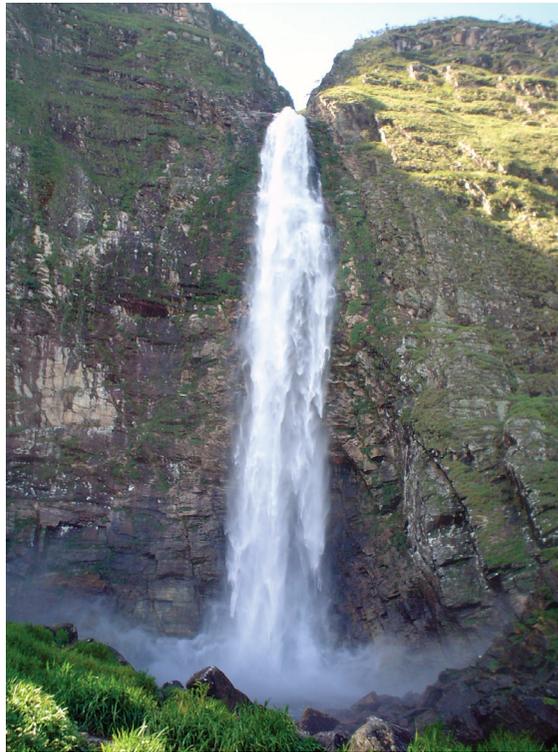


Figura 13.8: Cachoeira Casca d'Anta, no Parque Nacional da Serra da Canastra, que forma uma das nascentes do rio São Francisco. As rochas metamorfizadas e muito fraturadas possuem condições excelentes para o surgimento de quedas d'água, neste caso com 186 metros de altura.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parque_Nacional_da_Serra_da_Canastra_3.jpg



Atende ao Objetivo 1

2. Considerando que as rochas formam o relevo muito movimentado e com fortes desníveis altimétricos, como as características das rochas que sustentam estas formas contribuem para aumentar a diversidade do relevo que apresenta planaltos, cachoeiras, planícies fluviais, cuestras etc.?

Resposta Comentada

Como vimos, as litologias dos dobramentos antigos são bastante variadas, não apenas na composição mineralógica, mas também nas estruturas que elas apresentam. Suas características estão associadas a todas as transformações que passaram desde a sua formação. As tensões a que foram submetidas geraram rochas intensamente fraturadas e assim estes blocos falhados podem originar áreas topograficamente mais elevadas, ocasionando o encaixamento da drenagem e a geração de cachoeiras, por exemplo.

Bacias sedimentares

Também chamadas de bacias Fanerozoicas, por terem se formado ao longo do Fanerozoico (correspondente aos últimos 540 milhões de anos), as bacias sedimentares brasileiras podem ser divididas em três grandes ambientes de sedimentação. O primeiro compreende as bacias do Acre, Solimões, Amazonas e Marajó; o segundo engloba as bacias do São Francisco, Parnaíba e São Luís; e por último o ambiente de sedimentação que é composto pelas bacias do Paraná, Pantanal e Parecis-Alto Xingu (**Figura 13.9**).



Figura 13.9: Bacias sedimentares brasileiras.

Além destes ambientes, existe uma série de outras pequenas bacias na área continental e junto ao litoral. A importância destas bacias está no fato de que elas guardam em suas rochas uma parte da história do planeta, assim como são aproveitadas para a extração de hidrocarbonetos e outros bens minerais.

Algumas destas bacias possuem sedimentos muito antigos, tendo sido originadas a partir do Arqueano, como exemplificado pela bacia Amazônica, enquanto em outras bacias os sedimentos são muito recentes, como é caso da bacia do Pantanal, que possui sedimentos do Quaternário.

A bacia do Amazonas, por exemplo, apresenta sedimentos marinhos na base e sedimentos mais recentes de origem continental. São encontrados arenitos de diferentes idades e granulações intercalados por siltitos, argilitos e conglomerados calcários. Foi durante o Cretáceo que ocorreu a última fase de deposição extensiva nas bacias do Paraná e Maranhão.

No Cenozoico, todo o continente sul-americano sofreu as consequências da orogenia Andina. Assim, vários blocos falhados do continente foram acometidos de movimentos verticais, que resultaram em movimentos verticais para cima e para baixo (epirogênese). A epirogênese terciária foi responsável por elevar os níveis altimétricos das bacias e pelo surgimento das escarpas das serras do Mar e da Mantiqueira por falhamentos.

Bacias da região Norte

- Bacia do Acre

A bacia do Acre possui sedimentos com idade cretácea e terciária. Sua origem está associada ao soergimento dos Andes, sendo a única bacia brasileira submetida à tectônica andina. Apesar da idade recente dos sedimentos, sua origem é mais antiga, datando do Paleozoico. A área total da bacia é de 150.000 km². Em termos de fósseis, foram encontrados tartarugas do Cretáceo superior e outros fósseis de origem vegetal, tais como os lenhos fósseis datando do Neógeno (MACHADO et al., 2012).

- Bacia do Amazonas

A chamada bacia Amazônica é na verdade a junção de três bacias: a bacia do Amazonas, do Solimões e de Marajó. Devido ao seu caráter mais recente a bacia de Marajó será vista separadamente.

A bacia do Amazonas teve início com um *riff-valley* (veja a definição na Aula 8, no item O relevo gerado por blocos falhados) com idade do Arqueano. Este cisalhamento da crosta permitiu que o mar invadisse essa área, sendo assim, os sedimentos da bacia têm forte influência da regressão e transgressão marinha.

A bacia está localizada entre os crátons das Guianas, ao norte, e do Brasil, ao sul. Abrange terras dos estados do Amazonas e do Pará. Os sedimentos mais recentes têm influência da orogenia andina. São comuns intercalações de sedimentos marinhos e continentais entre as camadas sedimentares. Ou seja, em momentos de elevação do nível do mar predominam sedimentos marinhos e em momentos de rebaixamento predominam sedimentos de origem continental.

- Bacia de Marajó

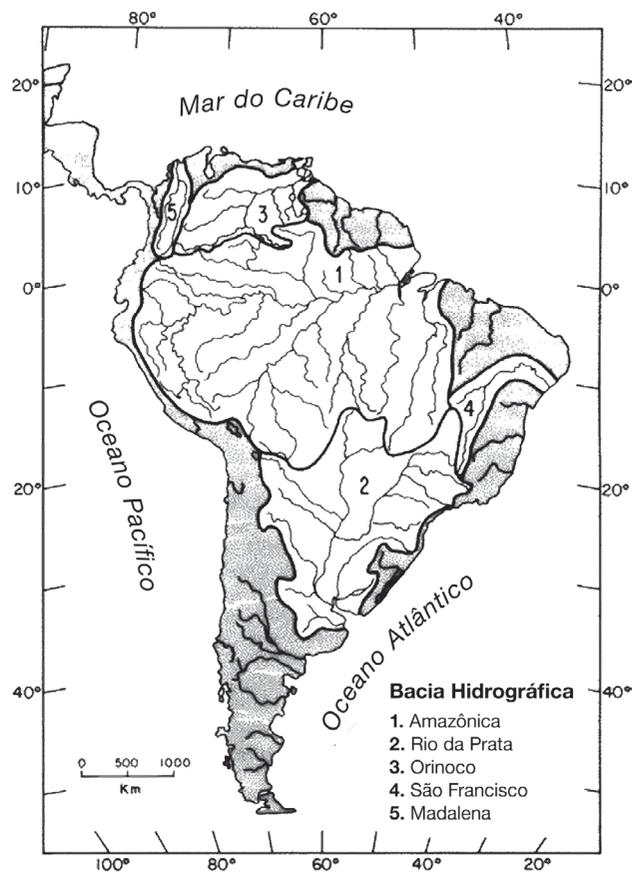
As mais recentes descobertas nesta bacia estão associadas à pesquisa visando à obtenção de petróleo e gás natural. As pesquisas foram conduzidas pela multinacional Texaco, pois a bacia havia despertado interesse devido a sua similitude com a bacia do Mar do Norte, na Europa. Não foram encontrados sinais de petróleo e a área foi “esquecida”.

A bacia está localizada na confluência dos rios Amazonas e Tocantins, possuindo área de 53.000 km². Os sedimentos mais antigos datam do mesozoico e os mais recentes do cenozoico. São encontrados fósseis dos dois períodos.



Atende ao Objetivo 2

3. Foi mencionado durante esta aula que a bacia do Amazonas recebeu sedimentos continentais ao longo do Terciário. Observe o mapa apresentado e estabeleça as correlações que existem entre o soerguimento da cordilheira dos Andes e a sedimentação terciária da bacia do Amazonas.



Resposta Comentada

A cordilheira dos Andes começou a se formar durante o Cretáceo. No início do Cenozoico (Terciário), já possuía grandes altitudes e passou a ser erodida. Os sedimentos seguiram as antigas linhas do *rift* e recobriram os sedimentos marinhos da base da bacia do Amazonas. Se não houvesse a cordilheira dos Andes não teria ocorrido a sedimentação continental de todas as bacias da região Amazônica (bacias do Acre, do Amazonas e de Marajó).

Bacias do Meio-Norte (Maranhão e Piauí)

- Bacia do Parnaíba

Esta bacia se desenvolve sobre rochas metamórficas, ígneas e sedimentares que abrangem um longo intervalo de tempo, desde o Arqueano ao Ordoviciano. São cinco as sequências de rochas sedimentares que compõem a bacia, que datam do: Siluriano, Mesodevonianiano-Eocarbonífero, Neocarbonífero-Eotriássico, Jurássico e Cretáceo.

Segundo pesquisadores da UFRJ, esta bacia é a mais extensa entre as bacias interiores do Nordeste do Brasil. O registro de fósseis abrange fragmentos de lenhos incarbonizados, conchostráceos, peixes, insetos, crocodilomorfos, quelônios, terópodes e pterossauros.

- Bacias de São Luís e de Barreirinhas

Esta bacia localiza-se no litoral nordeste entre os estados do Pará e do Maranhão. Normalmente, é tratada em conjunto com a

bacia do Parnaíba e do Grajaú, devido à similaridade dos sedimentos. Tanto a bacia de São Luís quanto a bacia de Barreirinhas possuem os maiores registros fossilíferos nos sedimentos do Cretáceo superior.

Estas bacias são contemporâneas à abertura do oceano Atlântico. São sedimentos que mostram o caráter de semiaridez que marcou este trecho do território brasileiro desde o Cretáceo. São fósseis de peixes e de outros animais marinhos ou que dependiam deste tipo de ambiente para sua sobrevivência.

Bacias da região Nordeste

Estas bacias são de ocorrência muito fragmentada. São várias microbacias que vão desde o litoral, como as bacias do Recôncavo, Sergipe, Pernambuco-Paraíba e Potiguar; e bacias interiores, tais como as bacias do Araripe (**Figura 13.10**), Tucano e Jatobá.

As bacias litorâneas possuem importância devido à exploração de petróleo, enquanto as bacias interiores são importantes pela presença de fósseis do Cretáceo (**Figura 13.11**).

As bacias litorâneas têm suas origens no Jurássico e permanecem sendo preenchidas por sedimentos até os dias atuais, ainda que as principais fases de deposição tenham ocorrido até o Terciário.

Cabe agora um destaque para a bacia da chapada do Araripe devido a sua abundância de fósseis. A chapada apresenta intercalações de camadas que mostram as diversas fases de desenvolvimento da bacia sedimentar. Na base, estão camadas calcárias argilosas e sílticas que remetem a um ambiente de águas doces. Logo após, há camadas de gipsita e calcários fossilíferos, já demonstrando condições salinas e clima semiárido, devido à intrusão marinha e forte evaporação. Como material de recobrimento, são encontradas camadas argilosas e sílticas, mostrando um clima mais úmido com dulcificação da bacia e um ambiente de águas rasas e calmas com pouco oxigênio, o que favoreceu a preservação dos peixes.



Figura 13.10: Panorama da chapada do Araripe com suas escarpas erosivas e íngremes.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Foto_de_Dihelson_Mendon%C3%A7a.jpg



Figura 13.11: Fóssil de um pterossauro que viveu no período Cretáceo, nos atuais Brasil e Inglaterra. Os seus fósseis foram descobertos na Formação Santana. O Anhanguera media cerca de 4 a 5 metros de envergadura de asas, para uma altura de cerca de 1,5 metro no solo, sendo um dos maiores pterossauros de sua época. Os seus dentes afiados sugerem que se alimentava de peixes nas costas brasileiras e fazia uma migração anual para se acasalar na região da atual Inglaterra.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Anhanguera-santanae_shldgrdl.jpg



O Geoparque Araripe

O Geoparque Araripe estende-se pela área de seis municípios cearenses: Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri. Foi criado devido ao vasto patrimônio biológico, geológico e paleontológico. Inicialmente, constituía a Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe. Esta região contém a principal jazida de fósseis cretáceos do Brasil e a maior concentração de vestígios de pterossauros do mundo, além de 20 ordens diferentes de insetos fossilizados, com idade estimada entre 70 milhões e 120 milhões de anos. Depois de muito esforço de pesquisadores brasileiros, em setembro de 2006, o Geoparque Araripe foi integrado na Rede Mundial de Geoparques, reconhecido pela Unesco como sede de patrimônio geológico e paleontológico importante. É o único geoparque das Américas. Seu objetivo é preservar as riquezas naturais da chapada do Araripe.

Bacias do Leste e Sul

Estas bacias são pequenas e possuem importância, devido à exploração de petróleo e gás natural das bacias do Espírito Santo e de Campos. No entanto, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, existem algumas bacias continentais que possuem importância por preservar a fauna que surgiu após o fim dos dinossauros. Destas bacias, a que melhor representa este apogeu é a bacia de São José do Itaboraí (**Figura 13.12**).



Figura 13.12: Localização da bacia de São José de Itaboraí. Observe no centro da foto uma cava com água. Esta bacia foi intensamente explorada para extração de calcário para fabricação de cimento durante os anos 1940.

Localizada no município de Itaboraí, no estado do Rio de Janeiro, a bacia de São José de Itaboraí está para o Cenozoico assim como a bacia da chapada do Araripe está para o Cretáceo. Após o desaparecimento dos dinossauros, os mamíferos que eram de pequeno porte e possuíam hábito noturno, para escapar dos predadores, puderam crescer e ocupar os territórios antes ocupados pelos dinossauros.

A caracterização da sequência sedimentar da superfície para a base é: na superfície, camadas aluviais com cascalheiras e fósseis de vertebrados; a camada situada logo abaixo apresenta calcários argilosos típicos de enxurradas com seixos (quartzo, feldspato e fragmentos de rochas). A camada seguinte é composta por camadas de calcários de precipitação rítmica, grandes cristais de calcita. Logo abaixo há uma camada de calcário compacto, de granulação fina e homogênea, seguida por outra camada de calcário de coloração vermelha com fósseis de vertebrados do Paleoceno (mamíferos, répteis, aves, anfíbios e outros fósseis). Finalmente, na base os calcários são cristalinos e com certo grau de metamorfismo.

Ao longo do vale do rio Paraíba do Sul, entre as serras do Mar e da Mantiqueira, desenvolveram-se as duas bacias sedimentares, a bacia de Resende e a bacia de Taubaté (**Figura 13.13**). A origem delas é tectônica por falhamentos (*rift valey*). Possui depósitos clásticos e folhelhos pirobetuminosos com intercalações de areia fina e argila bentonítica. A camada com folhelho possui fósseis de peixes.

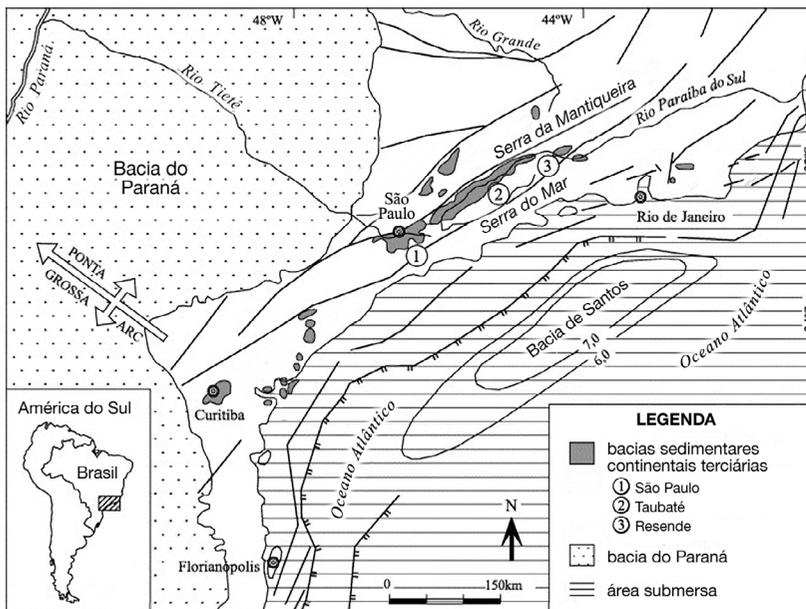


Figura 13.13: Bacias de Resende e Taubaté, ao longo do rio Paraíba do Sul.
 Fonte: Modificado de Neves et al. (2005).

A bacia do Espírito Santo faz parte de um sistema de bacias litorâneas resultantes da separação da América do Sul e África. Possui sequência de sedimentos, originada no Cretáceo inferior e dura até o pós-mioceno. São camadas que mostram os diferentes ambientes de sedimentação. A camada inferior possui sedimentos clásticos continentais e as camadas superiores apresentam sedimentos depositados em condições predominantemente marinhas, quando o oceano Atlântico já havia sido formado.

A bacia de Campos possui um trecho continental e outro marinho. A Formação Lagoa Feia apresenta arenitos e conglomerados com fósseis não marinhos, intercaladas de folhelhos, argilitos, siltitos com idade do Cretáceo inferior. A Formação Macaé apresenta carbonatos intercalados com folhelhos do Cretáceo médio. A Formação Campos possui diversos ambientes de sedimentação relacionados a um ambiente flúvio-marinho que se inicia no final do Cretáceo e termina no Oligoceno (28 milhões de anos).

A bacia do Paraná inclui porções territoriais do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai. No Brasil, ocupa terras dos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Possui uma área aproximada de 1,5 milhão de km². Na verdade engloba outras três bacias, a bacia do Paraná propriamente dita, a bacia de Bauru e a bacia da Serra Geral. São várias sequências de rochas, divididas entre ambientes sedimentares marinho, eólico e continental. A bacia do Paraná serviu como uma das peças do quebra-cabeça que permitiu comprovar a teoria da deriva continental. Na América do Sul existem fósseis (**Figura 13.14**) que são similares aos encontrados no continente africano. Seu registro estratigráfico compreende um pacote sedimentar-magmático com espessura em torno de sete mil metros.



Figura 13.14: Reconstituição do esqueleto de um dinossauro *Maxakalisaurus topai*, em exposição no Museu Nacional, Rio de Janeiro.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MaxakalisaurusTopai_Rec.jpg



Atende ao Objetivo 2

4. Imagine que você precisa estabelecer a cronologia das bacias sedimentares do Paraná e de São José do Itaboraí. Utilizando apenas o conteúdo fossilífero destas bacias, indique qual delas é a mais recente e qual delas é a mais antiga. Justifique sua resposta.

Resposta Comentada

A bacia de São José de Itaboraí é mais recente, pois nela são encontrados grandes mamíferos que somente apareceram após a extinção dos dinossauros que eram os principais predadores dos mamíferos. A bacia do Paraná apresenta fósseis de dinossauros que viveram durante o Mesozoico.

CONCLUSÃO

Você viu que o território brasileiro está quase todo ele localizado em áreas cujas transformações litológicas ocorreram há milhões de anos. Possuímos um relevo que demonstra claramente isso. Se por um lado isso é bom, pois estamos longe das áreas que apresentam tectônica ativa, de outro nos é prejudicial, pois o intemperismo já destruiu boa parte dos minerais que poderiam

ser aproveitados para uma exploração econômica mais intensa e com recursos minerais de maior valor agregado. As nossas bacias sedimentares ocupam uma área espacial total muito elevada, mas são dispersas no território.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1 e 2

A geologia do Brasil é bastante complexa em alguns ambientes e em outros é relativamente simples. Suas rochas estão associadas às grandes transformações que ocorreram no planeta, principalmente durante o Mesozoico. Como a fragmentação do Gondwana e a abertura do oceano Atlântico influenciaram as bacias sedimentares brasileiras?

Resposta Comentada

A influência foi direta, pois com a fragmentação do Gondwana grandes mudanças ocorreram no clima de todo o planeta e contribuíram para o extermínio dos dinossauros. A abertura do oceano Atlântico criou condições para que as bacias sedimentares do Nordeste fossem formadas e apresentassem uma das maiores concentrações de fósseis do Cretáceo. A evolução dos mamíferos registrada na bacia de São José de Itaboraí somente foi possível após o extermínio dos dinossauros.

RESUMO

O relevo do território brasileiro é amplamente influenciado pela cadeia orogênica dos Andes, ainda que seus terrenos sejam mais baixos e mais antigos. Boa parte das áreas mais elevadas é formada por estruturas geológicas antigas (anteriores ao Mesozoico) e corresponde às áreas cratônicas e às áreas de dobramentos antigos. As áreas de relevo cratônico correspondem à plataforma das Guianas (Cráton da Amazônia Norte), a Sul-Amazônica (Cráton da Amazônia Sul) e a do São Francisco. As áreas de antigos cinturões orogênicos estão localizadas junto ao oceano Atlântico (província Mantiqueira, na região Sudeste; e província Borborema, na região Nordeste), Brasília e na região dos rios Paraguai e Araguaia. As bacias sedimentares brasileiras são quase todas do Fanerozoico e podem ser divididas em três grandes ambientes de sedimentação. O primeiro compreende as bacias do Acre, Solimões, Amazonas e Marajó; o segundo engloba as bacias do São Francisco, Parnaíba e São Luís; e por último o ambiente de sedimentação que é composto pelas bacias do Paraná, Pantanal e Parecis-Alto Xingu. Além destas, existem uma série de outras pequenas bacias na área continental e junto ao litoral, que se destacam pela importância no conteúdo fossilífero e/ou pela exploração econômica.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, vamos explorar a geologia do estado do Rio de Janeiro e você vai saber mais sobre a nossa realidade geológica. Até lá!

Aula 14

Geologia do estado do Rio de Janeiro

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Entender a organização geológica do estado do Rio de Janeiro.

Objetivos

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

1. reconhecer o contexto histórico da geologia do Rio de Janeiro;
2. identificar as origens das principais litologias que formam a geologia do estado do Rio de Janeiro;
3. comparar a influência das oscilações do mar na construção das planícies costeiras do estado do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

A geologia do estado do Rio de Janeiro é uma das mais complexas do Brasil. Devido ao fato de estar localizado em uma região que sofreu intensos processos tectônicos, suas rochas guardam as marcas de cada um desses eventos. As rochas mais antigas datam do Arqueano. É seguindo essa cronologia que iremos apresentar cada um dos ambientes geológicos do estado. O mapeamento geológico do estado na escala de 1:50.000 foi desenvolvido através do projeto Carta Geológica do Estado, executado pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) entre o final dos anos 1970 e o início dos anos 1980.

Recentemente, o Governo Federal, através da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, atual Serviço Geológico do Brasil (CPRM), realizou o mapeamento do estado na escala de 1:100.000, através de parcerias com universidades. Esse novo mapeamento, apesar da escala de menor detalhe, apresenta novos conceitos sobre a evolução das rochas que constituem o arcabouço geológico do estado.

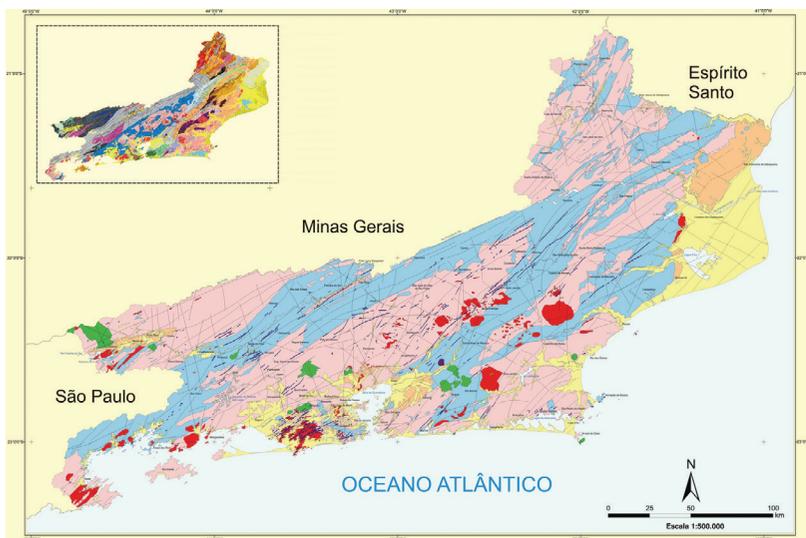


Figura 14.1: Mapa geológico simplificado do estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Modificado de <http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/>.

O contexto geológico regional

O estado do Rio de Janeiro está geotectonicamente inserido em uma província geológica que é resultado da colagem entre a América do Sul e a África, e que ocorreu no início do Proterozoico.

Ainda que a evolução tectônica dos terrenos pré-cambrianos no estado do Rio de Janeiro seja objeto de intensos estudos no meio acadêmico, existem muitas lacunas, principalmente quanto à cronologia dessas rochas.

A base geotectônica da região Sudeste do Brasil é formada pelo Cráton (vide Aula 13) do São Francisco, circundado por orógenos (vide Aula 9) que se formaram durante a Orogênese Brasileira/Pan-Africana, que resultou na colagem da América do Sul e da África. Esses orógenos foram inicialmente designados de **Faixa** Brasília a oeste, Faixa Ribeira a sul-sudeste e Faixa Araçuaí a leste. Estes termos foram atualizados, e no estado do Rio de Janeiro foram caracterizados três sistemas de orógenos: Brasileiro II (630-600 Ma), denominado de Orogênese Rio Negro; Brasileiro III (570-560 Ma), denominado de Orogênese Araçuaí; e o 520 Ma, denominado de Orogênese Búzios. Os efeitos dessas orogêneses nas rochas preexistentes são metamorfismo e fusão parcial, causa da deformação resultante da colisão de placas.

Destacam-se também três importantes domínios para a geologia do estado: Domínio Juiz de Fora/Paraíba do Sul, Domínio Serra do Mar e **Domínio** Região dos Lagos.

O Domínio Juiz de Fora/Paraíba do Sul é uma extensa faixa de orientação nordeste que ocupa a porção centro-norte e ocidental do estado, paralela à zona de **cisalhamento** do rio Paraíba do Sul. As rochas mais antigas foram metamorfasadas pelo evento colisional brasileiro e são gnaisses, xistos, quartzitos e mármore.

O Domínio Serra do Mar corresponde à região centro-oriental do estado, sendo composto por uma sucessão de arcos magmáticos e rochas encaixantes de baixo metamorfismo (em caso de dúvidas

Faixa

Região da crosta terrestre, em geral estreita e alongada, caracterizada por ser ou ter sido sede de intensa atividade tectônica associada geralmente a magmatismo e metamorfismo regional.

Domínio

Grandes conjuntos estruturais, que geram arranjos regionais de relevo, guardando relação de causa entre si.

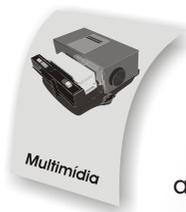
Cisalhamento

É uma deformação resultante de esforços que fazem ou tendem a fazer com que as partes contíguas de um corpo deslizem uma em relação à outra, em direção paralela ao plano de contato entre estas.

sobre este assunto, reveja as Aulas 3 e 6). As rochas deste domínio são granitoides orogênicos e um expressivo número de plútons pós-tectônicos de idade cambriana.

O Domínio Região dos Lagos está situado na posição mais oriental do estado. É constituído por ortognaisses paleo-proterozoicos e **supracrustais**.

A partir deste momento apresentaremos em ordem cronológica as diversas litologias que compõem o estado do Rio de Janeiro. Assim, veremos as rochas que formam o embasamento cristalino e logo a seguir as rochas mais recentes, incluindo os materiais do Quaternário, que sequer foram consolidados.



Após muitos anos de paralisação, o governo brasileiro está investindo na execução de mapeamentos geológicos básicos. Através do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) estão sendo celebrados convênios com os Departamentos de Geologia de diversas universidades, e o resultado deste trabalho pode ser visualizado na página do CPRM. No link <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>, você terá acesso aos mapas que foram produzidos através do programa Google Earth.

Rochas **supracrustais**

são rochas do embasamento metamorfasadas de protolitos sedimentares ou vulcânicos.

AS ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO

Arqueano (4 – 2,5 bilhões de anos)

Nesta idade, temos as rochas que formam no estado o Complexo Mantiqueira. Sua ocorrência é restrita ao extremo noroeste do estado, próximo às divisas com Minas Gerais e São Paulo. Essas

Bandamento

Textura de rochas contendo bandas ou faixas delgadas e quase paralelas de diferentes minerais, texturas e cores.

rochas foram retrabalhadas a partir de metassedimentos de idade Mesoneoproterozoica. São ortognaisses tonalíticos **bandados**. Essas rochas então são similares ao tonalito, que é uma rocha ígnea plutônica, cujos componentes essenciais são: quartzo, plagioclásio (K feldspato subordinado), biotita e/ou hornblenda.

Paleoproterozoico (2,5 – 1,6 bilhões de anos)

Complexo Região dos Lagos: com esta idade são distinguidas as litologias que formam o Complexo Região dos Lagos, que é constituído por ortognaisses bandados/dobrados, cinzentos, de composição tonalítica a granítica; o Complexo Juiz de Fora, que inclui ortognaisses com intercalações de gnaisses máficos, toleíticos (gnaisses bimodais) e ortognaisses potássicos; e a Suíte Quirino, que foi descrita nos arredores das cidades de Vassouras, Paracambi e Valença e é constituída por gnaisses relativamente homogêneos.

**Unidade litodêmica**

Unidades litodêmicas podem apresentar diversos tipos de contatos, tais como intrusivos ígneos, sedimentares, tectônicos, metamórficos e extrusivos. Distinguem-se as seguintes unidades litodêmicas:

Litodema: é a unidade fundamental na classificação litodêmica; inclui rochas ígneas, deformadas ou metamórficas de alto grau, geralmente não tabulares, devendo ser mapeável em superfície ou em subsuperfície. Unidades hierarquicamente inferiores ao litodema são consideradas informais.

Suíte: (suíte intrusiva, suíte plutônica, suíte metamórfica) é a unidade litodêmica imediatamente superior ao litodema; é formada por dois ou mais litodemas associados de uma mesma classe (ex.: plutônico, metamórfico). A suíte é comparável à categoria de grupo da unidade litoestratigráfica. Supersuíte é a unidade imediatamente acima da hierarquia da suíte. Ela compreenderá duas ou mais suítes.

Complexo é a reunião ou mistura de duas ou mais classes genéticas (ex.: ígneas, metamórficas). O nome "complexo" pode ser dado às estruturas altamente complicadas ou não tão complicadas.

Meso/Neoproterozoico (1,6 – 0,63 bilhões de anos)

Com esta idade são encontradas as rochas que fazem parte do grupo Andrelândia, Complexo Embu, Complexo Paraíba do Sul e Complexo Búzios.

Grupo Andrelândia: designa uma estreita faixa de metassedimentos que ocupa o extremo noroeste do estado, junto à divisa com Minas Gerais e São Paulo.

Complexo Embu: encontrado próximo à divisa com São Paulo e Minas Gerais, designa migmatitos com importantes intercalações de granitos do tipo S (granito formado a partir da fusão parcial de rochas de origem metassedimentar).

Complexo Paraíba do Sul: é composto por três unidades estratigráficas informais, estabelecidas com base nos respectivos conteúdos litológicos:

Unidade São Fidélis: é constituída essencialmente por metassedimentos detríticos, pelito-grauvaqueanos: granada-biotita (sillimanita); gnaisses quartzo-feldspáticos (metagrauvacas), com ocorrência generalizada de bolsões e veios graníticos derivados de fusão parcial *in situ* e injeções.

Unidade Itálva: esta unidade é caracterizada principalmente pela presença de mármore, que são um produto industrial importante na região, particularmente nas localidades de Itálva, Euclidelândia e Cordeiro – Cantagalo. Encontram-se tectonicamente imbricados com outras litologias. Várias massas de mármore com dimensões até quilométricas encontram-se alinhadas segundo duas faixas paralelas. Formam as serras das Águas Quentes e Vermelha – Portela, e na região de Itálva (serra do Funil).

Os mármore são resultantes do metamorfismo de grau forte, de sedimentos químicos marinhos. Podem ocorrer muito puros (mármore calcíticos), utilizados na indústria de cimento Portland, ou podem conter impurezas de quartzo.

Unidade Itaperuna: esta unidade é constituída essencialmente de paragránulos (granulação fina a média), rochas calcissilicáticas e alguns quartzitos e mármore.

Complexo Búzios: as rochas deste complexo são denominadas genericamente de paragnaisses de Búzios. São identificadas três associações litológicas: metapelítica, calcissilicática e anfibolítica. São rochas que, apesar do metamorfismo de alto grau, ainda podem apresentar estruturas sedimentares bem preservadas. As rochas desse complexo foram datadas em 520 milhões de anos. Esta idade corresponde à colagem final da orogenia Búzios.



Antonio S. da Silva

Figura 14.2: Rochas dobradas pertencentes ao Complexo Búzios.

Neoproterozoico/Cambriano (1.000 – 488 milhões de anos)

Esse intervalo de tempo no estado do Rio de Janeiro marca uma abundante formação de granitos que estão associados à deformação e ao metamorfismo da sequência metassedimentar do Complexo Paraíba do Sul, resultantes do Ciclo Orogênico Brasileiro.

As litologias dessa idade formam o Complexo Rio Negro, Leucogranito Gnaiss Serra do Paquequer, Suíte Serra dos Órgãos, Suíte Desengano, Suíte Rio de Janeiro, Suíte Bela Joana, Suíte Ilha Grande, Suíte Natividade, Suíte Angelim, Suíte Rio Turvo, Suíte Serra das Araras, Suíte Pedra Selada, Suíte Varre-Sai, Suíte Santo Antônio de Pádua, Suíte Getulândia, Plútons Toleiíticos Máficos/Complexo Básico Gleba Ribeira, Granitoides Pós-tectônicos Cambrianos e o Maciço Alcalino de Canaã.

Complexo Rio Negro: este complexo é dividido em duas unidades: Rio Negro e Duas Barras. A unidade Rio Negro “compreende rochas extensamente migmatizadas, cujo paleossoma geralmente é um biotita gnaiss bandado”, que evolui para um

tipo mais homogêneo designado de “gnaisse granítico ou granito”, de composição granodiorítica a quartzo-diorítica. Esses gnaisses mostram forte foliação.

A unidade Duas Barras ocorre em duas faixas, a primeira com cerca de 120 km de comprimento e menos de 1 km de largura média que contorna a borda sul do Batólito Serra dos Órgãos. A segunda, situada na borda norte do batólito, na região de Duas Barras, tem cerca de 35 km de comprimento por 1-2 km de largura aflorante. Trata-se de um metagabro a hornblenda-biotita metagranodiorito, predominando amplamente os termos tonalíticos.

Leucogranito Gnaisse Serra do Paquequer: essa unidade é constituída por leucogranitos foliados e gnáissicos. Ocorre na forma de diversas lentes com até 20 km de comprimento por 2-4 km de largura, nas porções central e norte do Batólito Serra dos Órgãos, estendendo-se até a cidade de Cantagalo.

Suíte Serra dos Órgãos: é o maior batólito granítico exposto no estado, apresentando uma forma extremamente alongada, com cerca de 140 km de comprimento por 20 km de largura média.



Antonio S. da Silva

Figura 14.3: Visão das rochas que formam o Batólito Serra dos Órgãos, entre Petrópolis e Teresópolis. O batólito é formado por litologias que são mais resistentes ao intemperismo, e por isso propicia o aparecimento de formas de relevo aguçadas e que se sobressaem na paisagem.



Atende ao Objetivo 1

1. O sistema de montanhas, representado pelas serras do Mar e da Mantiqueira, constitui a mais destacada feição orográfica da borda atlântica do continente sul-americano. Entre os municípios de Petrópolis e Teresópolis, recebe o nome de Serra dos Órgãos. Por que esta serra sobressai e mantém relevo topograficamente acima das demais litologias?

Resposta Comentada

A Serra do Mar é um conjunto de escarpas festonadas que se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto, desfeita que se acha em cordões de serras paralelas e montanhas isoladas drenadas diretamente para o mar, sobretudo pela bacia do rio Itajaí. A origem da Serra do Mar é devido aos processos tectônicos de movimentação vertical realizados no Cenozoico. Na região serrana do estado do Rio de Janeiro, a Serra do Mar recebe o nome de Serra dos Órgãos, e a principal rocha que forma a Serra dos Órgãos é o granito, que é extremamente resistente ao intemperismo. No entorno existem diversas outras rochas metamórficas, tais como o gnaisse, que são menos resistentes ao intemperismo e, portanto, são mais facilmente rebaixadas e constituem relevos mais aplainados.

Suíte Desengano: ocorre na região nordeste do estado, estendendo-se na direção NE por cerca de 200 km, desde Niterói até as proximidades de Italva. É composta por cerca de uma dezena de lentes estreitas (1-4 km) e alongadas (até 100 km) inseridas nos paragneisses pelíticos e grauvaqueanos do Complexo Paraíba do Sul. Os granitoides formam uma extensa sucessão de pães de açúcar no Vale do Desengano, destacando-se dos paragneisses, restritos às porções mais baixas do vale.



Antonio S. da Silva

Figura 14.4: Assim como na Serra dos Órgãos, as rochas mais resistentes à alteração físico-química formam uma paisagem onde o relevo, sustentado pelas litologias da Suíte Desengano, contrasta com a planície que irá formar a Baixada Campista e que se inicia no sopé da serra.

Suíte Rio de Janeiro: ocupa a maior extensão da região metropolitana do Rio de Janeiro, estendendo-se daí por cerca de 20km na direção NE, com uma largura de cerca de 10km. Os granitos Pão de Açúcar e Corcovado (interpretados inicialmente como Gnaiss Facoidal) constituem os principais plútons expostos na região Sudeste dos municípios do Rio de Janeiro e de Niterói.



Pão de Açúcar

Geologicamente, é uma forma de relevo residual que apresenta feições variadas, encostas predominantemente convexas, desnudadas e com elevadas declividades.

Com relação ao conhecimento popular sobre a origem do nome, há uma versão no sítio do bondinho do Pão de Açúcar que remonta ao cultivo da cana-de-açúcar. Após a cana ser espremida e o caldo fervido e apurado, os blocos de açúcar eram colocados em uma forma de barro cônica para transportá-lo para a Europa, sendo denominados pães de açúcar. A semelhança do penhasco carioca com aquela fôrma de barro teria originado o seu nome.



Antonio S. da Silva

Figura 14.5: O Pão de Açúcar, notável ponto turístico do município do Rio de Janeiro, corresponde a rochas que foram formadas há aproximadamente 550 milhões de anos.

Suíte Bela Joana: a unidade ocorre sob a forma de dois corpos alongados, de direção NE-SW, situados nos quadrantes norte e nordeste do estado. São granitoides de cor cinza-escuro a esverdeado, de granulação média a grossa, frequentemente porfíricos, com fenocristais euédricos de feldspato de até 2 cm.

Suíte Ilha Grande: sua ocorrência é restrita ao litoral sudoeste do estado. Na Ilha Grande constitui um plúton com 20 km de comprimento por 6 km de largura, alternado com faixas paralelas de granitoides da Suíte Serra dos Órgãos.

Suíte Natividade: a unidade tem ocorrência restrita ao extremo noroeste do estado na forma de diversos corpos alongados segundo a direção NE, o maior com cerca de 28 km de extensão e 2-4 km de largura. Os plútons estão alojados nos metassedimentos do Complexo Paraíba do Sul. Parte da unidade foi anteriormente mapeada como metassedimentos.

Suíte Angelim: tal como os demais granitoides do regime colisional, essa suíte ocorre em **lentes** alongadas na direção NE e encaixada nas supracrustais do Complexo Paraíba do Sul.

Suíte Rio Turvo: ocorre na forma de plútons alongados na direção NE-SW, no limite nordeste do estado, entre as cidades de Resende e Barra Mansa, encaixada nos metassedimentos do Complexo Embu/Grupo Andrelândia.

Lente

Em Geologia, corresponde à ocorrência de rocha ou solo sem continuidade lateral, possuindo variação de espessura e situada no seio de outra camada. Na Física Óptica, corresponde a um dispositivo óptico utilizado para refratar a luz, confeccionado de substâncias transparentes isotrópicas. Dependendo do modo pela qual a luz é refratada, as lentes podem ser convergentes (positiva) ou divergentes (negativa).

Porfirítica

Textura de rochas ígneas caracterizada pela presença de grandes cristais (fenocristais) dispersos em uma massa fundamental de granulação fina ou vítrea.

Suíte Serra das Araras: são granada-biotita granitos foliados do tipo-s, predominantemente leucocráticos, com grã média a grossa, exibindo variedades **porfiríticas**. As rochas dessa unidade têm sua principal área de distribuição ao longo da região norte do estado, numa faixa de direção NE-SW com aproximadamente 300 km de extensão, desde a cidade de Itaperuna até a cidade de Angra dos Reis.

Suíte Pedra Selada: os granitos porfiroides dessa suíte foram primeiramente descritos nos arredores de Pedra Selada, ao norte de Resende. Recebem nomes locais tais como granito Serra do Lagarto.

Suíte Varre-Sai: esta suíte é representada por quatro corpos situados na porção NE do estado, aflorantes nas proximidades das localidades de Varre-Sai, Porciúncula e norte de Miracema, estendendo-se para Minas Gerais e Espírito Santo. São biotita-hornblenda granitos, foliados, eventualmente bandados, porfiríticos (porfiroclásticos).

Suíte Santo Antônio de Pádua: nesta suíte foi englobado o anfibólio granitoides miloníticos a ultramiloníticos. Ocorrem no noroeste do estado, entre as localidades de Santo Antônio de Pádua e Baltazar, na forma de cristas extremamente alongadas que se destacam no interior do Complexo Paraíba do Sul, no qual são intrusivos.

Esses granitos são intensivamente explorados como pedra de corte, sendo suas diversas fácies comercialmente conhecidas como olho de pombo, pedra madeira, ouro velho e pedra preta (como visto na Aula 11).



Antonio S. da Silva

Figura 14.6: As rochas desta região estão recobertas por espesso manto de alteração e são aproveitadas como rochas de revestimento. São exploradas em Santo Antônio de Pádua e em outros municípios da região noroeste do estado do Rio de Janeiro.



Atende ao Objetivo 2

2. A **Figura 14.6** mostra uma área de extração de rochas ornamentais na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro. Utilizando os conhecimentos desta aula e das aulas anteriores, assinale a alternativa que apresenta características associadas a essas rochas.

- a) () São rochas metamórficas; de fácil deslocamento; de idade pré-cambriana a cambriana.
- b) () São rochas sedimentares; de fácil deslocamento; com idade cenozoica.
- c) () São rochas magmáticas; cortadas apenas com fio diamantado; de idade terciária.
- d) () São rochas metamórficas; extraídas apenas com explosivos; de idade pré-cambriana.

Resposta Comentada

A opção correta é a letra a. A característica que leva à grande exploração dessas rochas é o fato de serem gnaisses, portanto, rochas com foliação gnáissica, que torna o deslocamento, feito de forma manual, mais simples. A origem desse gnaisse está associada às transformações ocorridas no planeta na transição entre o Pré-cambriano e o Cambriano.

Suíte Getulândia: foram agrupados os granitoides intrusivos no Complexo Paraíba do Sul, intimamente relacionados às zonas de cisalhamento transcorrente. O granito Getulândia ocorre entre as cidades de Barra Mansa e Rio Claro. O granito Vassouras, situado a SE da cidade homônima, é um corpo alongado, medindo aproximadamente 40 km de comprimento por 4 km de largura. O granito Arrozal, situa-se a 12 km a NW do granito Getulândia e mede aproximadamente 15 km de comprimento.

Plútons Toleíticos Máficos/Complexo Básico Gleba Ribeira: agrupa numerosos plútons crono-correlatos, tais como: a Intrusão Ultrabásica de Areal; o peridotito da Fazenda Laranjeiras, entre Areal e Portões; o Maciço Gábrico de Amparo; o corpo intrusivo de 2,5 x 1 km exposto a oeste da Vila de Amparo, entre Nova Friburgo e São José do Ribeirão; o Metagabro da Tijuca, no município do Rio de Janeiro.

Granitoides Pós-tectônicos Cambrianos: como produtos finais da granitogênese brasileira, têm sido cartografados numerosos corpos de granitos pós-tectônicos que se distribuem especialmente no Domínio Serra do Mar. Segundo a CPRM, foram cartografados 23 desses granitóides, merecendo destaque os granitos Silva Jardim, Sana, Pedra Branca, Suruí, Mangaratiba e Nova Friburgo.

Maciço Alcalino de Canaã: esse maciço localiza-se a nordeste de Duque de Caxias, nos contrafortes da serra dos Órgãos, apresentando uma área exposta aproximada de 20 km², incluindo também os gnaisses e migmatitos encaixantes.

Mesocenoico (251 – 65 milhões de anos)

Após o evento que resultou em grandes transformações nas rochas do litoral do Rio de Janeiro houve uma relativa calma tectônica. Existe um hiato de tempo de aproximadamente 250 milhões de anos onde não ocorreu a formação de novas rochas. Somente no final do Mesozoico devido ao início da fragmentação do Gondwana começaram a ocorrer novas injeções de magma como o verificado nas rochas intrusivas alcalinas mesocenoicas. Na Aula 6 você tem maiores informações sobre o megacontinente Gondwana.

O plutonismo alcalino (*pipes, stocks e plugs*) concentra-se preferencialmente na região litorânea centro-sudeste do estado, com destaque para a região de Rio Bonito. Foram discriminados os seguintes plútons: Maciço Alcalino da Serra do Mendanha, Maciço Alcalino Morro dos Gatos, Maciço Alcalino de Rio Bonito, Maciço Alcalino Soarinho, Complexo Alcalino Itaúna, Maciço Alcalino do Morro São João; Intrusão Alcalina da Ilha de Cabo Frio, Maciço Serra dos Tomazes, Intrusão Alcalina Marapicu, Maciço Alcalino de Itatiaia, Maciço Alcalino de Tanguá, Maciço Alcalino Passa Quatro e Suíte Alcalina de Tinguá.



Figura 14.7: Imagem do morro de São João, um dos pontos de afloramento de rochas alcalinas no estado do Rio de Janeiro. Seu aspecto circular lembra o cone de um vulcão entre as cidades de Casimiro de Abreu e Rio das Ostras.

Fonte: Google Earth (2012).

Cenozoico/Terciário (65,5 – 1,8 milhões de anos)

O Cenozoico corresponde à última grande divisão do tempo geológico. Em todo o mundo este período é marcado pela abundância de rochas sedimentares, e no Brasil e Rio de Janeiro não seria diferente. Assim, falaremos quase que exclusivamente sobre as bacias sedimentares cenozoicas do estado. As únicas atividades magmáticas ocorreram na forma de diques de rochas básicas na transição entre o Mesozoico e o Cenozoico.

Bacias Continentais Terciárias: no Cenozoico, a margem leste da Plataforma Sul-americana foi afetada por eventos tectono-magmáticos agrupados sob as denominações “Evento Sul-Atlântico” e “Reativação Wealdeniana”. Esses eventos são relacionados à evolução do oceano Atlântico Sul, implantado após a quebra do supercontinente Pangea, no período Cretáceo.

Na porção oriental do estado, as principais manifestações magmáticas de idade cenozoica são as intrusões e, subordinadamente, extrusões de rochas alcalinas de Tinguá, Mendanha, São José do Itaboraí, Itaúna, Tanguá, Soarinho, Rio Bonito, Morro de São João, Ilha de Cabo Frio e outras ocorrências menores, com idades entre 72 e 50 Ma, aproximadamente.

Já a tectônica cenozoica levou à formação de um sistema de pequenas bacias sedimentares continentais tafrogenéticas associadas ao “Rifte Continental do Sudeste do Brasil” e ao “Sistema de Riftes Continentais da Serra do Mar”.

O Sistema de Riftes Continentais do Sudeste do Brasil (SRCSB) é uma depressão alongada na direção E-NE e composta por dois segmentos: (1) a zona de riftes do Vale do Paraíba, entre as cidades de São Paulo e Resende; (2) o *graben* da Guanabara, entre a baía de Sepetiba e a cidade de Rio das Ostras.

Ainda existem na porção centro-sul a bacia de Itaboraí, de idade paleocênica, e a bacia de Macacu, datada do Eoceno/Oligoceno. Do Terciário, merecem destaque os sedimentos continentais do Grupo Barreiras, datado do Mioceno/Pleistoceno.

Bacias da região oriental do estado

Bacia de São José do Itaboraí: situada próximo à cidade de Niterói, é uma pequena depressão elíptica de orientação E-NE, com dimensões de 1.400 x 500 m e sedimentos com espessura próxima a 100 metros.

Essa bacia compreende três unidades sedimentares: a Formação Itaboraí, carbonática contendo fósseis de **gastrópodes**, **ostracodes**, vegetais e vertebrados, com idade do Paleoceno Inferior; uma unidade intermediária, formada por sedimentos

Os **gastrópodes** constituem uma grande classe de moluscos. Contam com cerca de 60 mil a 75 mil espécies atuais que incluem os caracóis e lesmas terrestres, bem como um grande número de formas marinhas e de água doce. O registro fóssil dos gastrópodes é igualmente abundante.

Os **ostracodes** são artrópodes crustáceos diminutos, cujo comprimento varia de 0,5mm a 4mm. Possuem carapaças bivalvas, quitinosas impregnadas por carbonato ou fosfato de cálcio. São essencialmente aquáticos, vivendo em águas doces, salobras e marinhas e até supersalinas ou em outros tipos de ambientes, incluindo solos de floresta (húmus e serapilheira) e mesmo em axilas de bromeliáceas e interstícios de sedimentos, abaixo do solo.

O termo “**rudáceo**” é usado para indicar sedimentos de granulação grossa, superior à da areia (2 mm). Por sua vez, o termo “**psamítico**” é usado para indicar sedimento ou rocha sedimentar clástica, consolidada, formada por partículas de granulação correspondente à da areia (entre 0,2 e 2 mm).

rudáceo-psamíticos contendo fósseis de mamíferos e répteis com idades atribuídas ao Paleoceno Superior; e a Unidade Superior, também rudáceo-psamítica, com restos fósseis de vertebrados e idade pleistocênica.

Bacia de Macacu: a bacia de Macacu aflora a nordeste da Baía de Guanabara, estendendo-se na direção E-NE por aproximadamente 25 km, com 15 km de largura, nas imediações das cidades de Itaboraí e Magé, e da Ilha do Governador. A espessura conhecida da bacia é de aproximadamente 200 metros.

A bacia é constituída por duas unidades sedimentares: a Formação Macacu, que é uma sucessão de lentes e camadas pouco espessas de sedimentos predominantemente arenosos, arredondados e pouco consolidados, de idade plio-pleistocênica; e a Unidade “pré-Macacu”, definida como “produto da colmatação (preenchimento ou soterramento) de blocos tectonicamente rebaixados no Terciário Médio”.

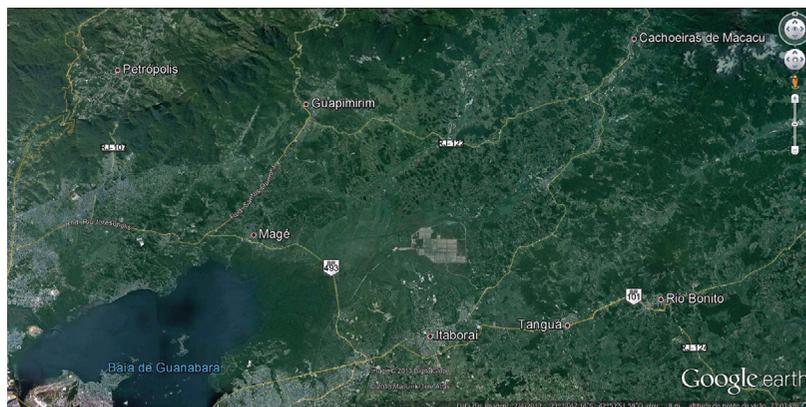


Figura 14.8: A área rebaixada e situada entre Itaboraí, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Magé corresponde à principal área de ocorrência da Bacia de Macacu.

Grupo Barreiras: uma das unidades mais expressivas da faixa litorânea é o Grupo Barreiras, que se estende desde o Amapá até o Rio de Janeiro, aflorando sob a forma de extensos tabuleiros ou falésias de vários metros de altura.

O Grupo Barreiras aflora na região de Carapebus-Quissamã e, mais restritamente, próximo às cidades de Búzios e Macaé, sendo a área de maior expressão na região do delta do rio Paraíba do Sul.

Esse pacote sedimentar é constituído de três unidades: areias grossas a conglomeráticas, com matriz caulínica (relacionado ao caulim) e estruturas de estratificação cruzada planar na base do pacote de sedimentos; uma unidade intermediária composta de interlaminações de areias grossas quartzosas com matriz areno-argilosa e argilas arroxeadas levemente arenosas; e, no topo do pacote, um nível de argilas de cores vermelha e branca.

Bacias da região ocidental do estado: nessa região, a sedimentação terciária continental está representada por três pequenas bacias: Taubaté, Resende e Volta Redonda, que não possuem continuidade física.

As unidades litoestratigráficas que afloram no estado são as formações Resende e São Paulo. A Formação Resende, composta por conglomerados, arenitos e argilitos; sedimentos rudíticos (o mesmo que rudáceo), conglomerados e arenitos grossos e porções fluviais localmente individualizáveis. A Formação São Paulo é formada por arenitos e argilitos.

Bacia de Volta Redonda: está encaixada em falhas normais, com orientação similar às das outras duas bacias. A sedimentação é formada por materiais de origem continental, associadas a leques aluviais, passando para ambientes **anastomosados** e ambiente lacustre.

Anastomosado

é o padrão linear segundo o qual numerosos canais se formam a partir da deposição de sedimentos no canal fluvial. São formadas ilhas causam a bifurcação dos canais que voltam a se fundir, aleatoriamente.

Trend

É o termo genérico para a direção de ocorrência de uma feição geológica de qualquer dimensão ou natureza.

Bacia de Resende: tem forma alongada na direção NE-SW com aproximadamente 50 km de eixo maior. Está exposta no mesmo **trend** estrutural da bacia de Taubaté.

Bacia de Taubaté: aflora numa área restrita, situada a oeste da cidade de Itatiaia.

Cenozoico/Quaternário (1,8 milhão de anos)

Os ambientes de sedimentação quaternária estão associados a sistemas deposicionais de origem continental e continental/marinho. Os depósitos sedimentares quaternários são mais bem desenvolvidos no trecho compreendido entre Niterói e o Espírito Santo. As planícies no setor de Parati até Mangaratiba são praticamente inexpressivas. As bacias costeiras foram seriamente afetadas pelas variações que o nível relativo do mar sofreu no Quaternário.

Ambientes de sedimentação continental:

Depósitos colúvio-aluvionares: a deposição destes sedimentos teria se iniciado no Terciário, e os processos responsáveis por sua gênese perduraram por todo o Quaternário, podendo ser constatados até nos dias atuais. Os materiais possuem granulometria bem variada e envolvem cascalhos, areias e lamas que são resultantes de fluxos gravitacionais (escorregamentos) e aluviais (rios) de transporte de material alterado das vertentes.

Nas encostas podem ser divididos dois materiais: as rampas de colúvio (predomínio de material fino) e os depósitos de tálus (predomínio de material grosseiro). São materiais que sofreram transporte por gravidade, por movimentos de massa do tipo rastejo ou escorregamentos.



Antonio S. da Silva

Figura 14.9: Fotografia tomada a partir do Mirante do Cristo, na BR-040, antes da chegada ao município de Petrópolis. A ocorrência de rampas de material transportado e depositado nos locais mais baixos é uma das características principais da Serra do Mar. A grande altitude e as fortes chuvas são os principais fatores para a mobilização de matéria ao longo das vertentes.

Nas áreas planas ao longo das drenagens ocorrem sedimentos arenosos e lamosos, geralmente bem estratificados (**Figura 14.10**). São depósitos de fundo de canal, de planície de inundação, de rompimento de **diques marginais** e de meandro (barra de pontal). Os depósitos de fundo do canal são formados por areias e cascalhos depositados em regime de maior energia (carga de tração). Os depósitos de planície de inundação são sedimentos mais finos (lamosos), acumulados quando o rio transborda em períodos de cheia. Os depósitos de rompimento de diques marginais envolvem areia e lama. Nos depósitos de meandro ocorre sedimentação essencialmente arenosa.

Dique marginal

é uma faixa contínua ou não, plana, que acompanha trechos do leito do rio, entre as margens e a planície de inundação, ficando alguns metros acima desta.



Antonio S. da Silva (2009)

Figura 14.10: Perfil de neossolo flúvico, que corresponde aos sedimentos estratificados de deposição fluvial.

Ambientes de Sedimentação Transicional/Marinho:

Estes depósitos podem ser de duas épocas diferentes: *depósitos pleistocênicos* e *depósitos holocênicos*.

Os depósitos praias marinhas e/ou lagunares pleistocênicos estão relacionados ao último evento de transgressão marinha ocorrida por volta de 123.000 anos atrás. Os materiais arenosos que o constituem têm sido interpretados como sendo de origem praias marinhas e/ou lagunares, mas que pontualmente podem ser recobertas por areias eólicas. As areias praias são compostas por material quartzoso, de granulometria médias até muito finas.

As areias eólicas também são compostas por quartzo, essencialmente, mas possuem granulometria fina a muito fina, podendo ser enriquecida por argilas e óxidos de ferro.

Os depósitos holocênicos são os mais recentes e estão apoiados e sustentados pelos depósitos pleistocênicos e nas litologias do Grupo Barreiras. Os depósitos não são homogêneos e

compreendem materiais de origem flúvio-lagunar e depósitos praias marinhos e/ou lagunares. Esses depósitos estão relacionados aos processos costeiros associados à última fase transgressiva do nível relativo do mar e sua posterior regressão (aproximadamente 5.100 anos).

Depósitos fluviolagunares: estão geneticamente relacionados a episódios de progradação fluvial sobre um ambiente transicional/marinho raso, em função de variações climáticas e/ou glacioeustáticas. Um dos representantes deste tipo de depósito é a Lagoa Feia. Durante a fase de mar mais elevado, o rio Paraíba do Sul desaguava na margem oeste da laguna e, com a fase regressiva marinha que se seguiu, o rio iniciou sua progradação através de um delta intralagunar.

Estes depósitos correspondem a uma sedimentação arenolamosa, sobrejacente a camadas de areias biodetríticas e sedimentos lamosos de fundo lagunar.

Depósitos praias marinhos e/ou lagunares: estes depósitos holocênicos são compostos por fácies praias marinhas com recobrimento eólico. As areias marinhas são quartzosas esbranquiçadas, finas a médias, bem selecionadas, com mergulho suave em direção ao mar. O pacote de sedimentos eólicos é constituído por areias com características semelhantes, de granulometria mais fina, podendo ocorrer na forma de dunas.

Eles são pouco desenvolvidos nas porções convexas ou retilíneas e podem atingir vários quilômetros de largura próximos a desembocaduras fluviais mais importantes, como as associadas ao rio Paraíba do Sul.

Durante a fase de transgressão marinha (5.100 anos), a invasão marinha formou sistemas lagunares que se estabeleceram por detrás das ilhas-barreiras, como nas desembocaduras do rio Paraíba do Sul ou nos cursos inferiores de rios, como nos casos de Macaé e São João. Após esse período, com o abaixamento do nível relativo do mar, essas lagunas começaram a secar, e paralelamente foram assoreadas e se formaram algumas áreas pantanosas.

As mais importantes áreas desses depósitos estão no litoral entre Cabo Frio e Niterói, onde estão presentes as lagoas de Araruama, Saquarema, Guarapina e Maricá. Mais ao sul, entre a Ponta do Arpoador e a Pedra da Macumba, no extremo-sul do Recreio dos Bandeirantes, com as lagoas Rodrigo de Freitas e Marapendi.

Evolução recente da geologia fluminense

Foi durante o Cenozoico que boa parte das planícies litorâneas foi formada. Durante toda essa era, o nível do mar sofreu grandes variações. Para se ter uma ideia, durante o Neógeno, durante o máximo da regressão marinha pliocênica (5,3 a 1,8 milhões de anos), o nível do mar situava-se no mínimo 100 metros abaixo do atual, e, desta maneira, grande parte da plataforma continental teria sido coberta por sedimentos continentais, depositados sob condições de clima semiárido na forma de leques aluviais, onde se encontram parcialmente preservados até hoje.

No Quaternário, as variações no nível do mar exerceram muita influência na construção das atuais planícies costeiras. Ao longo de todos os ciclos transgressivos e regressivos marinhos, foi instalado sobre os depósitos continentais um conjunto de sedimentos de origem marinha quando o nível do mar subiu. Quando o nível do mar baixou, os sedimentos marinhos foram novamente recobertos por sedimentos continentais.

Os dados obtidos por datação de carbono-14 (C14) indicam que por volta de 5.100 anos o nível do mar esteve mais alto que o atual, e as áreas das lagunas costeiras foram ampliadas. As maiores teriam se transformado em baías, o que poderia ter facilitado o desenvolvimento da vida marinha nesses ambientes. Com o posterior rebaixamento do nível do mar, as lagunas se transformaram em lagos de água doce e finalmente em pântanos. As lagunas que permaneceram com algum contato com o mar mantiveram as condições de salinidade, porém ligeiramente mais doces devido ao

maior aporte de água doce, exceção feita à lagoa de Araruama que, devido às características climáticas, aumentou ainda mais a sua salinidade.



Atende ao Objetivo 3

3. A região litorânea do estado do Rio de Janeiro é extremamente recortada e repleta de praias, lagunas, baías e outras feições costeiras. Sabemos que a Região dos Lagos tem características geológicas, geomorfológicas e climatológicas específicas. São diversas lagunas, entre elas a lagoa de Araruama. Quais são as influências da geologia no processo de formação lagunar da região?

Resposta Comentada

Além dos diversos costões rochosos que servem como ponto de ancoragem para sedimentos arenosos transportados paralelamente à praia, a oscilação do nível do mar permitiu que mais sedimentos fossem depositados, criando condições específicas para a formação das restingas e o conseqüente fechamento das lagunas costeiras, dentre elas a de Araruama.

CONCLUSÃO

A grande crítica que os cientistas fazem com relação às hipóteses de evolução da geologia do Rio de Janeiro reside na ausência ou na escassez de dados geocronológicos de alta precisão.

Existe muita discussão sobre os fenômenos que resultaram na colisão e fragmentação do Gondwana e suas influências cronologia e deformação das rochas preexistentes. Rochas cuja origem é paleoproterozoica teriam sofrido sua deformação há aproximadamente 520 milhões de anos.

Essas rochas muito antigas foram então submetidas a diversos processos de decomposição e foram transportadas pelo vento, pelos rios e mares, e hoje formam as planícies litorâneas do estado do Rio de Janeiro. Tomando-se como exemplo a planície do rio Paraíba do Sul, todos os sedimentos continentais que são transportados e depositados por este rio têm origem nas rochas das serras do Mar e da Mantiqueira, que por sua vez possuem rochas que se originaram durante os eventos de colagem e fragmentação do Gondwana anteriormente citados.

Também se destaca a importância das variações do nível do mar durante o Quaternário na composição dos sedimentos que formam as planícies e lagunas costeiras. Podem ser encontradas diversas evidências dessas flutuações ao longo do nosso litoral. São depósitos conchíferos, solos com teor de sódio mais elevado e fósseis marinhos em ambientes hoje não recobertos pelo mar.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2 e 3

Como visto, a geologia do estado do Rio de Janeiro é muito complexa, e podemos encontrar litologias com diferentes idades convivendo no mesmo ambiente. Cite um exemplo dessa situação.

Resposta Comentada

São diversos os exemplos: podemos citar na Região dos Lagos a existência de dique de rochas básicas que surgiram após a fragmentação do Gondwana e que possuem idade que oscilam entre 90 e 70 milhões de anos, ao lado de rochas que possuem mais de 500 milhões de anos. Da mesma forma, podemos citar a existência na mesma região de rochas do Grupo Barreiras do Terciário convivendo com rochas de mais de 2 bilhões de anos.

RESUMO

Nesta aula, fizemos um grande passeio pela geologia do estado do Rio de Janeiro. Segundo os profissionais que trabalham diretamente com a nossa geologia, ela é considerada uma das mais complexas e mais bonitas; são rochas com diversas idades que resultam em paisagens muito belas. Com uma história geológica que tem início no Arqueano, com rochas na região da Serra da Mantiqueira, passamos pelas demais divisões do tempo geológico

com rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Recentemente, a nossa geologia se caracteriza pela presença de sedimentos arenosos inconsolidados que formam as nossas restingas e onde se localiza a nossa maior cidade. Junto ao litoral sul, a Serra do Mar assume literalmente o seu nome e praticamente encosta no mar. Com litologias associadas ao intenso metamorfismo, esta região se caracteriza pelas chuvas intensas e pelo grande número de escorregamento. Não possuímos uma litologia que apresente um grande valor econômico. Tivemos a exploração de calcário para a produção de cimento na Bacia de São José do Itaboraí, ainda na primeira metade do século XX, e nos dias atuais essa exploração se concentra nas cidades de Italva, Cordeiro e Cantagalo.

Informação sobre a próxima aula

Na próxima aula, veremos alguns exercícios que podem ser feitos em sala de aula e em campo. Essas atividades tornarão mais dinâmica a sua aula.

Aula 15

A Geologia em sala de aula

*Antonio Soares da Silva
Alexssandra Juliane Vaz*

Meta da aula

Apresentar possibilidades de trabalhar com a Geologia em sala de aula no Ensino Básico.

Objetivos

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

1. reconhecer a importância da Geologia, durante o ciclo da Educação Básica;
2. identificar a presença da Geologia, nos conteúdos escolares;
3. identificar a necessidade dos trabalhos de campo para o estudo da disciplina;
4. elaborar atividades práticas relacionando a Geologia com outras disciplinas escolares.

INTRODUÇÃO

A Educação Básica é um espaço primaz para os indivíduos depararem-se com os valores para a construção da cidadania crítica, reflexiva e participativa, ao trabalhar/desenvolver conceitos, temas e práticas relativos a múltiplas preocupações – ambientais, sociais, políticas, culturais e econômicas. Dentre essas preocupações, a problemática ambiental é destacadamente um objeto de reflexão no mundo contemporâneo. Logo, é de extrema importância saber compreender a dinâmica ambiental, bem como refletir sobre seus processos, formas e conteúdos, visando investigar a dinâmica supracitada. Para isso, é preciso saber compreender a dinâmica geológica, aspecto inicial para compreendermos a dinâmica interna e externa do nosso planeta, e como estas interferem no nosso cotidiano, e também como as nossas atividades podem comprometer a integridade do meio ambiente.

A Geologia na Educação Básica

A *Revista Brasileira de Geociências* já publicou pelo menos 10 razões que justificam a necessidade do ensino da Geologia na Educação Básica, visando beneficiar a formação nas Ciências Naturais e obedecer às diretrizes educacionais atuais. São elas:

- 1º - O caráter fragmentário e superficial do currículo de Ciências do Ensino Fundamental.
- 2º - A formação humanista, inerente ao exercício das Ciências da Terra, na qual se deve inculcar atitudes solidárias e humanistas nas novas gerações e desenvolver pensamento crítico e capacidade de observação/indagação.
- 3º - Em um mundo contemporâneo marcado por grandes inovações tecnológicas e avanços científicos, a Geologia permite reflexões sobre o uso racional da ciência e tecnologia e fornece visão

de totalidade quanto ao funcionamento do Sistema Terra, necessário para o entendimento da complexa dinâmica do planeta.

- 4° - No seu corpo teórico, privilegia a perspectiva temporal das mudanças que afetaram nosso planeta e os seres vivos que o povoaram.
- 5° - A Geologia oferece formação sobre causas dos riscos geológicos e suas consequências para a humanidade.
- 6° - No campo das exemplificações, proporciona exemplos sobre a participação da Geologia em descobertas modernas da Ciência.
- 7° - A Geologia introduz a discussão atual sobre a exploração e uso dos recursos naturais, bem como sobre a prática sustentável.
- 8° - A Geologia é componente inicial para a construção de outros saberes e para a reflexão crítica da atividade humana no planeta.
- 9° - O conhecimento da base metodológica da Geologia favorece a formação sobre variados procedimentos científicos.
- 10° - Por fim, a Geologia adota a informática como aliada nos seus estudos, o que colabora para a promoção das Geociências na formação de uma perspectiva planetária.

Como podem ser observados, os autores listam pontos que transformam a Geologia não só em uma ciência, mas também em um instrumento e prática para a construção de conhecimentos em diferentes disciplinas da Educação Básica. Nos parâmetros curriculares nacionais, a inserção dos conteúdos geológicos dá-se em disciplinas, como: Geografia, Biologia e Química e apresenta um forte caráter interdisciplinar, em razão de interligar diferentes conteúdos entre essas disciplinas parcelares. Com base nestes argumentos, nesta aula, pretende-se refletir e pontuar as diferentes contribuições da cultura geológica na formação da cidadania, através

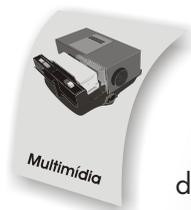
do desenvolvimento de habilidades e competências pertinentes à preocupação socioambiental presente em nossa sociedade.

A discussão aqui tratada sobre a inserção da Geologia na Educação Básica não passa pela criação de uma disciplina curricular, mas sim de estruturar todo o conhecimento, advindo da Geologia em uma disciplina já existente na grade curricular. E onde seria inserido este conteúdo?

Sabemos que tanto a Geografia quanto a Biologia possuem em suas grades curriculares disciplinas ligadas à Geologia. Mesmo recebendo diversos nomes, tais como Geologia Geral, Geologia Básica, Tópicos em Geologia, entre outros, estas disciplinas tratam do mesmo assunto. E quais são esses assuntos?

Tomando como exemplo os cursos de Geografia da UERJ e o curso de Biologia da Universidade Veiga de Almeida, o conteúdo programático da disciplina de Geologia é estruturado de modo a reconhecer a estrutura interna da Terra, as rochas, os minerais, a atividade tectônica e perturbações em rochas. No curso de Biologia, ainda são acrescentados tópicos em Geomorfologia e formação dos solos.

Este conteúdo atende às necessidades dos alunos? Alguns podem afirmar que sim, mas uma maioria afirmará que não. É nosso entendimento que para enriquecer a discussão na sociedade, é necessário que o professor de Geografia não seja apenas um mero repassador de conhecimento geológico, mas que saiba discutir e correlacionar os fatos geológicos com a dinâmica da sociedade. Dessa forma, assumimos a posição de que a Geografia deve chamar para si esta responsabilidade, pois além de tratar de temas relacionados a processos de esculturação do planeta, também trabalha com a dinâmica da sociedade.



A principal revista de divulgação de Geologia é a *Revista Brasileira de Geociências*. Existem diversos outros periódicos que tratam da Geologia, mas sugerimos que, pelo menos quadrimestralmente, você acesse o sítio da revista no seguinte endereço:

<http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg>

A relação tempo-espaço na Educação Básica

Tratando-se de relações temporais, duas abordagens podem ser adotadas na Geologia e explicadas ao aluno em sala de aula. Por um lado, pode-se determinar uma sucessão temporal de eventos, sem que se saibam exatamente quando e quanto tempo esses eventos levaram para acontecer, estabelecendo assim uma datação relativa de eventos. Outra alternativa é determinar quando os eventos aconteceram através da obtenção de uma idade absoluta. De modo geral, o geólogo trabalha com as duas formas de abordagem do tempo de forma complementar.

É fundamental que os estudantes tenham clareza sobre a origem da Terra, porque além da aplicação prática do conhecimento sobre a dinâmica terrestre, a história da Terra e da vida é fundamental para se entender a natureza e sua história.

Cultura geológica como eixo para uma educação interdisciplinar

A excepcionalidade da cultura geológica no âmbito das Geociências está relacionada à possibilidade de entendimento de

muitos dos temas científicos em cuja pesquisa são investidas enormes somas de recursos e que merecem a dedicação de cientistas de todo o mundo. No Brasil, a cultura geológica é praticamente inexistente entre os alunos da Educação Básica, apesar de estar presente nos conteúdos curriculares de diversas disciplinas – seja no Ensino Médio quanto no Fundamental.

Para muitos autores, o programa curricular de Ciências é fragmentário e superficial. Dividido em tópicos (ar, água e solo), o programa impossibilita o professor de uma abordagem universalizante e interativa. Outros dois problemas são verificados ao tentar ensinar Geologia na Educação Básica:

- 1) a insuficiente disponibilidade de material didático no Ensino Fundamental e Médio da maioria das escolas;
- 2) o fato de os livros didáticos que abordam tais assuntos serem elaborados por docentes da área de Biologia ou Geografia.

A fragmentação reflete-se também na falta de uma visão integrada da Terra e das interações entre seus sistemas em muitos livros didáticos. Noções de Geologia e Geociências dispersam-se no currículo sob vários títulos, faltando uma ordenação capaz de explicar a Terra em conjunto, desde sua constituição, origem e evolução, fenômenos interiores e superficiais, as interações das esferas (oceanos, atmosfera, litosfera, biosfera), e as profundas e diversificadas relações entre meio físico e seres vivos.

Autores especializados no assunto afirmam que os alunos deveriam se apropriar destes conteúdos de uma forma mais integrada e numa visão de totalidade. Deveriam ser estimulados a compreender processos e mecanismos de evolução do planeta, externos ou internos, e avaliar, em paralelo, os avanços modernos de pesquisa sobre a interação entre tais esferas, para se conscientizar sobre problemas como os dos recursos naturais não renováveis e dos atuais níveis de consumo de combustíveis fósseis.

Diante disso, aplicar a cultura geológica na escola é partir de uma prática docente interdisciplinar, pois, como se destacou

anteriormente, a Geologia não é apenas um conhecimento, mas também um eixo científico e pedagógico, marcado pela integração e abordagem multidisciplinar-transdisciplinar-interdisciplinar.

Com um caráter interdisciplinar, os conteúdos geológicos proporcionam a possibilidade de um trabalho integrado entre diversas disciplinas, como a Geografia em associação com a Biologia e a Física, ou seja, o que queremos defender aqui é: a superação da simples justaposição de disciplinas, rompendo com as fronteiras disciplinares, com a interação de saberes em busca de objetivos comuns. É preciso pensar o trabalho pedagógico, arrolando as disciplinas em atividades ou projetos de estudo, projetos de pesquisa e ação.



Atende aos Objetivos 1 e 2

1. Durante o *tsunami* de 2004 do sudeste asiático, uma menina inglesa salva cerca de 100 pessoas em ilha na Tailândia. Veja a notícia transcrita do sítio do jornal *Folha de S. Paulo*, em 1/1/2005.

Tilly, uma menina inglesa de 10 anos, salvou a vida de cerca de 100 pessoas na ilha de Phuket, na Tailândia, graças a seu professor de Geografia, que havia lhe explicado como prever um *tsunami*, noticia a imprensa britânica neste sábado. Ela foi batizada de o “Anjo da Praia” pelo *The Sun*, jornal que publicou a história.

“No trimestre passado, o senhor Kearney explicou-nos os terremotos e a forma como podem provocar maremotos”, explicou Tilly ao *The Sun*, o jornal mais vendido da Grã-Bretanha, com cerca de 3,5 milhões de exemplares diários.

“Estava na praia e a água voltou estranha, havia borbulhas. De repente, o mar começou a recuar. Compreendi o que estava ocorrendo, tive a sensação de que ia haver um

tsunami e avisei a minha mãe”, explicou a menina, o que permitiu a retirada das pessoas da praia e do hotel vizinho antes que a onda gigante chegasse à costa.

Graças à percepção da menina, que estava de férias na Tailândia com seus pais e sua irmã de sete anos de idade, ninguém morreu ou ficou gravemente ferido na praia de Maikhao, segundo o *The Sun*.

Entrevistado pelo jornal, Andrew Kearney, o professor de Tilly em Oxshott, no condado de Surrey (sul da Inglaterra), confirmou que havia explicado a seus alunos que, a partir do momento que o mar recuasse, haveria 10 minutos para reagir antes da chegada do *tsunami*.

Para responder a esta questão, você deverá lembrar os conteúdos das aulas anteriores, principalmente das aulas sobre a dinâmica das placas tectônicas, terremotos, vulcanismo e tsunamis.

Qual a importância do ensino do conteúdo de Geologia para os estudantes dos Ensinos Médio e Fundamental?

Resposta Comentada

Em uma época em que os desastres naturais assumem proporções gigantescas, o ensino de Geologia tem uma importância fundamental na hora de compreender a dinâmica dos fenômenos associados não somente à dinâmica interna (terremotos, vulcanismo e tsunamis), mas também aqueles relacionados à dinâmica externa (furacões, movimentos de massa, erosões e outros). Quase todos os eventos que podem vir a causar danos materiais ou pôr em risco vidas humanas apresentam sinais que, quando bem interpretados, podem ser a oportunidade de salvar vidas.

A valorização da pesquisa de campo para a promoção da cultura geológica no ensino de Geografia

Os conteúdos geológicos desenvolvidos na Geografia Escolar não são apenas complexos, mas necessitam de habilidades e competências por parte dos educandos no que diz respeito à abstração, visando compreender os processos e as dinâmicas externas e internas do planeta Terra. Com isso, é imprescindível que o educador, durante o processo de aprendizagem, procure lançar mão de estratégias e procedimentos que facilitem essa abstração e mitigue problemas no processo de ensino-aprendizagem.

Ou seja, é preciso ter instrumentos que colaborem para este objetivo. São muitos os instrumentos, desde imagens, vídeos e textos até a pesquisa de campo ou trabalho de campo. No que diz respeito aos materiais audiovisuais, cabe salientar as facilidades proporcionadas pelas novas tecnologias de comunicação e informação. Atualmente, a internet oferece-nos uma série de recursos, como canais de vídeos, redes sociais, infográficos que podem ser fontes de consulta constante. Porém, um recurso de grande validade é o trabalho de campo. E por que valorizar o trabalho de campo?

Elevar o trabalho de campo como uma prática pedagógica presente na docência em Geografia é priorizar a revelação de novos conteúdos, decorrentes de descobertas em processos de observação investigativa, pois proporciona não só novas interpretações sobre os processos naturais e humanos, como também contribui para análise reflexiva e crítica dos educandos, na formulação de noções e conceitos.



Alessandra J. Vaz

Figura 15.1: Estudantes de Geografia da UERJ em trabalho de campo do curso de Pedagogia.

Além disso, realizar o estudo do meio no trabalho docente significa criar mecanismos para uma educação ativa e participativa, refutando o ato de reproduzir e o protagonismo exclusivo do professor ou do livro didático na construção dos saberes escolares.

No campo científico, a valorização do trabalho de campo é produto da perspectiva crítica do conhecimento, fundada nas orientações metodológicas da Pedagogia Histórico-Crítica e da Geografia Crítica. Nesta perspectiva, o conhecimento decorre do processo de construção de conhecimento a partir da realidade, munido de compreensão crítica, considerando as possibilidades de transformação e emancipação.

Roteiros de campo

Dependendo da atividade que se quer realizar e de onde se esteja, o estado do Rio de Janeiro oferece lugares ímpares para se observar a Geologia, compreendendo as rochas e toda a sua influência na sociedade. Não existem roteiros formais com a descrição das rochas e do ambiente como um todo. Temos utilizado

o Projeto Caminhos Geológicos (<http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/sitept/home/>) para apresentar aos estudantes a geologia dos diversos ambientes do estado do Rio de Janeiro. Um dos roteiros mais utilizados é o da região dos Lagos. A diversidade de paisagens e dinâmica geológica é tamanha que chegamos a afirmar que se trata de um laboratório de Geologia a céu aberto.



Antonio S. da Silva

Figura 15.2: Duas imagens da Geologia da Região dos Lagos. À esquerda, os costões rochosos da ilha de Cabo Frio, em Arraial do Cabo. À direita, dois diques com cronologias distintas, no Pontal do Atalaia, também em Arraial do Cabo: o mais antigo encontra-se cortado pelo mais recente.

Para tratar do aproveitamento de bens minerais, sugerimos dois roteiros: o primeiro corresponde às rochas calcárias e aos mármore de Italva, Cantagalo, Cordeiro e Sumidouro (uma das possibilidades para a origem do nome da cidade está no sumidouro de águas, que ocorre em rochas calcárias); e o segundo corresponde às rochas bandadas de Santo Antônio de Pádua e arredores, que são intensamente aproveitadas para extração mineral (**Figura 15.3**).



Antonio J. T. Guerra

Figura 15.3: Extração de rochas em Santo Antônio de Pádua. Para acessar o minério é necessário remover uma grande capa de solo, que normalmente é depositada sem nenhum controle nas encostas, sendo facilmente arrastada até os cursos d'água.



Antonio J. T. Guerra

Figura 15.4: Casa soterrada por fluxo de detritos durante o megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro, em 2011. A casa, localizada próximo ao leito do rio, dentro da Faixa Marginal de Proteção que não deveria ser ocupada, está com lama em todo o primeiro pavimento e com marcas da enchente no segundo pavimento.



Estão sendo realizadas pesquisas para se estabelecer roteiros de campo para identificação de solos. Foi criado dentro da Universidade do Estado do Rio de Janeiro um projeto de extensão que tem como objetivo apresentar roteiros de campo de 1 a 5 dias em diferentes regiões do estado. Acompanhe as novidades do projeto na página do Instituto de Geografia da UERJ, no seguinte endereço: <http://www.igeog.uerj.br/>.

Equipamentos utilizados nas atividades práticas

Martelo de geólogo – É o principal instrumento de trabalho, utilizado por esse profissional, e pode ser utilizado pelos professores nas aulas práticas. Trata-se de um martelo próprio para quebrar rochas e minerais. Ele é fabricado com uma liga metálica especial de alta resistência, que sofre desgaste, mas sem soltar lascas ao ser usado, além disso é formado por uma peça só, não sendo separado do cabo.

Martelo de pedólogo – Utilizado para escavar materiais friáveis, tais como rochas alteradas, sedimentos pouco consolidados e solos.

Bússola – A bússola é levada a campo não só para permitir a orientação, mas também para medir a direção e inclinação de camadas, veios e fraturas. Ela possui um clinômetro, dispositivo para medir inclinações e que permite, através de um cálculo trigonométrico simples, determinar a altura de um morro, edifício, entre outros.

Caderneta de campo – O geólogo utiliza a caderneta de campo para anotar tudo que vê de importante, para marcar as distâncias percorridas, para descrever a paisagem, os tipos de rochas, os minerais, para registrar hipóteses etc. Assim, ela também se faz

necessária aos alunos durante as aulas de campo, para que façam anotações relevantes que possam ser utilizadas para desenvolvimento de trabalhos sugeridos pelo professor.

Mapas topográficos – Esse tipo de mapa pode ser utilizado para anotar os pontos visitados e as estradas percorridas. Nele, são utilizadas cores diferentes para cada elemento registrado, como os tipos de rochas avistados.



Figura 15.5: Alunos observam uma carta para identificar sua localização.

Fotografias aéreas – Esse é um tipo de recurso que pode ser explorado pelo professor em sala de aula, antes mesmo de ir a campo, mas também durante sua execução. Através delas é possível separar os diferentes tipos de rochas, com base na variação de cor e textura. Também são úteis na orientação, pois auxiliam na localização de estradas, vilas, rios, morros etc.

Máquina fotográfica – O professor deve explorar bastante esse recurso, pois se trata de um dos instrumentos mais queridos e utilizados pelos estudantes, além de ser facilmente encontrado. As fotografias registram as etapas do trabalho de campo e fornecem dados interessantes que podem ser utilizados para a realização dos

trabalhos escritos. Também podem ser exploradas para a realização de exposições e montagens de murais na escola.

Lupa – Uma lupa de dez aumentos é suficiente para que o aluno possa identificar minerais que aparecem na forma de grãos muito pequenos.



Alexsandra J. Vaz

Figura 15.6: Utilizando a lupa para observar os minerais.

GPS – É mais utilizado em regiões de mata fechada, desertos ou áreas com poucas estradas. Podem facilitar o trabalho, quando se tem apenas mapas antigos e/ou desatualizados da área visitada. Além disso, permite ao estudante identificar o ponto exato de onde se está trabalhando.



O GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global) – é um aparelho que capta sinais de satélites que estão em órbita em torno da Terra e informa as coordenadas do local onde se está. Trata-se de um sistema de navegação por satélite. Ele foi desenvolvido nos Estados Unidos e funciona mediante uma rede de 24 satélites na órbita da Terra.

Mochila – Nela são carregados a maioria dos equipamentos citados e outros que podem ser úteis, a depender da atividade proposta, como o canivete (para testar a dureza de um mineral), a fita adesiva (para identificar as amostras de rochas coletadas), cantil, estojo de primeiros socorros, óculos de proteção, régua, ímã, lanches, entre outros.



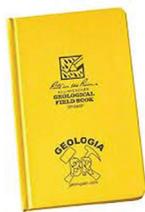
Martelo de geólogo



Martelo de pedólogo



Bússola



Caderneta de campo



Fotografia aérea



GPS



Máquina fotográfica

Figura 15.7: Estes são alguns dos equipamentos utilizados durante os trabalhos de campo.

observar uma grande quantidade de diques. Existem ainda diversos outros roteiros de campo em diversas outras regiões, tais como região metropolitana do Rio de Janeiro, Santo Antônio de Pádua, Campos dos Goytacazes, Resende-Itatiaia. Para montar o seu, reveja a Aula 14.

A pesquisa de campo no cotidiano escolar: como explorar essa ferramenta

Muitos estudantes confundem saída de campo com passeio escolar. Por isso, a fuga da sala de aula para observação direta dos alunos no campo precisa ser trabalhada, inicialmente, em sala de aula pelo professor. Antes de chegar ao destino, o aluno precisa conhecer o local que será visitado, seja através de leituras ou aulas expositivas. Precisa, ainda, saber os motivos da visita, o que encontrará, o que fazer com as informações coletadas e como se portar durante o percurso.

Para iniciar a turma nas pesquisas de campo, uma atividade simples e bem proveitosa é levar a turma para observar o entorno da unidade escolar. Porque compreender a Geografia do local em que se vive significa conhecer e apreender intelectualmente os conceitos e as categorias, tais como: o lugar, a paisagem, os fluxos de pessoas e mercadorias, as áreas de lazer, os fenômenos e objetos existentes no espaço urbano ou rural. Para ter essa compreensão, é necessário saber manejar os conceitos, saber a que eles se referem e que condução teórica expressam.

Nessa perspectiva, torna-se relevante compreendê-la como um lugar que abriga, produz e reproduz culturas, como modo de vida materializado cotidianamente. Ler os fenômenos geográficos em diferentes escalas permite ao aluno uma leitura mais clara do seu cotidiano. Dessa maneira, ele entenderá a realidade, poderá comparar vários lugares e notar as semelhanças e diferenças que há entre eles.

É importante que todas as atividades de campo estejam no planejamento escolar, da mais simples, como a proposta de visitação ao próprio bairro, quanto os roteiros de campo mais complexos, como visitas a museus, espaços de ciências, cursos de rios, áreas de proteção ambiental etc.

Dentre os roteiros de campo úteis ao ensino da Geologia dentro do contexto escolar, os alunos podem visitar os diversos museus de Geociências que existem no Rio de Janeiro e no Brasil. Na cidade do Rio de Janeiro, temos o museu de Ciências da Terra do DNPM, o Museu da Geodiversidade da UFRJ, o Museu Nacional na Quinta da Boa Vista, entre outros. Em Ouro Preto (MG), temos o museu da Escola de Minas da UFOP. Em São Paulo, a USP mantém um bom acervo de minerais e rochas no Instituto de Geociências.

Atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula e em campo

A princípio, temos a impressão de que as atividades de campo do geólogo restringem-se ao mapeamento dos corpos rochosos. Mas como vimos na Aula 1, o geólogo possui diversas outras capacitações e algumas delas são comuns ao geógrafo. Assim, o professor de Geografia deve se apropriar destes conhecimentos para melhor explicar e ensinar a seus alunos a dinâmica do planeta Terra.

O trabalho de campo pressupõe uma preparação prévia, como afirmado anteriormente. O geógrafo é, por natureza, um observador dos fatos que acontecem no seu entorno, mas esta observação deve estar calcada em conhecimentos prévios do ambiente, pois somente assim, tem-se condições de propor soluções para os problemas encontrados.

A caderneta de campo é o local para estas anotações. Nela, devem estar relatados todos os fenômenos observados, bem como a data e as condições do ambiente.

Para demonstrar certos fenômenos, é necessário montar experimentos. E para isso, podem ser construídos instrumentos simples que terão como objetivo explicar o fenômeno, mas o professor de Geografia tem a função primordial de melhorar a dinâmica do aprendizado. A seguir serão apresentadas algumas atividades e imagens dos instrumentos que podem ser criados.

a) Monitoramento do escoamento superficial e da erosão

Os experimentos com parcelas de erosão monitoram as perdas de solo e água do escoamento superficial. Eles podem ser feitos em campo ou mesmo em laboratório. No campo, é necessário instalar uma parede para delimitar a área experimental e instalar uma calha coletora de água e sedimentos como na **Figura 15.8**.

Em laboratório, esta estrutura pode ser simplificada, mas terá o mesmo efeito didático. A **Figura 15.8** mostra um experimento muito simples onde pode ser visualizada a diferença na coloração da água em três diferentes tipos de uso do solo. O modelo completo para implementação do projeto pode ser obtido em <http://www.lapappadolce.net/science-experiment-on-soil-erosion/?lang=en>.



Figura 15.8: Nos três experimentos, o solo exposto apresenta maior perda, fato constatado pela coloração da água no recipiente coletor. No solo com cobertura vegetal, a água apresenta quantidade mínima de sedimentos.
Fonte: <http://www.lapappadolce.net/science-experiment-on-soil-erosion/?lang=en>.

b) Ensaios de infiltração

Os ensaios de infiltração de água são muito simples e fáceis de serem conduzidos em campo em laboratório. Primeiro em campo, podemos pegar um cilindro de ferro ou de PVC vazado em ambos os lados para permitir a entrada e a saída da água. Crava-se parte do cilindro no solo e abre-se o conector de água para se iniciar o teste de infiltração. Não se pode deixar de anotar o volume de água gasto, nem tampouco o tempo, pois assim tem-se a quantidade de água infiltrada e o seu respectivo intervalo de tempo.

No laboratório, este teste pode ser reproduzido, utilizando-se garrafas PET cortadas como um funil e colocando-se materiais com diferentes granulometrias (argila, areia, pedrisco). Coloque um papel filtro no fundo da garrafa para que o material não se perca pela saída da água. Adicione os diferentes materiais misturados ou separados em garrafas distintas. Coloque um recipiente na boca da

garrafa para coletar a água. Agora adicione água e meça o tempo de escoamento da água nas diferentes garrafas. Provavelmente, você encontrará como resultado uma maior velocidade de infiltração na garrafa com o material mais grosseiro e a menor velocidade no material mais fino (argila). Isto ocorre devido à diferença de tamanho dos poros que, no material argiloso, é mais fino e, portanto, é mais lenta a velocidade de infiltração da água, enquanto que no material mais grosseiro, cujos poros são de maior diâmetro, a infiltração da água é mais rápida.

Não nos cabe aqui apresentar todas as atividades que podem ser desenvolvidas, mas apenas apontar caminhos para tornar a aula mais dinâmica.

CONCLUSÃO

Esperamos que, ao final desta aula e principalmente ao final do curso, você tenha conseguido descobrir e gostar de Geologia. Sua importância é muito grande e por isso não pode deixar de ser bem trabalhada em sala de aula. Ao longo das aulas, foram apresentadas atividades e exemplos que podem ser mais bem explorados por você e por seus futuros alunos. Temas que aparentemente não nos interessam, porque o nosso território apresenta baixo risco de ocorrência, devem ser apresentados aos alunos, pois não sabemos quais serão as experiências pelas quais eles irão passar nas suas vidas.

Atividade Final

Atende aos Objetivos 1, 2, 3 e 4

Como Atividade Final, esperamos que você monte uma coleção de rochas e minerais.

Resposta Comentada

Uma coleção de minerais e rochas poderia e deveria ser montada em todas as escolas. As coleções de rochas devem ser separadas de acordo com o processo de formação das rochas, ou seja, rochas ígneas, rochas metamórficas e rochas sedimentares. Uma coleção de minerais pode ser montada de acordo com as características ópticas e famílias dos minerais ou mesmo de acordo com sua abundância nas rochas.

RESUMO

Nesta aula, apresentamos a você alguns dados que reforçam a presença do ensino de Geologia na Educação Básica. Sua importância deve-se principalmente à necessidade de se construir uma cidadania crítica, reflexiva e participativa, principalmente devido à problemática ambiental. Diversos pesquisadores vêm apresentando, em fóruns, as razões para o ensino de Geologia na Educação Básica. É necessário rediscutir a forma como o conteúdo das Geociências é apresentado na Educação Básica, assim como é fundamental um professor bem-preparado, que consiga discutir os conteúdos apresentados nos livros didáticos e não se prenda a apenas reproduzi-los. Finalmente, é necessário que o professor consiga “pular” os muros da escola e possa desenvolver suas atividades de ensino no ambiente onde os fenômenos naturais ocorrem. Dessa forma, será possível reproduzi-los em sala de aula e os seus estudantes compreenderão muito bem.

Geologia Aplicada à
Geografia

Referências

Aula 8

MACHADO, R.; SILVA, M. E. Estruturas em rochas. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 399-420.

TASSINARI, C. C. G.; DIAS NETO, C. M. Tectônica Global. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 78-107.

Aula 9

MACHADO, R.; SILVA, M. E. Estruturas em rochas. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 399-420.

TASSINARI, C. C. G.; DIAS NETO, C. M. Tectônica Global. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 78-107.

TEIXEIRA, W. *Vulcanismo: produtos e importância para a vida*. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 347-379.

Aula 10

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. (Orgs). *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 279 p.

SÍGOLO, J. B. Processos eólicos e produtos sedimentares. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 334-347.

TEIXEIRA, W. *et al* (Org.). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009.

TESSLER, M. G.; MAHIQUES, M. M. Processos oceânicos e produtos sedimentares. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 376-399.

Aula 11

BETTENCOURT, J. S.; MORESCHI, J. B.; TOLEDO, M. C. M. Recursos minerais da Terra. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org). *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 508-535.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. *Fundamentos de geologia*. Cengage Learning. São Paulo, 2009. 508 p.

Aula 12

TAIOLI, F. Recursos energéticos e meio ambiente. In: TEIXEIRA, W. *et al* (Org) *Decifrando a Terra*. SP: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 486-507.

BRAGA, B. et alli. *Introdução a Engenharia Ambiental*. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

Aula 13

CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; D'AGRELLA, M.S.; TRINDADE, R.I. The position of the Amazonian Craton in supercontinents. *Gondwana Research*, v. 15, p. 396-407, 2009.

NEVES, M.A; MORALES, N.; SAAD, A. R. Facies analysis of tertiary alluvial fan deposits in the Jundiaí region, São Paulo, southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 19, Issue 4, p. 513-524, September, 2005.

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2001. 17-69 p.

PETROBRAS. Cartas estratigráficas. *Boletim de Geociências*. v. 15, nº 2, 2007.

ROSS, J. L. S. (Org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 2009. 549 p.

Aula 14

DRM. Departamento de Recursos Minerais. *Projeto Caminhos Geológicos*. Disponível em: <<http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/sitept/home/>>

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Geobank*. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>

SILVA, L. C. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, 2001.

Aula 15

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). *Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 345 p.

VENTURI, L. A. B. (Org.). *Praticando Geografia - técnicas de campo e laboratório*. 1a. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. v. 1. 239p.

