

UNIDADE 2

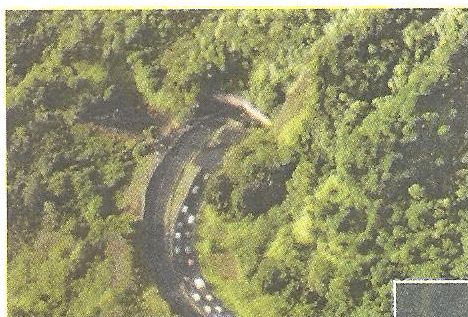
Paul Chesley/Getty Images

HÁ UM SÉCULO POUCO SE SABIA SOBRE O QUE EXISTE ABAIXO DA superfície da Terra e, menos ainda, sobre a origem das formas variadas que modelam o nosso planeta:

“o que os cientistas mais bem informados sabiam sobre o interior da Terra não era muito mais do que um mineiro de carvão sabia: que era possível cavar o solo por certa distância e que então se atingia a rocha dura, e só”.

BRYSON, Bill. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. p. 218.

Durante o século XX, uma série de descobertas contribuíram para ampliar a compreensão sobre a composição da superfície terrestre e a dinâmica interna que a modifica. Produziram-se informações relevantes tanto para as atividades relacionadas à mineração como para a prevenção de catástrofes naturais provocadas por vulcanismo, terremotos e maremotos.



Serra de Koolau, em Oahu (Havaí), 2000.

GEOLOGIA: EVOLUÇÃO DA TERRA E FENÔMENOS GEOLÓGICOS

Contexto

Poucas coisas sobrevivem por longo tempo

Se você imagina os cerca de 4,5 bilhões de anos da história da Terra comprimidos em um dia terrestre normal, a vida começa muito cedo, em torno das quatro da madrugada, com o surgimento dos primeiros organismos unicelulares simples, mas depois não avança mais nas próximas dezesseis horas. Somente quase às oito e meia da noite, com cinco sextos do dia já decorridos, a Terra consegue exibir ao universo algo além de uma cobertura irrequieta de micróbios. Finalmente as primeiras plantas marinhas aparecem, seguidas vinte minutos mais tarde da primeira medusa. (...) Às 21h04 entram em cena os **trilobites** (a nado), seguidos mais ou menos imediatamente pelas criaturas bem formadas de **Burgess Shale**. Pouco antes das 22h, plantas começam a brotar em terra firme. Logo após, faltando duas horas para o fim do dia, despontam os primeiros animais terrestres.

Trilobite

artropode, isto é, invertebrado que possui patas articuladas e uma carapaça protetora externa.

Burgess Shale

sítio arqueológico, situado nas Montanhas Rochosas canadenses (província da Columbia Britânica), onde foram encontrados os mais importantes fósseis multimoleculares.

Graças a uns dez minutos de bom tempo, às 22h24 a Terra é coberta pelas grandes florestas **carboníferas** cujos resíduos fornecem todo o nosso carvão, e os primeiros insetos com asas se fazem notar. Os dinossauros entram em cena pouco antes das 23h e dominam por cerca de

45 minutos. Faltando 21 minutos para a meia-noite, desaparecem, e a era dos mamíferos começa. Os seres humanos emergem um minuto e dezessete segundos antes da meia-noite. Nessa escala, toda a nossa história registrada não duraria mais que alguns segundos e a vida de um único ser humano mal duraria um instante. Nesse dia grandemente acelerado, continentes deslizam e se chocam num ritmo positivamente frenético. Montanhas se erguem e se desfazem, bacias oceânicas surgem e desaparecem, lençóis de gelo avançam e recuam. E o tempo todo, cerca de três vezes por minuto, em algum ponto do planeta, um fulgor marca o impacto de um meteoro do tamanho do de **Manson**, ou até maior. É um milagre que algo consiga sobreviver num ambiente tão fustigado e conturbado. Na verdade, poucas coisas sobrevivem longamente.

Talvez uma forma mais eficaz de visualizar quão recentes somos como parte desse quadro de 4,5 bilhões de anos seja você abrir os braços ao máximo e imaginar aquela extensão como toda a história da Terra. Nessa escala (...), a distância das pontas dos dedos de uma mão até o pulso da outra mão é o Pré-Cambriano. Toda a vida complexa está em uma mão, "e de um só golpe, com uma lixa de unha de granulação média, você pode erradicar a história humana".

BRYSON, Bill. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. p. 343-344.

Discuta

- 1 Identifique o tema central do texto e justifique seu título.

Origem e evolução da Terra

A Terra surgiu há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, resultando da agregação de poeira cósmica e do bombardeamento de material rochoso atraídos pela força gravitacional¹. De sua origem até o estágio atual, passou por diversas transformações (veja ilustração abaixo), estudadas a partir da disposição das camadas rochosas e dos fósseis nelas encontrados. Essas camadas representam registros dos acontecimentos passados e permitem compreender a evolução do planeta.

Enquanto a vida se transformou e se desenvolveu, a crosta terrestre também se modificou. No início havia um único grande bloco continental formado, a Pangeia, envolvido por um único e extenso oceano, o Pantalassa. A Pangeia se dividiu em Laurásia e Gondwana, que também se fragmentaram e deram origem aos atuais continentes. A crosta se enrugou dando origem às montanhas, as áreas mais profundas foram sendo preenchidas por sedimentos e alguns mares foram soerguidos e incorporados aos continentes.

Carbonífera

o texto faz referência ao período carbonífero, que faz parte da era paleozoica, uma das divisões da história da Terra.

Manson

meteorito que caiu no atual estado de Iowa, Estados Unidos, há aproximadamente 74 milhões de anos, abrindo a cratera Manson, de 35 km de diâmetro.



Luiz Iria e Rodrigo Majora/Editora Abril-Imagens

1. No início, a Terra era uma massa incandescente. O resfriamento e a solidificação de parte desse material incandescente deram origem à crosta terrestre, camada externa rochosa que cobre o planeta. As altas temperaturas, a radiação solar e a intensa atividade vulcânica que existia na delgada crosta da Terra impediram o surgimento da vida por bilhões de anos.
2. Somente com a constituição da hidrosfera, formada provavelmente pela precipitação de vapor-d'água sobre a superfície mais profunda, e com a manutenção da temperatura em níveis menos elevados, a vida tornou-se viável. Surgiram então as primeiras formas de vida, com organização celular simples. Posteriormente, surgiram outros organismos, como os primeiros animais.
3. A vegetação expandiu-se pelas terras emersas e contribuiu para a transformação da composição química da atmosfera. Essas novas condições possibilitaram grande diversificação dos animais e sua conquista do ambiente terrestre, sendo os anfíbios os primeiros animais vertebrados a explorá-lo. Ao longo da evolução desse grupo, surgiram répteis – como os dinossauros –, mamíferos e aves. A partir do seu surgimento, os seres humanos passaram a intervir de forma dominante sobre o planeta.

¹ Trata-se de uma das teses mais atuais sobre a formação do universo, conhecida por Teoria da Agregação.

Geologia

ciência que estuda o conjunto da origem, da formação e das contínuas transformações da Terra, assim como dos materiais orgânicos e inorgânicos que a constituem.

A **Geologia** divide a história da Terra em eras geológicas, que correspondem a grandes intervalos de tempo divididos em períodos, os quais, por sua vez, são subdivididos em épocas e idades. As subdivisões marcam as importantes alterações ocorridas na evolução do planeta e são organizadas numa tabela geológica.

Na parte superior de uma tabela de tempo geológico estão as eras mais recentes e na parte inferior as mais antigas. Observe:

Escala geológica do tempo

Eras geológicas	Períodos	Ocorrência aproximada (em milhões de anos atrás)	Principais eventos
Cenozoica	Quaternário	1,8	Surgimento do <i>Homo sapiens</i> .
	Terciário	65	Dobramentos modernos (atuais montanhas). Aves, mamíferos e primatas. Atuais continentes.
Mesozoica ou Secundária	Cretáceo Jurássico Triássico	250	Divisão do grande continente da Pangeia em Laurásia e Gondwana (130 milhões de anos). Grandes répteis (como os dinossauros).
Paleozoica ou Primária	Permiano Carbonífero Devoniano Siluriano Ordoviciano Cambriano	550	Rochas sedimentares e metamórficas. Grandes florestas. Bacias sedimentares Glaciações. Formação da Pangeia há 200 milhões de anos. Peixes e vegetais. Insetos e répteis.
Pré-cambriana ou Primitiva	Proterozoico Arqueano Hadeano	4 600	Surgimento da vida unicelular. Formação dos escudos cristalinos e das rochas magmáticas.

Fonte: PRESS, Frank [et al.]. *Para entender a Terra*. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. i-ii.

Estrutura interna da Terra

O conhecimento da estrutura interna da Terra é essencial para a compreensão dos fenômenos que se manifestam em sua superfície, como o vulcanismo e os terremotos, responsáveis por modificações nas formas da superfície terrestre e suas consequências para os seres humanos. Os terremotos (ou sismos) afetam a vida de milhões de pessoas e provocam grandes estragos em diversos países, como Estados Unidos (sobretudo na Califórnia), Japão, Chile, Turquia e China. O vulcanismo, outro fenômeno natural causado pelas forças internas da Terra, também costuma acarretar graves desastres.

A atividade mineradora depende igualmente do conhecimento da estrutura interna da Terra. Os recursos minerais são matéria-prima básica na produção de diversas mercadorias e na geração da maior parte da energia consumida no mundo.

Na década de 1960, cientistas norte-americanos resolveram perfurar o solo até atingir o manto. O objetivo era entender os mecanismos que causavam os movimentos das rochas e, dessa forma, prever terremotos e compreender outros fenômenos responsáveis por desastres naturais. Porém, ao tentar perfurar a crosta oceânica, acabaram desistindo quando atingiram 180 metros de profundidade. Quatro anos mais tarde, os soviéticos fizeram a mesma tentativa em terra emersa e escavaram o poço mais profundo que existe ainda hoje – o da península de Kola, na Rússia. No entanto, desistiram do projeto a pouco mais de 12 quilômetros, pois a temperatura a cerca de 10 quilômetros atingiu 180 °C, bem superior ao que se esperava.

Por conta da impossibilidade de atingir grandes profundidades, os estudos sobre o interior da Terra baseiam-se em observações indiretas. As informações são obtidas por meio da análise dos tremores que ocorrem no interior da Terra, cujas ondas, chamadas sísmicas, propagam-se em diferentes direções, algumas atingindo o núcleo do planeta. As ondas mudam de direção à medida que atingem matéria de densidade diferente. A intensidade dessas ondas é registrada por sismógrafos, aparelhos que medem também a velocidade e, portanto, o tempo que elas levam para se deslocar do **hipocentro** até os locais onde se manifestam na superfície terrestre – o epicentro. Foi a partir dessas e de outras observações que os cientistas chegaram à conclusão de que a Terra é formada basicamente por três camadas: a crosta terrestre ou litosfera, o manto e o núcleo.

Hipocentro

local do interior da Terra onde se origina um terremoto.

Camadas da Terra

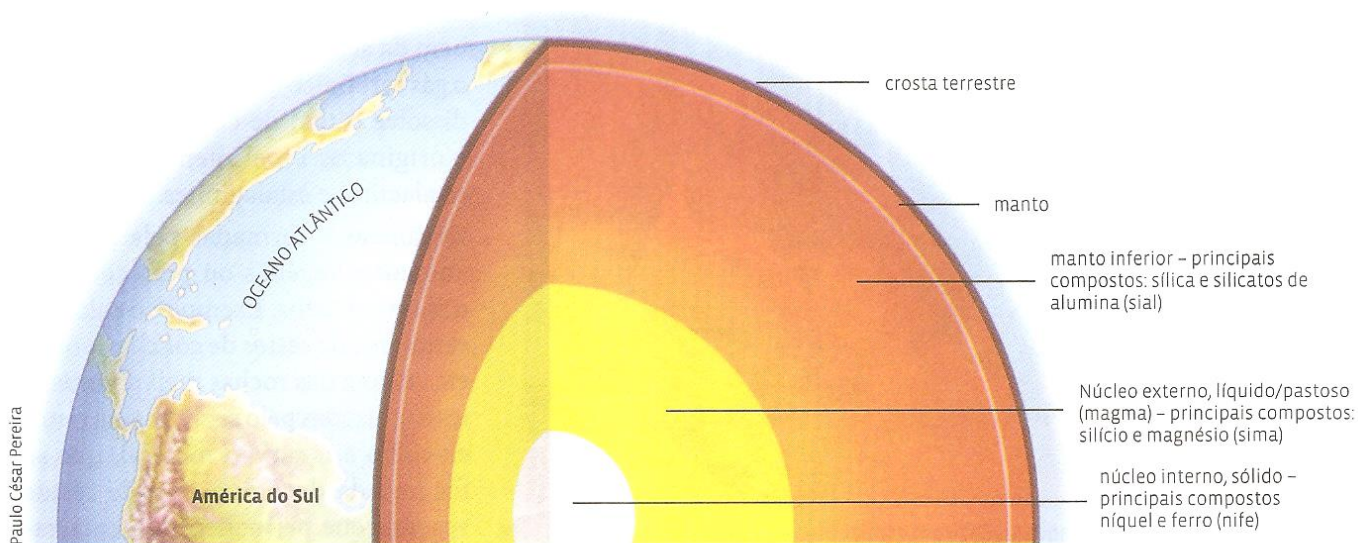
Na crosta terrestre – a camada superficial – são encontradas rochas relativamente leves, constituídas principalmente por silício e alumínio. Essa camada apresenta espessura variável: nos continentes, atinge de 20 a 70 quilômetros, nos locais montanhosos; sob os oceanos, onde predominam o silício e o magnésio, varia de 5 a 15 quilômetros.

O manto – camada intermediária – é formado por material mais denso, constituído principalmente por magnésio, ferro e silício.

Na parte externa do manto, há uma região conhecida por astenosfera, formada por um material pastoso chamado magma. Nela ocorrem movimentos de convecção: o magma aquecido sobe das porções mais internas da Terra em direção à crosta e depois volta para o interior, à medida que se resfria. Os movimentos de convecção dão origem a terremotos e erupções vulcânicas. Todo o material que sai pelos vulcões vem de uma profundidade máxima de 200 quilômetros. Comparadas com o raio da Terra – 6 380 quilômetros, aproximadamente –, essas medidas são muito pequenas.

O limite interior máximo do manto é de aproximadamente 2 900 quilômetros, onde começa a camada mais interna: o núcleo. Este é constituído por níquel e principalmente ferro. Encontra-se subdividido em duas camadas: o núcleo externo, que parece ser líquido e vai até 5 100 quilômetros, e o núcleo interno, que é sólido.

Observe a representação da Terra e suas camadas.



Fonte: ÍSOLA, Leda; CALDINI, Vera. *Atlas geográfico Saraiva*. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 20.

A crosta terrestre

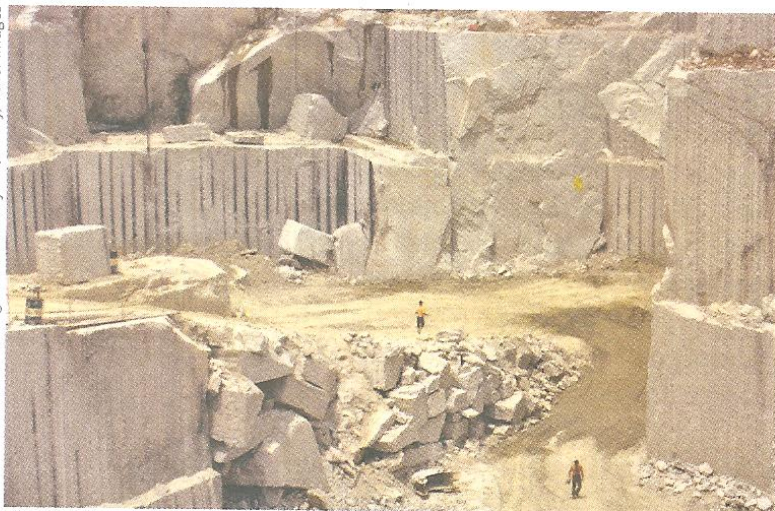
A crosta terrestre é formada principalmente por rochas, como o arenito, o granito, o mármore, o calcário e a argila. As rochas são agregados de um ou mais minerais solidificados, que, por sua vez, são elementos ou compostos inorgânicos. O granito, por exemplo, é composto por três minerais: quartzo, mica e feldspato.

Quanto à origem, as rochas classificam-se em magmáticas ou ígneas, sedimentares e metamórficas. As rochas magmáticas resultam da consolidação de material proveniente do manto em estado de fusão. Elas constituem aproximadamente 80% da crosta terrestre e se subdividem em dois tipos:

- Intrusivas ou plutônicas – que se formaram internamente, como o granito.
- Extrusivas ou vulcânicas – que se formaram na superfície, como o basalto.

As rochas magmáticas intrusivas aparecem na superfície quando a erosão remove as rochas que as encobrem. São os afloramentos. O granito é muito utilizado no revestimento de pisos e paredes e na fabricação de tampos de pias. A decomposição do basalto, por sua vez, geralmente dá origem a solos férteis, como a terra roxa, encontrada nos estados de São Paulo e Paraná.

© Robert Harding Picture Library Ltd/Alamy/Other Images



Com o passar do tempo, as rochas mais frágeis da superfície sofrem desgaste pela ação da água, do vento e dos seres vivos, deixando à mostra as rochas magmáticas intrusivas, como o granito. Na foto, exploração desse tipo de rocha em Sardenha (Itália), 2008.

Edson Sato/Pulsar Imagens

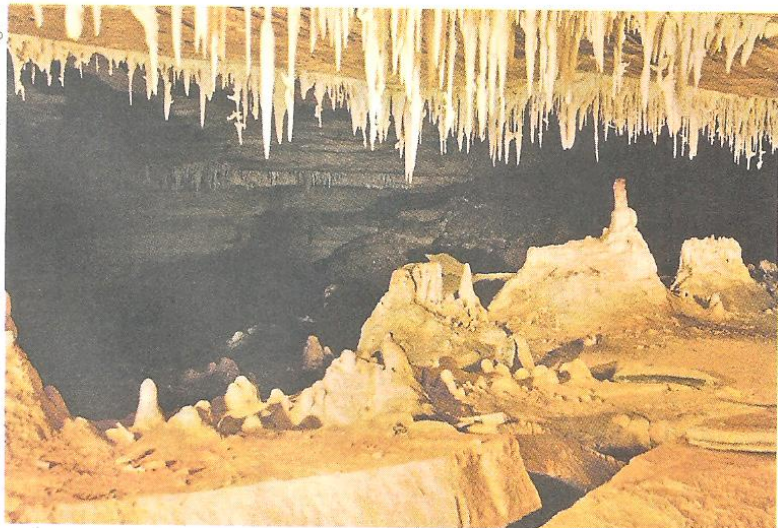


Foto de caverna em Iraquara (BA), com estalactites e estalagmites de rocha calcária (sedimentar), 2007.

As rochas sedimentares resultam da deposição, compactação e cimentação de sedimentos rochosos ou orgânicos, que sempre ocorrem em camadas. Quanto à origem dos sedimentos, as rochas são classificadas como:

- Detríticas – constituídas pelo acúmulo de fragmentos de outras rochas (magmáticas, metamórficas ou mesmo sedimentares). Exemplos: arenito, argilito, folhelho, varvito, conglomerado e tilito.
- Químicas – provenientes de transformações químicas que alguns materiais em suspensão sofrem na água. Exemplo: o sal-gema, que corresponde a depósitos de cloreto de sódio encontrados em áreas onde possivelmente havia mar. Podem ser originadas também da ação da água combinada com o gás carbônico (ácido carbônico), que dissolve o teto de cavernas calcárias e origina os espeleotemas, como as estalactites e estalagmites.
- Orgânicas – formadas pela ação de animais e vegetais ou pelo acúmulo dos seus dejetos. Exemplo: o calcário, resultante de restos de conchas, corais etc., é uma das rochas mais abundantes e utilizadas pelo ser humano; outro exemplo é o carvão mineral, que se formou da decomposição de restos vegetais que permaneceram enterrados por milhões de anos.

As rochas sedimentares têm grande importância econômica, pois nelas se encontram recursos energéticos, como o carvão mineral e o petróleo. O arenito, o varvito e o calcário também são muito utilizados, especialmente pelo setor de construção civil.

As rochas metamórficas resultam da transformação (metamorfização), em condições de pressão e temperatura elevadas, de rochas preexistentes. As principais rochas metamórficas são o gnaiss, formado a partir da transformação do granito; a ardósia, resultado da metamorfose do xisto; e o mármore, que resulta da transformação do calcário. A ardósia e o mármore também são bastante empregados no setor de construção civil.



Rene Cabral/Argosfoto

Mina de carvão mineral, Minas do Leão (RS), 2008.



© rmarinello/Alamy/Other Images

Jazida de mármore em Carrara (Itália), 2008. Rocha metamórfica derivada do calcário, o mármore possui grande variedade de cores e texturas, tendo alto valor comercial e estético.

Contexto literário

No meio do caminho

No meio do caminho tinha uma pedra
 tinha uma pedra no meio do caminho
 tinha uma pedra
 no meio do caminho tinha uma pedra.
 Nunca me esquecerei desse acontecimento
 na vida de minhas retinas tão fatigadas.
 Nunca me esquecerei que no meio do caminho

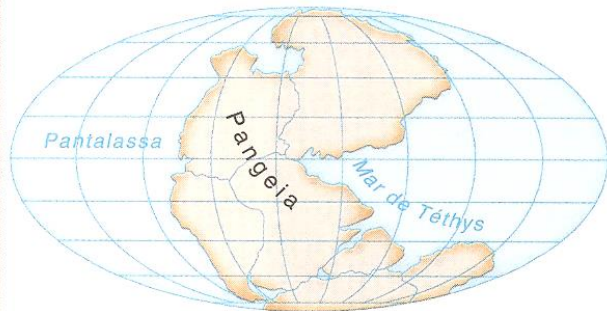
tinha uma pedra
 tinha uma pedra no meio do caminho
 no meio do caminho tinha uma pedra.

ANDRADE, Carlos Drummond de. Em: *Os cem melhores poemas brasileiros do século*. Org. Ítalo Moriconi. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. p. 71. © Graña Drummond – www.carlosdrummond.com.br

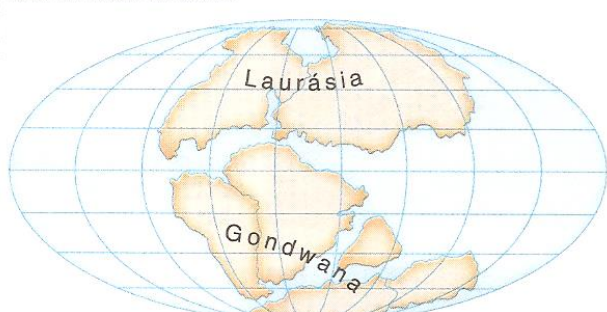
Deriva dos continentes

Mario Yoshida

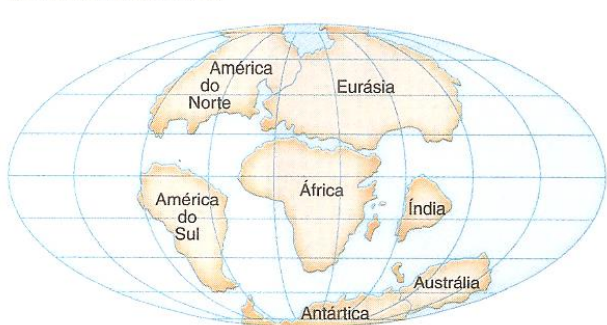
200 milhões de anos



135 milhões de anos



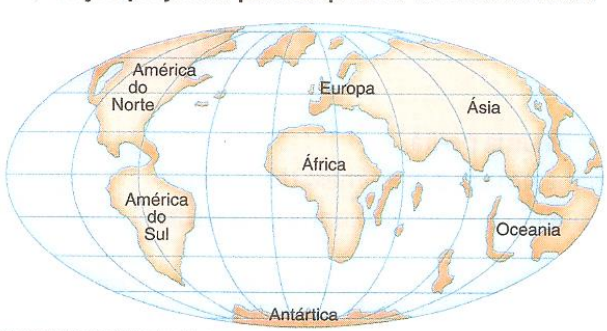
65 milhões de anos



Hoje



Situação projetada para daqui a 30 milhões de anos



Fonte: BAUER, Jürgen; MACK, Wolfgang Wilfried; NÜBLER, Klaus Rentzmann. *Mensch und raum: Physische Geographie*. Berlin: Cornelsen, 1989. p. 20.

A crosta em movimento

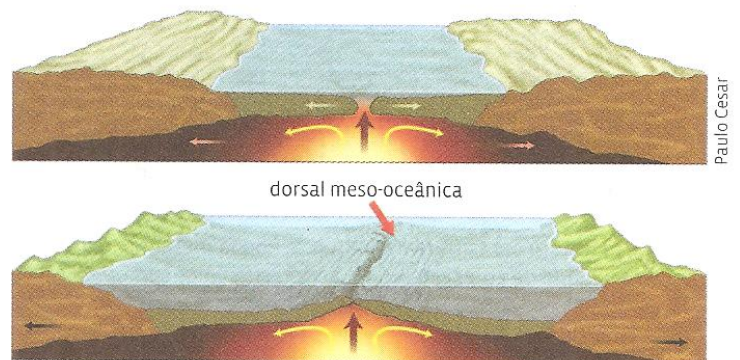
Em 1912, o cientista alemão Alfred Wegener elaborou a Teoria da Deriva dos Continentes. Observando semelhanças entre os contornos da América, da Europa e da África, e também entre as rochas que os formam, Wegener propôs que, há cerca de 200 milhões de anos, os continentes estariam todos unidos, formando um único bloco, a Pangeia. Esta teria se partido, separando-se em dois grandes blocos continentais: Gondwana e Laurásia. Posteriormente, outras fragmentações deram origem aos atuais continentes, em tempos geológicos mais recentes.

A teoria foi contestada pela maior parte da comunidade científica da época. Um dos poucos que a apoiaram, o inglês Arthur Holmes, elaborou, em 1928, a hipótese da expansão dos fundos oceânicos, baseando-se no movimento de convecção do magma na astenosfera. Para Holmes, esse movimento teria empurrado os continentes.

Em 1967, Janson Morgan confirmou a hipótese de Holmes: os fundos oceânicos se deslocam e se expandem a partir das dorsais, as cordilheiras situadas na porção central dos oceanos (meso-oceânicas). Constatou-se também que a idade das rochas dos fundos oceânicos aumenta à medida que elas se distanciam das dorsais, ou seja, quanto mais próximas dos continentes, mais antigas são as rochas.

Formação das dorsais

Expansão do oceano e formação das dorsais (Zonas Divergentes)

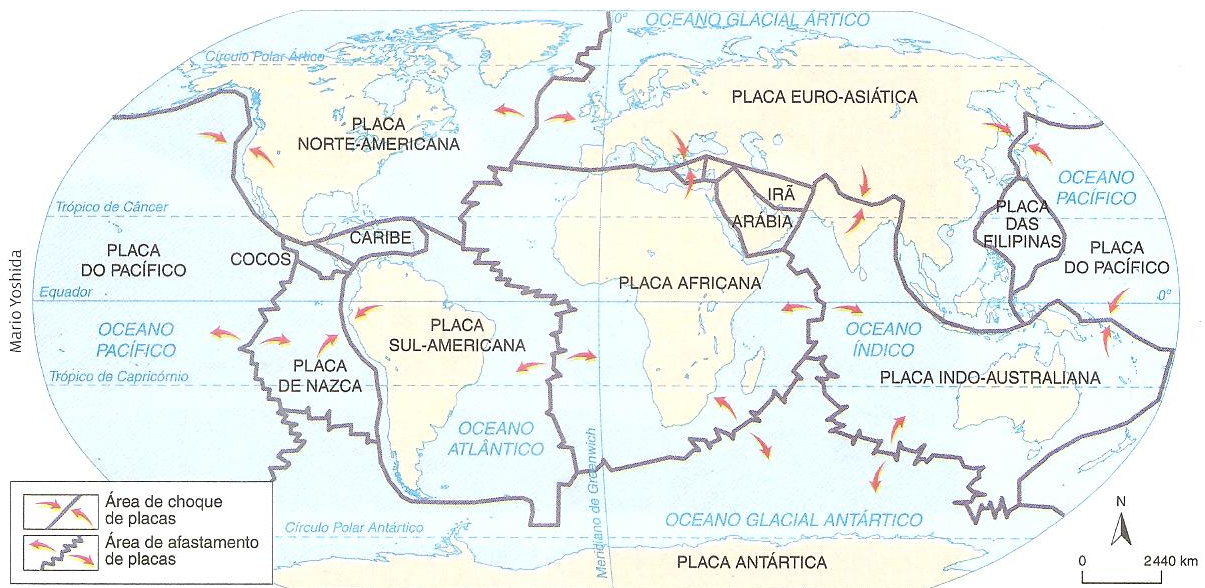


Paulo Cesar

Fonte: *Enciclopédia do Estudante: Ciências da Terra e do Universo*. São Paulo: Moderna, 2008. p. 36.

A partir dessas constatações, chegou-se à conclusão de que o envoltório da Terra (a crosta terrestre) é descontínuo e fragmentado em vários blocos, os quais são formados por partes continentais e oceânicas (o fundo ou assoalho dos oceanos). Cada bloco corresponde a uma placa tectônica, que se desloca pelos movimentos de convecção do magma. A deriva dos continentes, a formação das cordilheiras montanhosas e de outras formas de relevo, os terremotos e os **tsunamis** passaram a ser compreendidos melhor pela Teoria da **Tectônica** de Placas.

Terra – principais placas tectônicas



Fonte: Atlas geográfico escolar. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. p. 66.

A superfície da Terra é constituída por placas tectônicas que se movem em direções e velocidades diferentes.

Nas chamadas zonas de divergência de placas há um processo de afastamento (expansão) entre as placas tectônicas – como nas cordilheiras meso-oceânicas. Nas zonas de convergência de placas verifica-se um processo de fricção, em que elas se pressionam umas contra as outras.

Nas zonas de convergência, o contato entre as placas pode ser de diversos tipos. Entre placas continentais e oceânicas, a oceânica (mais densa) “mergulha” sob a continental (menos densa e mais espessa), afunda-se na astenosfera e entra em fusão (subducção), dando origem às fossas abissais. A placa continental se dobra e soergue em grandes cordilheiras, como a dos Andes, na porção oeste do continente americano.

Se a colisão se dá na parte continental da crosta, os trechos em colisão se deformam e se enrugam, dando origem às cordilheiras montanhosas continentais. É o que ocorre entre as placas Indo-Australiana e Euro-Asiática, cuja colisão formou a cordilheira do Himalaia.

Entre as placas oceânicas, como a Indo-Australiana e a do Pacífico, se originam muitas ilhas.

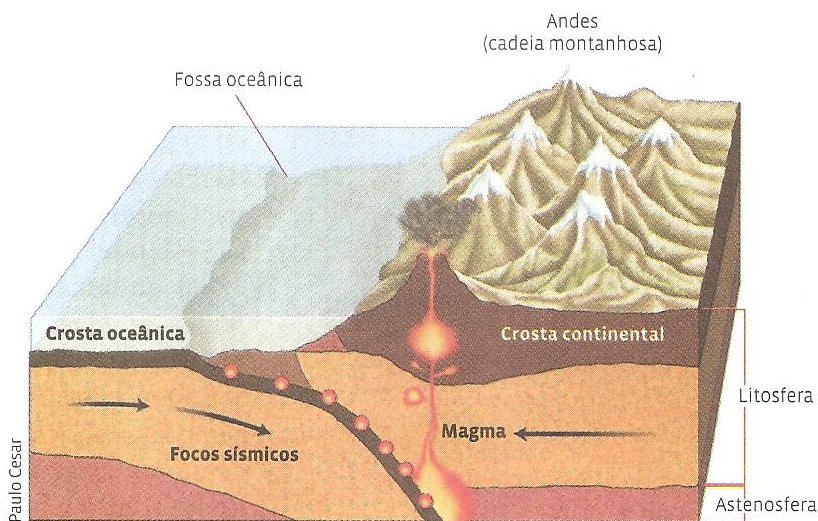
Tsunami

quando os abalos sísmicos se manifestam no fundo dos oceanos, recebem o nome de maremotos, que, em alguns casos, podem formar ondas gigantescas – com mais de 40 metros de altura – chamadas tsunamis.

Tectônica

relativo às forças envolvidas no tectonismo, que é todo movimento na crosta terrestre provocado por pressões internas. É também o ramo da Geologia que estuda o dinamismo das forças que interferem na movimentação das camadas da crosta terrestre.

Subducção



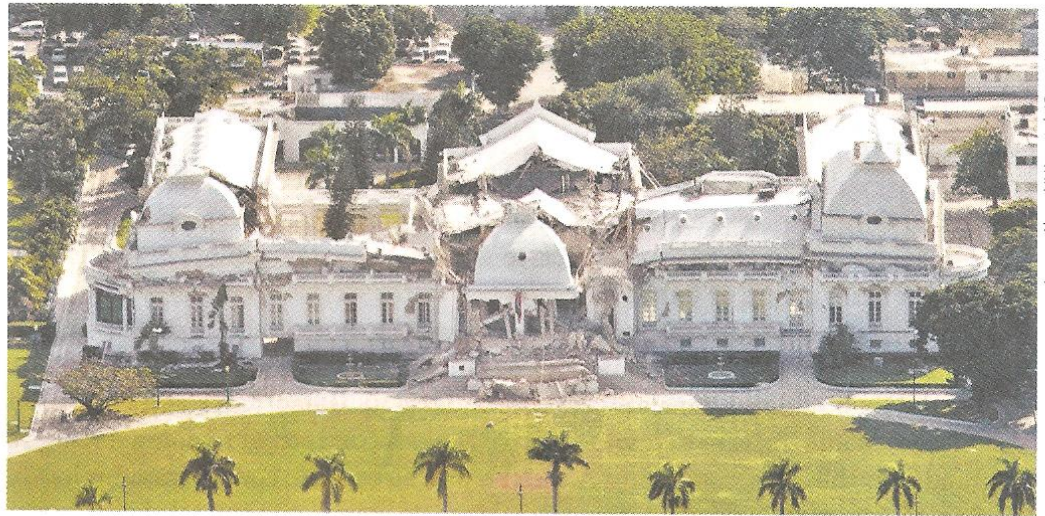
Escala, cores, proporções e medidas da representação não correspondem à realidade.

Fonte: Departamento de Recursos Minerais-DRM-RJ. Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/item.asp?chave=42>>. Acesso em: 30 out. 2009.

Abalos sísmicos e vulcanismo



Canadian Department of National Defence/
Corporal Matthew McGregor/AFP Photo



Logan Abassi/Minustah/Getty Images

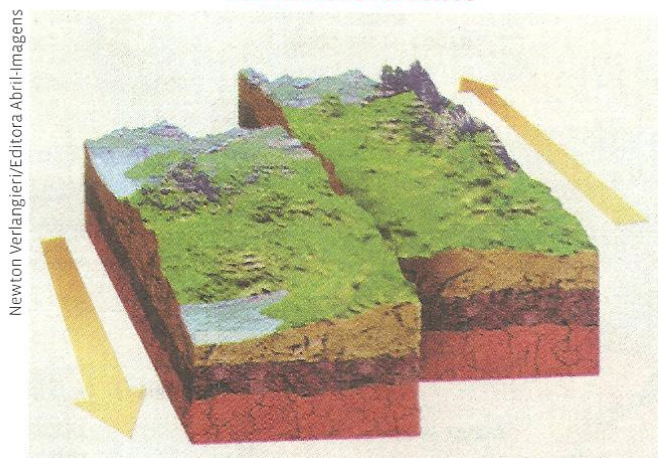
Fotos do palácio presidencial em Porto Príncipe (Haiti), construído em 1804. Acima, a construção intacta e reformada para seu aniversário de duzentos anos, em 2004; ao lado, em ruínas, após terremoto de magnitude 7,0 na escala Richter (veja tabela na p. 70) atingir o país, em janeiro de 2010.

Nas áreas próximas aos limites entre as placas ocorrem muitos terremotos e intensa atividade vulcânica. As grandes cadeias montanhosas da Terra, situadas nessas áreas, são **orogênicas**, ou seja, surgiram por causa da movimentação de placas – como a cordilheira do Himalaia ou as Montanhas Rochosas. A tensão entre as placas tectônicas em movimento acumula intensa energia, que ao ser descarregada

produz a ruptura do material rochoso até que ocorra uma nova acomodação entre elas. Existem ainda os terremotos que se dão em falhas transcorrentes, como é o caso da Falha de San Andreas, na Califórnia (EUA), que se estende por mais de 1 300 quilômetros. Nestas falhas as placas se movimentam lateralmente e em sentidos opostos, e a fricção provoca focos sísmicos, como o terremoto ocorrido no Haiti em janeiro de 2010.

Orogênese
processo de formação de cadeias montanhosas, resultante de dobramentos rochosos causados por movimentos das placas tectônicas.

Falha transcorrente



Newton Verlângieri/Editora Abril-Imagens

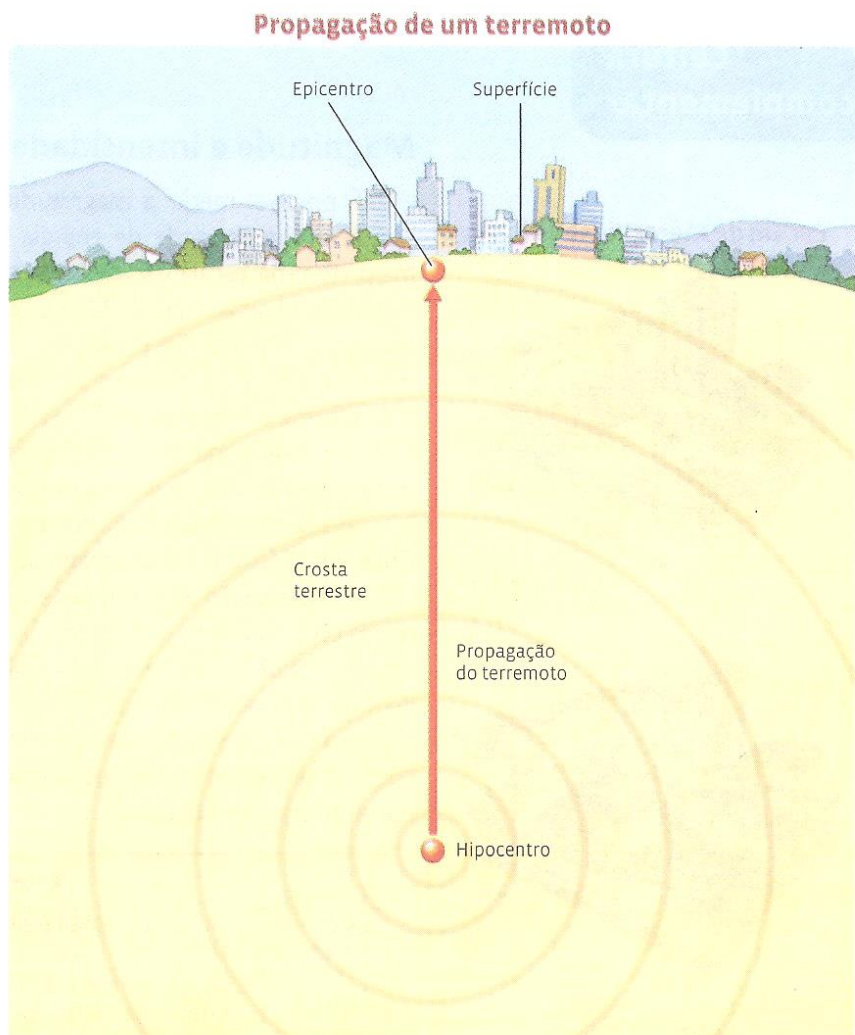
Revista *Superinteressante*. São Paulo: Abril, n. 4, fev. 2008. p. 11. Edição Especial.

A descarga de energia produzida no foco sísmico ou hipocentro propaga-se sob a forma de ondas sísmicas. A propagação dessas ondas provoca vibração nas rochas e grande impacto no epicentro, mais perceptível nos pontos da superfície terrestre próximos ao foco de atrito.

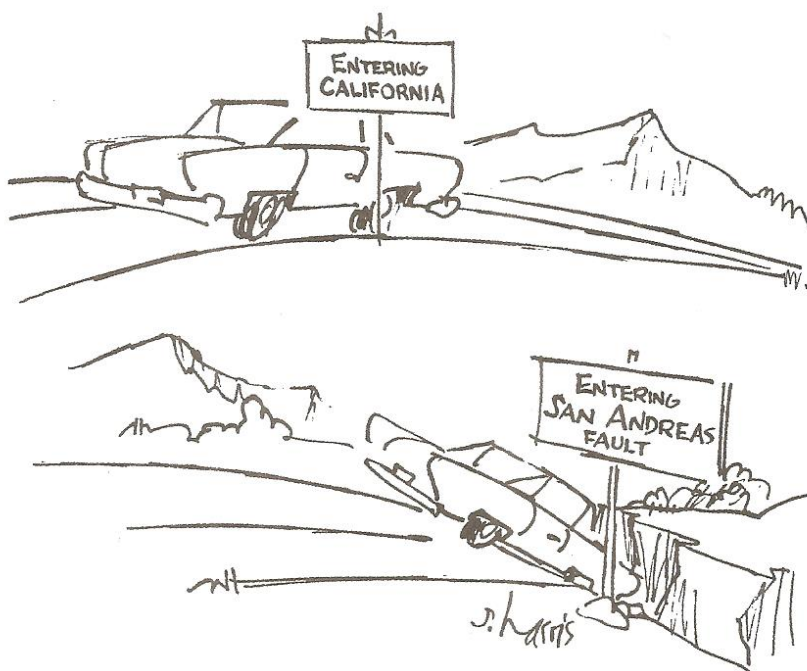
O Brasil, por estar situado no centro da placa Sul-Americana e, portanto, distante da zona de contato entre as placas, não registra tremores de grandes proporções.

Escala, cores, proporções e medidas da representação não correspondem à realidade.

Fonte: *Enciclopédia do Estudante: Ciências da Terra e do Universo*, v. 3. São Paulo: Moderna, 2008. p. 166.



Rodval Matias



www.CartoonStock.com

Espaço & humor

Nas placas, leem-se: "Entrando na Califórnia" (acima) e "Entrando na falha de San Andreas" (abaixo).

Earthquake Cartoons. Disponível em: <<http://www.cartoonstock.com/directory/e/earthquake.asp>>. Acesso em: 30 out. 2009.

Escala de Mercalli modificada

Newton Verlangieri/Editora Abril-Imagens



Dano mínimo.



Dano máximo.

Revista Superinteressante.
São Paulo: Abril, n. 4, fev. 2008. p. 13.
Edição Especial.

Magnitude e intensidade dos terremotos

É possível medir a magnitude e a intensidade dos terremotos. Magnitude é a quantidade de energia liberada no foco do sismo, medida por meio de uma escala estabelecida pelo sismólogo norte-americano Charles Richter. A chamada escala Richter começa no grau zero e teoricamente não tem limite superior. Ela é logarítmica, ou seja, um terremoto de magnitude 5, por exemplo, produz efeitos 10 vezes mais intensos que outro, de magnitude 4. Conforme o departamento de ciências geológicas da Universidade de Illinois (EUA), a magnitude do abalo sísmico ocorrido na Ásia em dezembro de 2004, que provocou um *tsunami* e causou a morte de cerca de 300 mil pessoas, foi de 9,3 – o segundo maior da história –, inferior apenas ao terremoto ocorrido no Chile, em 1960, que atingiu magnitude 9,5.

A classificação da intensidade dos terremotos baseia-se na constatação dos danos provocados na superfície, que normalmente são menores à medida que se distancia de seu epicentro. A escala de intensidade sísmica mais utilizada é a de Mercalli modificada, que varia de I (danos mínimos) a XII (danos máximos), situação em que se dá o desaparecimento quase total de vestígios de construções humanas, formam-se grandes fendas no terreno e ocorrem consideráveis transformações no relevo.

Escala Richter

2,5 ou menos	Praticamente não é sentido, mas pode ser gravado em sismógrafo.
2,5 a 5,4	É eventualmente percebido e provoca danos menores, como a quebra de vidros e a queda de objetos.
5,5 a 6,0	Ligeiros danos, como rachaduras em edifícios e outras estruturas. Apenas edificações precárias podem desabar.
6,1 a 6,9	Pode causar uma série de danos em áreas muito povoadas. Derruba várias edificações, causa o transbordamento de rios, o dobramento de trilhos de ferrovias, rachaduras e buracos nas estradas, entre outros.
7,0 a 7,9	Grande terremoto. A destruição é de grande proporção no local do epicentro.
8,0 ou maior	Grande terremoto. Pode destruir totalmente comunidades perto do epicentro e se propaga para locais mais distantes.

Fonte: Serviço de Sismologia do México e U.S. Geological Survey.

Quando o epicentro do terremoto encontra-se no fundo do oceano, ele provoca o movimento ascendente da água e a formação de ondas gigantescas. Ao atingir o continente, a onda que se forma no meio do oceano perde velocidade, mas ganha altitude em função da menor distância entre a crosta oceânica e a superfície da água, amplificando a altura da onda e seu poder de devastação na linha costeira. Outros fenômenos podem causar *tsunamis*, como a queda de meteoros, o deslizamento de gigantescos blocos de gelo e o vulcanismo.

Em 2004, a placa Indo-Australiana deslizou por baixo da placa Euro-Asiática e provocou um foco sísmico de magnitude 9 na escala Richter. Trata-se, portanto, de uma zona de subducção no fundo do oceano Índico. As ondas provocadas por essa tensão entre as placas criaram as ondas que devastaram a costa da Indonésia, Tailândia, Malásia, Índia, Sri Lanka e as Maldivas. O número de mortos aproximou-se de 300 mil pessoas.

É também nas zonas de contato entre as placas que ocorrem a formação de vulcões e as atividades vulcânicas, como as que se manifestam através da formação de **gêiseres** ou **fumarolas**. As bordas das placas são mais instáveis – sujeitas a fissuras – e mais flexíveis. O magma nessas zonas cria caminhos que o levam à superfície. Penetra por meio de fissuras ou da “chaminé” construída por sua pressão e entra em erupção pela cratera ou boca do vulcão.

A principal região da Terra em ocorrência de terremotos e vulcanismo é o “Círculo do Fogo do Pacífico”, que reúne as cordilheiras montanhosas que contornam as costas oeste da América e leste da Ásia, incluindo diversas ilhas como o Havaí e o Japão. As outras áreas são as dorsais oceânicas, o conjunto montanhoso que se estende na Eurásia, do sul da Europa até o Himalaia, no continente asiático, e a porção do oceano Índico ao largo do sudeste asiático. Observe o mapa.

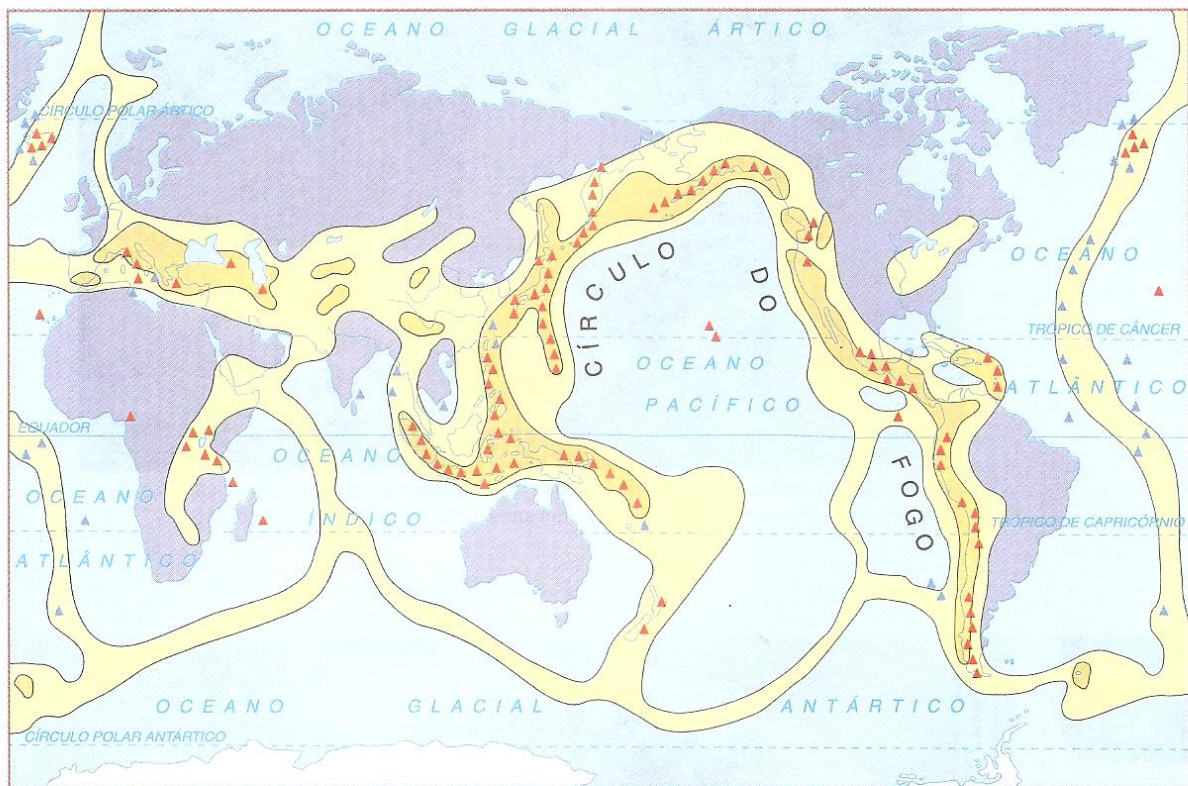
Gêiser

fonte localizada no interior da crosta que lança água quente à superfície.

Fumarola

exalação de gases e vapores, que chegam à superfície através de fissuras existentes na crosta e no solo.

Terra – zonas sísmicas e vulcânicas



Fonte: *Atlas du 21^e siècle*. Países Baixos: Éditions Nathan, 2008. p. 152.

1. As zonas sísmicas e de atividade vulcânica observadas no mapa acima estão relacionadas a outro mapa deste capítulo. Que mapa é esse? Justifique sua escolha.

De todas as áreas sujeitas a terremotos no mundo, o Japão e os Estados Unidos (Califórnia) são as mais bem preparadas para enfrentá-los. Isso decorre do nível de desenvolvimento desses países e de suas condições econômicas, que possibilitam investimentos em pesquisas no setor de construção civil, no treinamento da população, nos equipamentos para previsão de tremores, na manutenção de cientistas etc. No Japão existe a tecnologia de construção de prédios com base e estrutura flexíveis, capazes de absorver, como um amortecedor, o impacto dos tremores.

Em outras, no entanto, os terremotos continuam provocando grandes danos. Em 2008, um abalo de 7,9 na escala Richter atingiu a província de Sichuan, na China, e causou a morte de cerca de 80 mil pessoas. Uma das causas do grande número de vítimas foi a péssima qualidade das construções. A destruição de escolas construídas em período relativamente recente deixou milhares de crianças sob os escombros, amplificando a tragédia. Já o estádio olímpico “Ninho de Pássaro”, construído para a Olimpíada de Pequim, tem estrutura para suportar um terremoto de magnitude 8 na escala Richter.

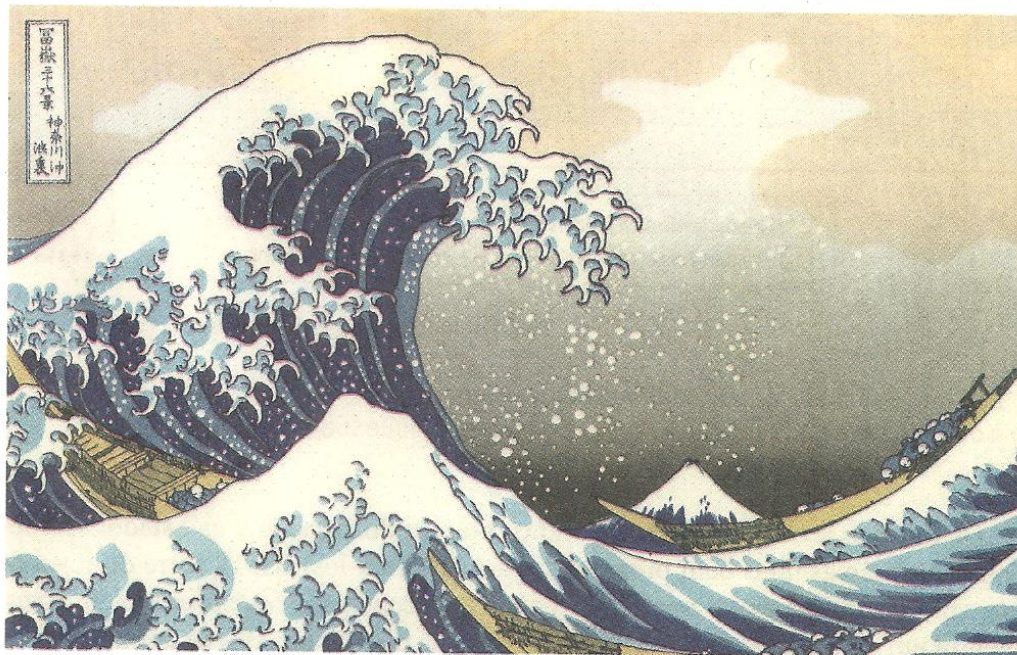
Outras causas de terremotos são as erupções vulcânicas e os desmoronamentos no interior da crosta terrestre, em decorrência de atividades desenvolvidas pelo ser humano, como a construção de represas, explosões de minas e de rochas e testes nucleares.



Zhang Lei/CNS/epa/CORBIS/Latin Stock

Menino sob escombros de escola desmoronada em 12 de maio de 2008 em Beichuan, na província de Sichuan (China), resgatado com sucesso por equipes de salvamento.

Espaço & arte



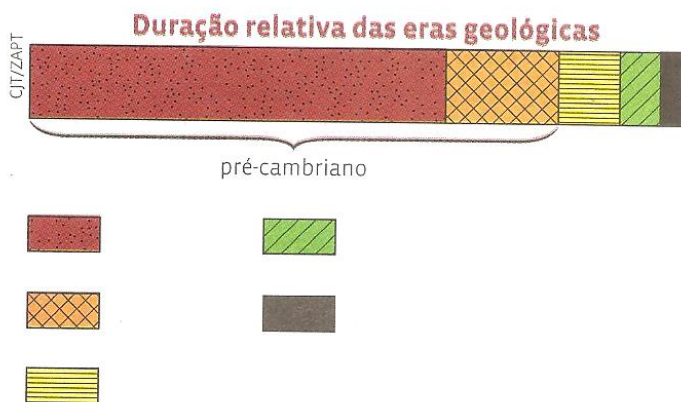
Metropolitan Museum of Art, New York

A xilogravura *Atrás da grande onda*, do artista japonês Hokusai, faz parte da série 36 Vistas do Monte Fuji, concluída na década de 1830. Metropolitan Museum of Art, Nova York, EUA.

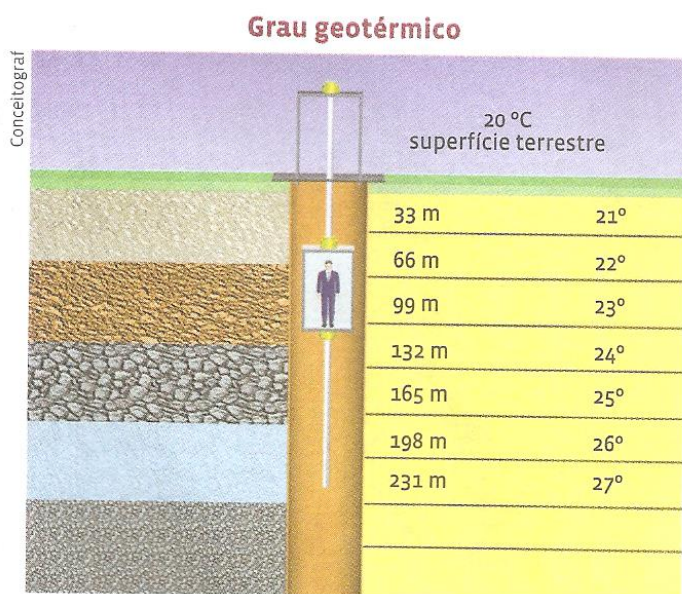
Questões de compreensão e análise



- 1 Quanto mais recente a era, menor é sua duração e maiores são as transformações que ocorrem na evolução da Terra. Observe a linha do tempo geológico a seguir. No caderno, faça uma legenda identificando cada uma das eras geológicas retratadas.



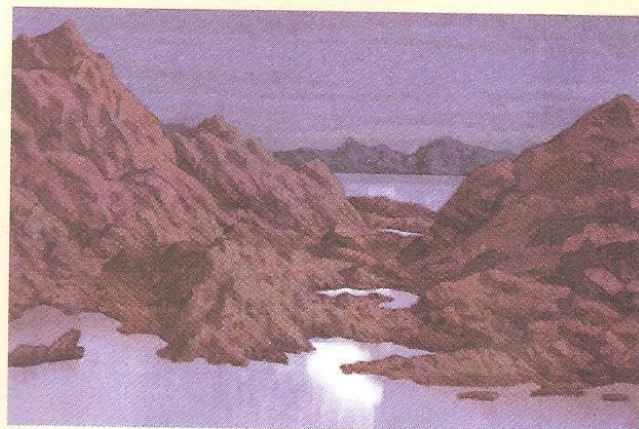
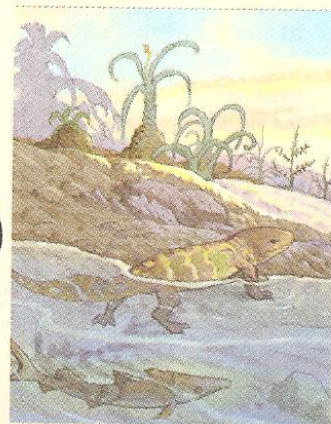
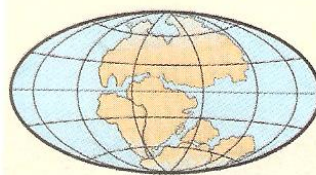
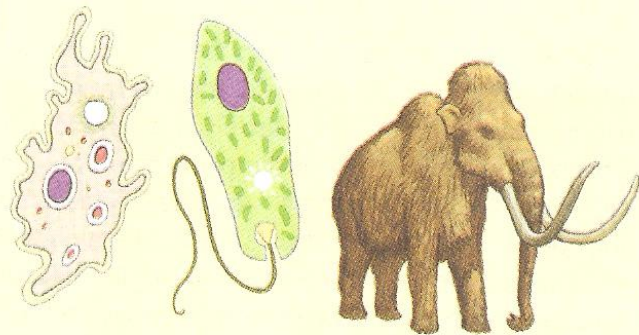
- 2 Por que o estudo do interior da Terra se baseia em observações indiretas? De que forma elas são feitas?
- 3 A dificuldade para perfurar grandes profundidades em direção ao centro da Terra deve-se ao grau geotérmico. Observando a figura a seguir, responda: o que é grau geotérmico?



Fonte: KUHLMANN, F. *Geografia 1: iniciação geográfica*. Brasília: MEC, 1973.

- 4 Por que os estudos de sismologia e vulcanismo têm importância fundamental para a sociedade?

- 5 Identifique as eras geológicas correspondentes às figuras.



6 Qual o papel da astenosfera na modelação da superfície terrestre?

7 Leia o texto:

O que é a Geologia?

Podemos dizer que é uma ciência que estuda a Terra em seu conjunto, descreve os materiais que a formam para averiguar posteriormente a sua história e evolução.

Procura entender como se produzem os fenômenos que acontecem no interior e exterior da Terra, e investigar suas causas.

Embora o estudo da Terra tivesse sido objeto de interesse na Antiguidade, a partir dos anos 70 deste século tem adquirido maior importância devido à aceitação, pela maioria dos geólogos do mundo, da teoria da tectônica das placas. Esta teoria oferece uma explicação para a maioria dos fenômenos geológicos.

CASTELLANOS, A. Sebastián [et al.]. *Geología: generalidades, reservas económicas*. Barcelona: Fapa, 1997. p. 2. (Tradução dos autores).

- Explique a teoria da tectônica das placas citada no texto.
- Cite ao menos três fenômenos geológicos que podem ser explicados por essa teoria.

8 Em grupo, façam uma lista com os nomes dos tipos de rocha utilizados em edifícios e casas, como revestimentos, pisos, pias e balcões. A pesquisa deve ser feita por meio de visita a depósitos ou *sites* de lojas de materiais de construção. Informem-se também sobre o preço dessas rochas. Com as informações obtidas, elaborem um texto explicativo avaliando se a utilização dessas rochas é acessível a todas as classes sociais.

Dicas

Filmes

Terra: um planeta fascinante

EUA, 2002. *Discovery Channel*. Duração: 100 min.

O documentário apresenta uma visão do subterrâneo do planeta, com imagens de vulcanismo e terremotos.

10.5 – O dia em que a Terra não aguentou

EUA, 2004. *NBC*. Duração: 153 min.

Uma sequência de abalos sísmicos ameaça destruir o estado da Califórnia e lançá-lo todo ao oceano.

Quando os dinossauros reinavam na Terra

EUA, 2001. *Discovery Channel*. Duração: 90 min.

Animações computadorizadas, aplicadas sobre paisagens reais, mostram a Terra na época do *Dilophosaurus*, do *Dromaeosaurus* e de outros dinossauros.

Leituras

A deriva dos continentes

Samuel Murgel Branco e Fábio Cardinale Branco. São Paulo: Moderna, 2004.

O livro discute a Deriva Continental a partir da Teoria da Tectônica das Placas e da descoberta de ecossistemas em águas profundas do oceano. São ecossistemas que não dependem da luz para a sua existência, mas da energia geotérmica proveniente das dorsais oceânicas.

A Geologia em pequenos passos

François Michel. São Paulo: Ibep/Nacional, 2006.

Uma introdução à Geologia através do estudo das rochas e da origem e evolução da Terra.

Atlas da Terra

Susanna Van Rose. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

Atlas ilustrado sobre fenômenos geológicos como erupções vulcânicas, terremotos e outros agentes modeladores de relevo. Acompanha um guia sobre a formação da Terra.

Site

U.S. Geological Survey

<http://earthquake.usgs.gov>

Site sobre terremotos, com muitos recursos a serem explorados, inclusive animações de movimentos tectônicos (em inglês).

