

Ciências Biológicas

Cadernos CB Virtual 1

❖ Rafael Angel Torquemada Guerra (org.)

❖ Carlos Alberto de Almeida Gadelha ❖ Christianne Maria Moura Reis

❖ Hamilton Soares da Silva ❖ Luis Fernando Marques dos Santos

❖ Maria Regina de Vasconcellos Barbosa ❖ Mário Luiz Araújo de Almeida Vasconcellos

❖ Marta Maria Gomes Van der Linden ❖ Pedro Roberto Pontes Santos



**Universidade Federal da Paraíba
Universidade Aberta do Brasil
UFPB VIRTUAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS À DISTÂNCIA**

Caixa Postal 5046– Campus Universitário - 58.051-900 – João Pessoa

Fone: 3216-7781 e 8832-6059

Home-page: portal.virtual.ufpb.br/biologia

UFPB

Reitor

Rômulo Soares Polari

Pró-Reitor de Graduação

Valdir Barbosa Bezerra

UFPB Virtual

Coordenador

Lucídio dos Anjos Formiga Cabral

Centro de Ciências Exatas e da Natureza

Diretor

Antônio José Creão Duarte

Departamento de Sistemática e Ecologia

Chefe

Juraci Alves de Melo

**Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas à Distância**

Coordenador

Rafael Angel Torquemada Guerra

Coordenação de Tutoria

Márcio Bernardino da Silva

Coordenação Pedagógica

Isolda Ayres Viana Ramos

Coordenação de Estágio

Paulo César Geglio

Apoio de Designer Instrucional

Luizângela da Fonseca Silva

Artes, Design e Diagramação

Romulo Jorge Barbosa da Silva

Apoio Áudio Visual

Edgard Adelino Ruiz Sibrão

Ilustrações

Christiane Rose de Castro Gusmão

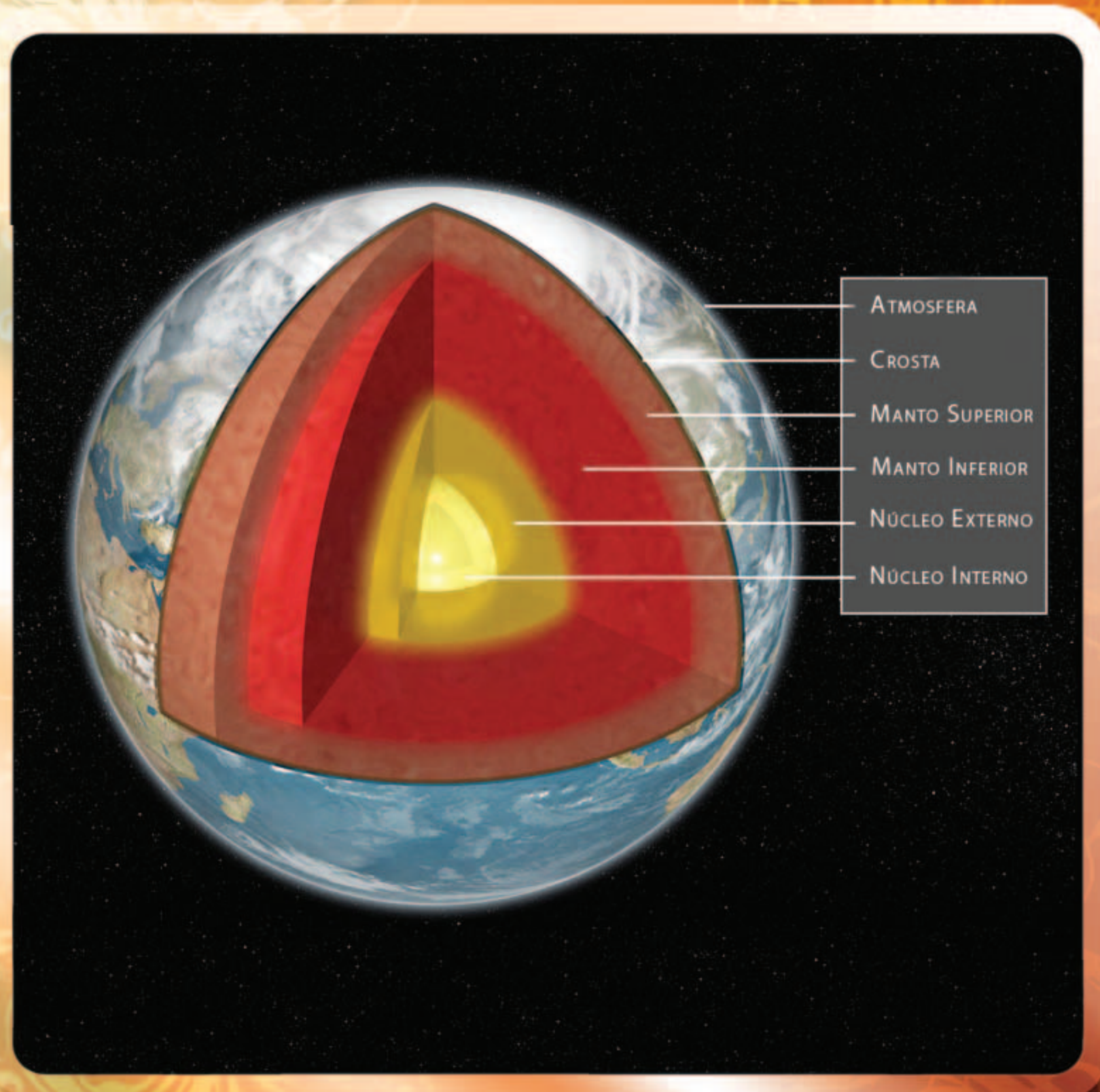
Fotos da contracapa: Rafael Angel Torquemada Guerra

Arte e Montagem da Contracapa: Romulo Jorge Barbosa da Silva

C 569 Cadernos Cb Virtual 1 / Rafael
Angel Torquemada Guerra ... [et al.].-
João Pessoa: Ed. Universitária, 2011.
516 p. : Il.
ISBN: 978-85-7745-678-9

Educação a Distância. 2. Biologia
I. Guerra, Rafael Angel Torquemada.
UFPB/BC CDU: 37.018.43

Este material foi produzido pelo curso de Licenciatura em Ciências Biológicas a Distância da Universidade Federal da Paraíba. A reprodução do seu conteúdo está condicionada à autorização expressa da UFPB.



Fundamentos de Geologia

Christianne Maria Moura Reis

FUNDAMENTOS DE GEOLOGIA

Profa. Christianne Maria Moura Reis

UNIDADE 1

DINÂMICA INTERNA DA TERRA

1. ESTRUTURA DA TERRA

A Terra é um planeta cujas características atuais são resultantes da interação entre a dinâmica interna e externa atuantes desde a sua formação há cerca de 4,6 bilhões de anos atrás. Sua estrutura é constituída por três camadas concêntricas (núcleo, manto e crosta) que diferem, uma das outras, tanto física como quimicamente (Figura 01).

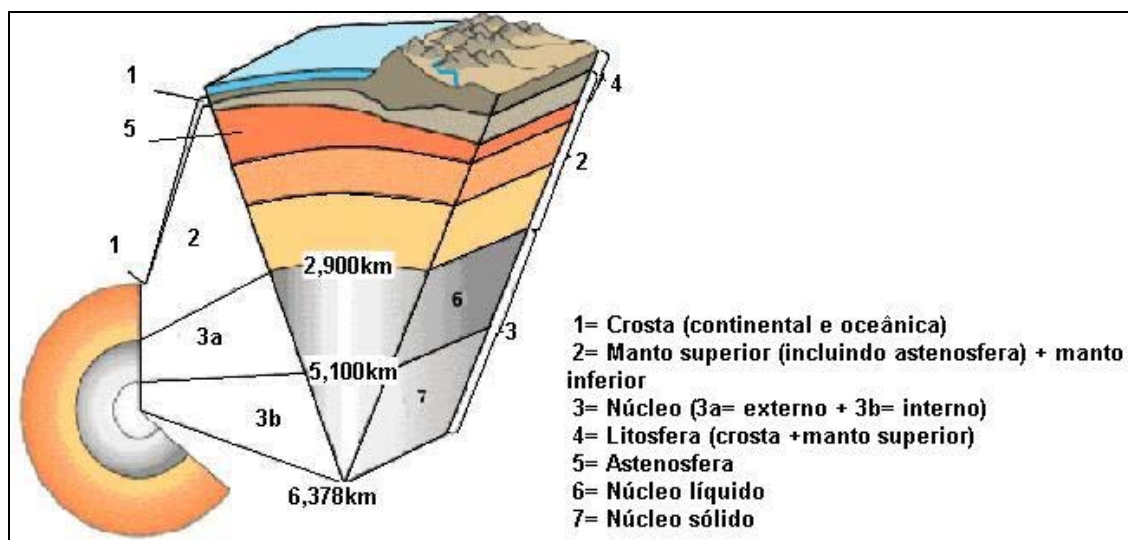


Figura 01. A estrutura da Terra, baseada principalmente nos conhecimentos da sismologia. Fonte: USGS, disponível em: http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Estrutura_da_Terra.

O **núcleo**, ocupa cerca de 16% do volume total da Terra e possui densidade aproximada de 10-13 gramas por centímetro cúbico. Apesar de está muito distante da superfície da Terra, o núcleo não escapa das investigações sismológicas. Assim foi possível dizer que ele é constituído, principalmente, de ferro e uma pequena quantidade de níquel.

Divide-se em: núcleo interno (1.300km de diâmetro), em estado sólido e núcleo externo (1.600km de espessura) aparentemente líquido. A interação entre essas duas massas de do núcleo é responsável pela geração do campo magnético da Terra.

O **manto**, circunda o núcleo e forma cerca de 83% do volume da Terra. Esta camada da Terra abrange profundidades que vão desde 40 até 2.900km, constituído por rochas de densidade intermediária, em sua maioria compostos de oxigênio com magnésio, ferro e silício. É menos denso que o núcleo e pode ser dividido (de acordo com suas características físicas) em três zonas: a zona inferior do manto (manto inferior ou manto interno) abrange a maior parte do

volume do interior da Terra. Está situado abaixo de 1.000km de profundidade, tem densidade aproximada de 4,7, e temperatura entre 1.000 e 3.000° C.

Apesar das altas temperaturas também é sólido em função das altas pressões; a astenosfera (circunda o manto inferior) com a mesma composição do manto inferior, porém, apresenta comportamento plástico; a zona superior do manto (manto superior ou manto externo) envolve parte da astenosfera e juntamente com a crosta constituem a litosfera. Tem densidade em torno de 3,4 e é o principal fornecedor de magma (material rochoso em fusão originada em profundidades crustais e mantélicas, que ascendem na crosta terrestre e que, ao resfriar, se solidifica como rocha magmática) para a formação da crosta.

A **crosta da Terra** (parte superior da Litosfera) consiste numa camada fina externa (espessura variável de 5-80 km) constituída de materiais que formam as rochas magmáticas e por rochas delas decorrentes (sedimentares e metamórficas).

A maioria dos elementos que a compõem são o silício, alumínio, ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio, combinados com oxigênio. Dois tipos principais de crosta são assim denominados: crosta continental (30-80km), menos densa, mais antiga e complexa, formada por rochas graníticas e basálticas; e crosta oceânica (5-15km), mais densa e mais jovem, normalmente formadas por rochas basálticas (Figura 02).

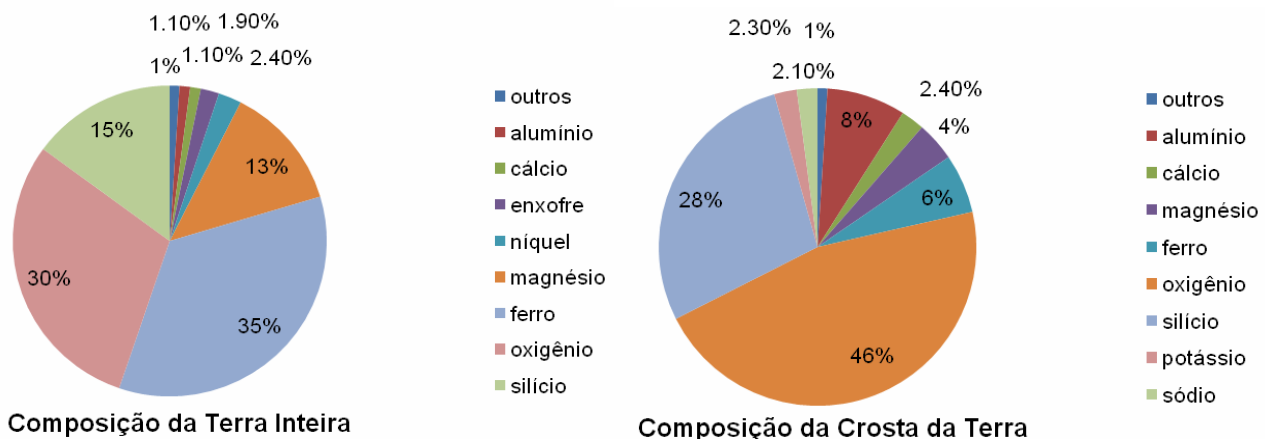


Figura 02. Abundância relativa dos elementos da Terra inteira comparado com a dos elementos da crosta (percentuais em peso). Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

2. COMPORTAMENTO DAS ONDAS SÍSMICAS

Os terremotos são fenômenos que mostram, sem deixar dúvidas, que a Terra é um planeta dinâmico. Eles consistem em vibrações ou tremores sentidos na superfície da Terra, gerados pela energia interna da Terra, devido aos movimentos entre placas tectônicas. (Figura 03).

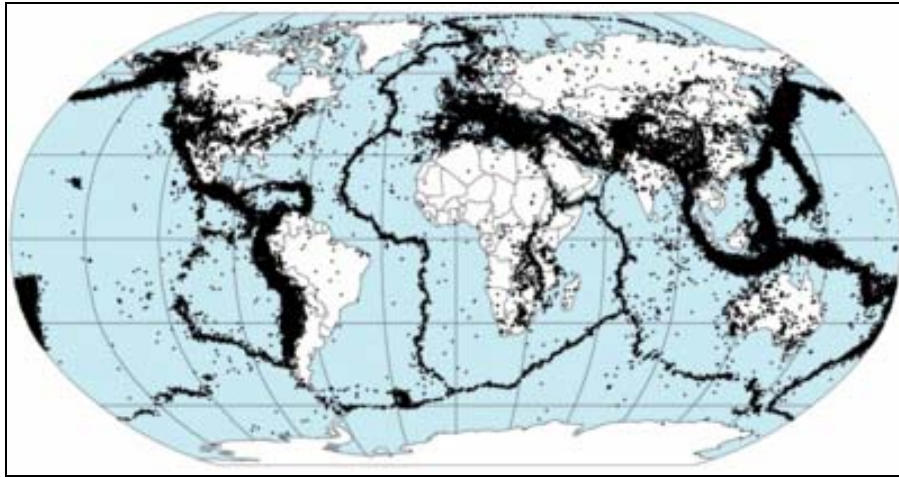


Figura 03 – Figura mostrando epicentros de terremotos ocorridos entre 1963 e 1998. Observar que a maior ocorrência de sismos está relacionada às margens tectônicas do planeta. Fonte: http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Imagem:Quake_epicenters_1963-98_notitle.png

A maioria dos sismos naturais são também conhecidos como sismos tectônicos, que podem ser registrados por meio de aparelhos denominados sismógrafos. A escala Richter (criada por Charles Francis Richter) é a mais utilizada para medir a força de intensidade dos sismos, que podem variar de 0 a 9 graus.

O movimento entre placas tectônicas (margens divergentes, convergentes ou transformantes) causa alterações nas rochas até que estas atinjam o seu ponto de elasticidade, quando começam a se romper e liberar a energia acumulada. Esta energia é representada pelas ondas sísmicas que percorrem o interior da terra chegando até a superfície.

Os *tsunamis* são resultantes de terremotos que ocorrem sob os oceanos (Figura 04).

Neste caso são geradas ondas marítimas gigantes, que podem inundar costas e gerar grandes prejuízos ao homem. Podem deslocar-se no oceano com velocidade de até 800 km/h e gerar ondas gigantes de até 20m.

Os tsunamis são praticamente imperceptíveis no meio do mar. Porém em águas rasas próximo às costas, as ondas tornam-se íngremes até se tornarem destrutivamente enormes.

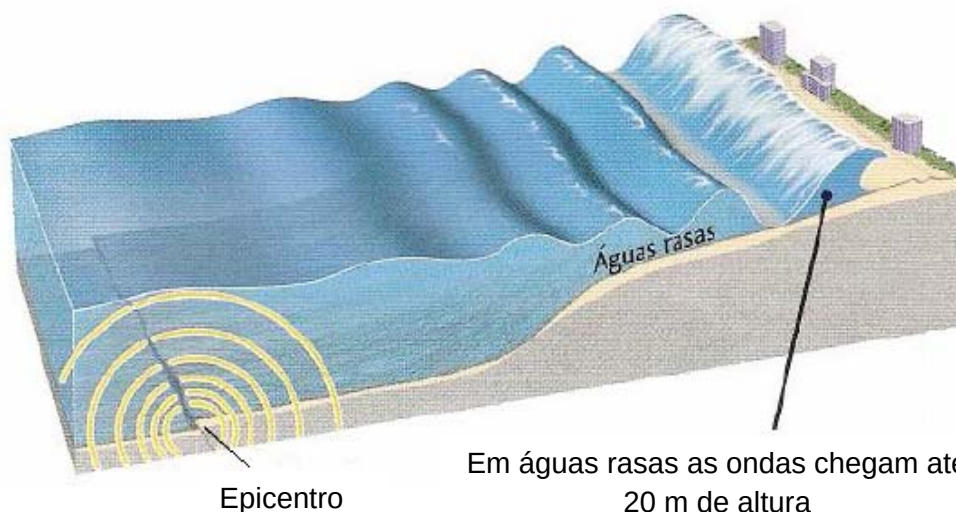


Figura 04 – Um tsunâmi produz ondas gigantes geradas por terremotos no assoalho oceânico. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

Em 2004, ocorreu o maior terremoto do mundo (com magnitude de 9,0 graus) desde 1964 (na costa do Norte de Sumatra, Indonésia) (Figura 05).



Figura 05 – Localização do epicentro do terremoto de 2004, na costa da Indonésia. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Terremoto do Oceano Índico 2004 - Países Afetados.png>.

O terremoto ocorreu entre as placas Indo-Australiana e Euroasiana, e, em seguida, gerou um tsunâmi que se propagou por todo o Oceano Índico, afetou áreas costeiras da Indonésia, Malásia, Tailândia, Myanmar, Bangladesh, Índia, Sri Lanka e Maldivas, chegando também a atingir a costa leste da África (Somália e Quênia). As ondas chegaram a até 12 metros causando cerca de 300 mil mortos

Mesmo sendo o interior da Terra inacessível à observação direta (devido às limitações tecnológicas de enfrentar as altas pressões e temperaturas), a partir do estudo das ondas sísmicas, é possível se ter uma idéia de sua estrutura interna e composição. Foi a partir do estudo e análise de milhares de terremotos e da propagação das ondas sísmicas que pôde-se deduzir a estrutura principal da Terra, e propriedades de suas camadas.

As ondas sísmicas são vibrações que se propagam através dos corpos por meio de ondas. A sua propagação depende das características físico-químicas dos corpos atravessados. Quando uma onda sísmica se propaga de um material para outro, de densidade e elasticidade diferentes, sua velocidade e direção de propagação mudam. (Figura 06).

:: FIQUE LIGADO!! ::



Que a Sismologia é a parte da geologia e da geofísica que se dedica a estudar e prever os terremotos e as ondas sísmicas artificiais e, associadamente, determinar a estrutura da Terra? Acesse o *Glossário Geológico Ilustrado*, disponível em: <http://e-groups.unb.br/ig/glossario/index.html>. Aprenda muita mais sobre esse e outros assuntos vistos até aqui!

As ondas sísmicas podem ser classificadas como internas e superficiais.

As **ondas internas** são assim chamadas por se propagarem através dos corpos sólidos da Terra, ao contrário das ondas de superfície que se propagam ao longo da superfície terrestre (Figura 06).

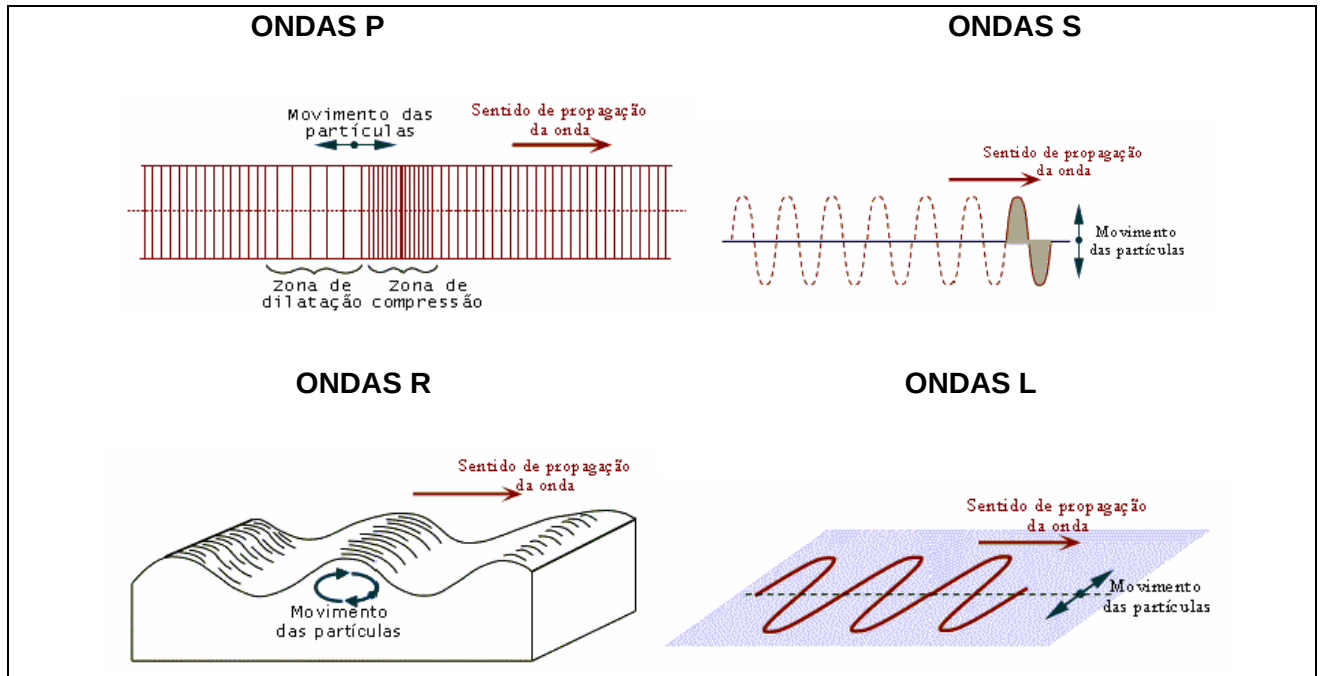


Figura 06. Ondas internas P =nesta o material atravessado se expande e se comprime e retorna a sua forma e tamanho original; Ondas internas S =Correspondem a deformações tangenciais; Ondas superficiais R =são de período longos e produzem movimentos elípticos; Ondas superficiais L = produzem movimentos de vibração lateral. Fonte: “Terra Planeta Vivo”. Fonte: Modificado de Domingos, Luís. em: http://domingos.home.sapo.pt/sismos_2.html.

Os terremotos geram dois tipos de ondas internas: as ondas primárias, longitudinais, de compressão, ou simplesmente ondas P, e as ondas secundárias, transversais, de cisalhamento ou simplesmente ondas S. As ondas P são mais rápidas e podem se propagar através de sólidos, líquidos e gases. As ondas S são um pouco mais lenta que a P e podem se propagar apenas através de sólidos.

As **ondas de superfície** são assim chamadas por se propagarem ao longo da superfície terrestre (ou bem abaixo), são mais lentas que as ondas internas. Elas produzem, ao contrário das ondas internas, movimentos de balanço e podem ser de dois tipos: Ondas Rayleigh (ondas R), uma combinação de vibrações P e S, contidas no plano vertical; Ondas Love (ondas L), correspondente a superposição de ondas S com vibrações horizontais concêntricas nas camadas mais externas da Terra.

Os relatos de sismos em terras brasileiras têm aumentado significativamente. Os tremores verificados são causados por falhamentos existentes ou por reflexos de tremores em países vizinhos. Tais sismos são detectados devido à instalação de sismógrafos por empresas de energia elétrica. Leia mais sobre sismos no Brasil em:

<http://www.brasilecola.com/brasil/terremotos-no-brasil.htm>. (Figura 07).

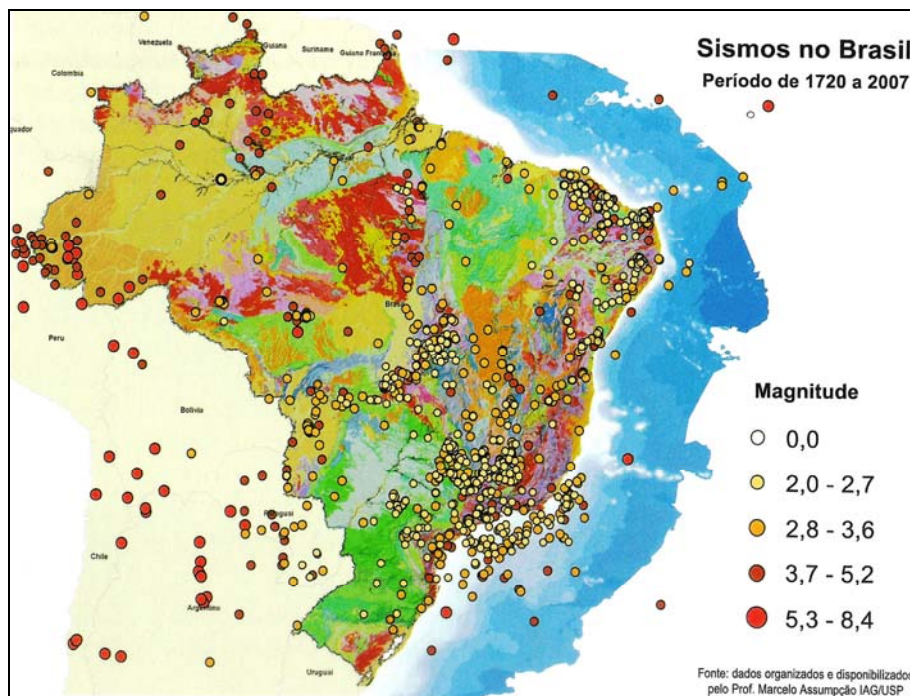


Figura 07. Registro de sismos no território brasileiro. Fonte: CPRM, 2008.

A combinação das áreas litorâneas, as semelhanças das sequências das rochas e cadeias de montanhas, as evidências glaciais e fósseis, levaram Wegener a acreditar na existência do Pangea. A hipótese da deriva continental levantada por Wegener em 1915, tornou-se parte da Teoria da Tectônica de Placas.

Numa escala global a Teoria da Tectônica de Placas fornece embasamento para interpretar e compreender a estrutura e os processos internos da Terra. Segundo essa teoria a litosfera é dividida em placas que se movimentam sobre a astenosfera, ora gerando, ora consumindo a litosfera (Figura 08).

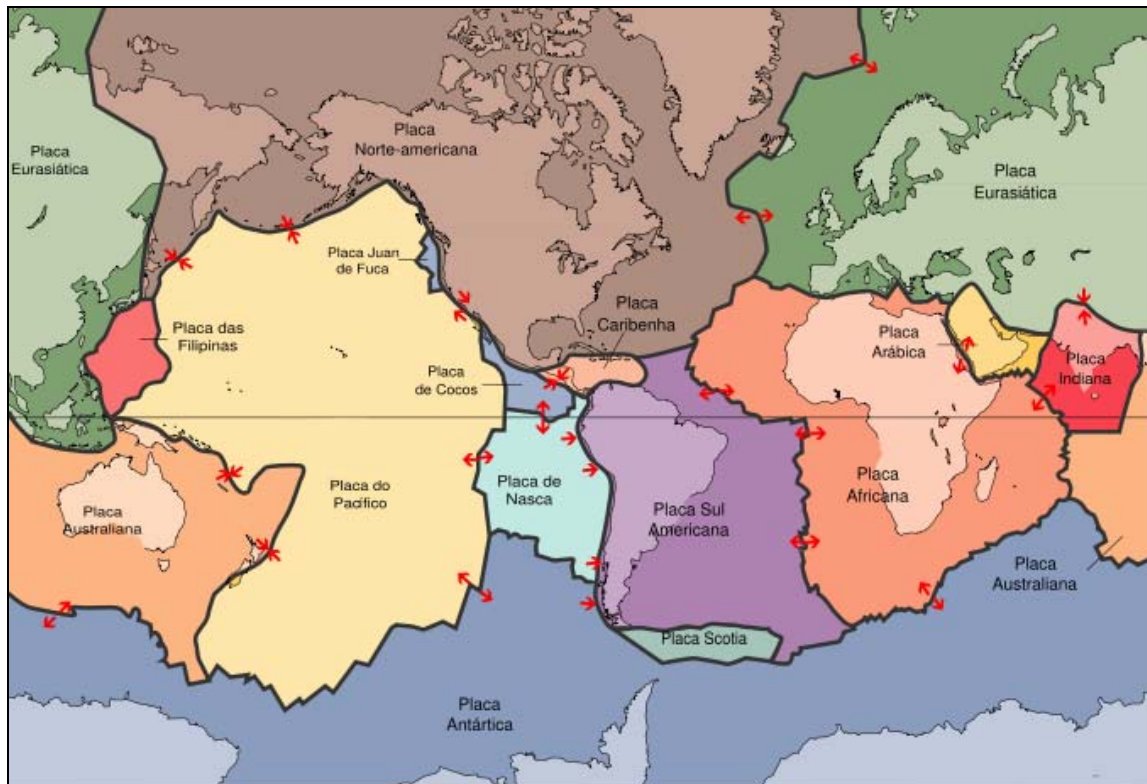


Figura 08. A superfície da Terra está fragmentada em sete placas tectônicas principais e mais doze de pequenas dimensões. Fonte: Instituto Nacional de Engenharia, tecnologia e Inovação (2007).
Fonte: http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/giao_tectonica_placas/texto.html.

3. TECTÔNICA DE PLACAS

Alfred Wegener, em seu livro “*A origem dos Continentes e dos Oceanos*” propôs pela primeira vez que os continentes se moviam, numa idéia que ficou conhecida como “Deriva Continental”. Sua teoria propunha a existência de uma única massa continental (um supercontinente) denominado por ele “Pangea” (do grego “*toda terra*”). Este autor retratou, em suas obras, mapas que mostram o rompimento deste supercontinente que começou a se dividir a 200 milhões de anos atrás, até a configuração dos seis continentes, como vemos hoje.

:: SAIBA MAIS... ::



“Cadeia Mesoceânica = Cadeia montanhosa mediana de origem vulcânica e sismicamente ativa, que se estende do norte ao sul dos oceanos Atlântico Sul, Índico e Pacífico Sul. De acordo com a teoria da Tectônica de Placas, as cadeias mesoceânicas representam locais de adição de novos materiais crustais, isto é, margens construtivas.” Fonte: Dicionário Geológico Geotrack Online. Disponível em: <http://www.geotrack.com.br/educacao.htm>

A Teoria da Tectônica de Placas descreve o movimento das placas e as forças atuantes entre elas, e explica principalmente a distribuição de muitas feições, oriundas dos movimentos ao longo dos limites tectônicos, como por exemplo, as cadeias de montanhas, os vulcões e terremotos, entre outros.

De acordo com a Teoria da Tectônica de Placas, a litosfera está fragmentada em um mosaico composto por doze grandes placas rígidas que se movem sobre a astenosfera. Muitas feições geológicas desenvolveram-se por meio da interação dessas placas em seus três tipos de limites ou margens: Divergentes; Convergentes e Transformantes.

Limites Divergentes (a área da placa aumenta) – neste tipo o magma ascende da astenosfera à superfície, rompendo uma placa preexistente. São tipicamente marcados por atividade vulcânica e terremotos.

Ocorrem onde as placas estão se separando e uma nova crosta oceânica/continental está se formando. Na crosta oceânica dão origem as cadeias mesoceânicas (Figuras 09 e 10) (dorsais mesoceânicas) as quais caracterizam centros de expansão, exibindo vulcanismo ativo.



Figura 09: Imagem mostrando a localização das Dorsais Mesoceânicas. Fonte: <http://www.geomundo.com.br/meio-ambiente-40107.htm>.

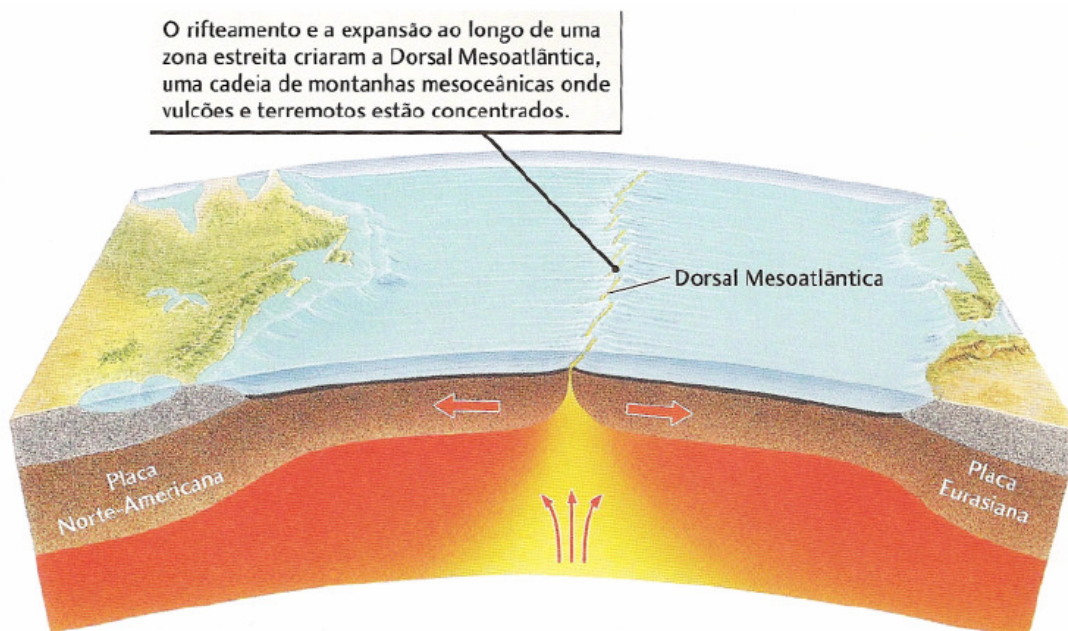


Figura 10: Exemplo do resultado da movimentação entre placas criando uma nova crosta oceânica. Fonte: Modificado de Press *et al.* (2006).

A dorsal mesoatlântica é um exemplo da expansão do assoalho oceânico à medida que as placas Norte-Americana e Eurasiana separam-se. (Figura 11).

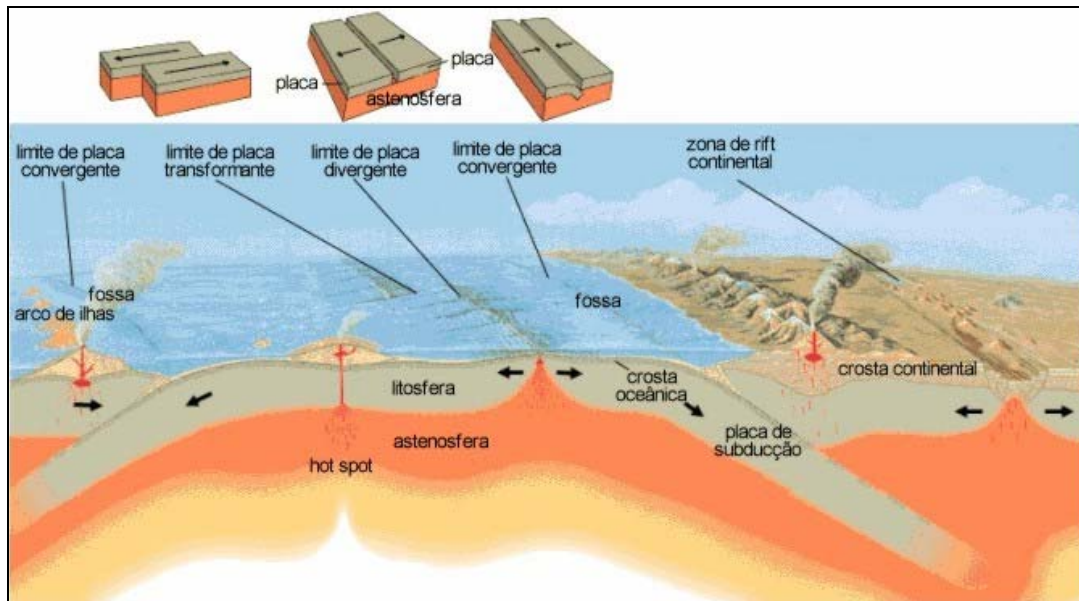


Figura 11. Esquema mostrando as diferentes situações de choques entre placas tectônicas. Fonte: Modificado de <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/Vigil.html>.

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



Acesse o endereço <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Rifte> e veja uma ilustração do *rift* africano resultante da separação da África Oriental do resto do continente. Em seguida pesquise e aprenda mais sobre o tipo de limite placa divergente.

Limites Convergentes (a área da placa diminui) – os limites convergentes são os mais complexos observados na tectônica de placas. Neste tipo as placas tectônicas colidem com a mais densa mergulhando sob a outra. Nestes limites ocorrem fossas e vulcões. São reconhecidos três tipos de limites convergentes: limites oceânico-oceânico, oceânico-continental e continental-continental. (Figura 11).

- **Limite oceânico-oceânico:** ocorre quando duas placas oceânicas convergem em zonas de subducção. Um placa é subductada sob a outra. A crosta oceânica que está em subducção afunda na astenosfera. Esse encurvamento para baixo produz uma longa e estreita fossa de mar profundo. (Figura 13). (Exemplo: Fossas Marianas com profundidade cerca de 10 km, no Oeste do Pacífico). As ilhas Aleutas, as ilhas japonesas e filipinas são exemplos de ilhas vulcânicas formadas a partir do movimento entre placas convergentes (oceânica-oceânica);

- **Limite oceânico-continental:** ocorre quando a crosta oceânica mais densa é subductada sob a crosta continental. Quando isso acontece uma cadeia de montanha vulcânica é formada sobre a placa continental, como resultado do magma que se eleva.
- **Limite continental-continental:** ocorre quando uma cadeia de montanha interior é formada. O Himalaia (Figura 14) é um exemplo deste tipo de movimento entre placas e consiste no sistema de montanhas mais alto do mundo. Resultante da colisão entre a Índia e Ásia.

:: FIQUE LIGADO!! ::



Que as placas cobrem todo o globo, de modo que se elas se separam (divergem) em certo lugar, deverão convergir, em outro, conservando, assim, a área da superfície da Terra? E que a costa oeste da América do Sul, onde a Placa Sul-Americana colide com a placa de Nazca, de natureza oceânica, é uma zona de subducção tipo convergentes (oceânico-continental)?

Limites Transformantes (a área da placa permanece constante) – ocorrem ao longo de fraturas no assoalho oceânico (falhas transformantes). Neste tipo as placas deslizam lateralmente uma em relação à outra, sem gerar destruição e sem gerar crostas. No entanto, esse movimento gera zonas de rochas estilhaçadas e terremotos de fraca intensidade. (Figura 11 e 12).

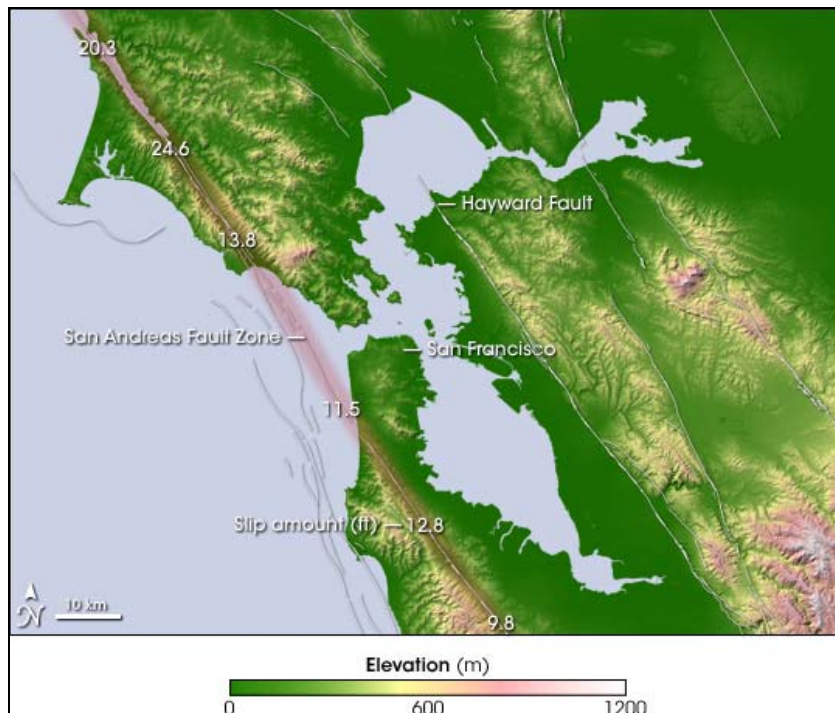


Figura 12: A falha de San Andreas (Califórnia) marca um limite transformante entre as placas do Pacífico e Norte-Americana. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Sfbay_srt_1906108.jpg

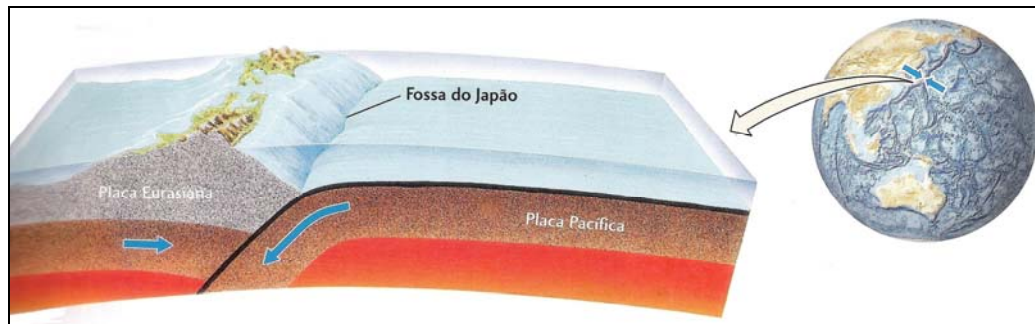


Figura 13: Formação de uma fossa profunda e um arco de ilha vulcânico num limite de placa do tipo convergente (oceânico-oceânico). Fonte: Modificado de Press et al (2006).



Figura 14: A Cordilheira do Himalaia.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Himalayas_86.15103E_31.99726N.jpg

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



Busque na internet ilustrações que representem um exemplo geográfico de cada tipo de limite de placa estudado. Pesquise também sobre o que acontece quando dois continentes colidem num limite do tipo convergente? Dê exemplos.

4. ESTRUTURA DAS ROCHAS

Vimos até aqui que a Terra é um planeta dinâmico e que vivemos sobre placas tectônicas ou litosféricas que se movem de maneira lenta e continuamente. Veremos agora que tal dinâmica gera as principais estruturas geológicas, decorrentes dos processos deformacionais.

Chamamos de Estrutura Geológica, qualquer feição que resulte da deformação de rochas. Durante a deformação (termo geral abrangendo todas as alterações de forma e volume, ou ambos, apresentados pelas rochas) as rochas podem se dobrar e/ou fraturar. Os dobramentos

e os falhamentos são as formações deformacionais mais comuns em rochas sedimentares, metamórficas e ígneas.

O estudo da estrutura das rochas de uma determinada área é muito importante, uma vez que, tais estruturas são responsáveis pelo armazenamento de petróleo, gás, água, minérios etc. As forças tectônicas que deformam e geram estruturas nas rochas, podem ser de três tipos (Figura 15).

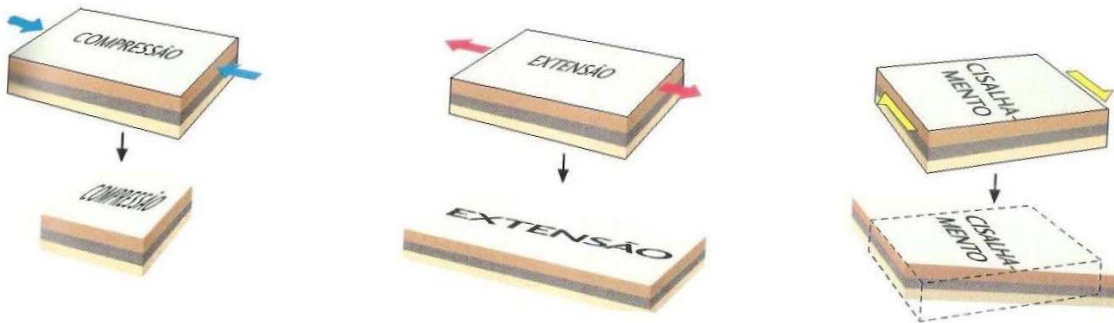


Figura 15 – Possíveis tipos de deformações resultantes das forças tectônicas atuantes na Terra. Modificado de Press et al. (2006).

(1) **Compressão ou Forças Compressivas (placas convergentes)** – são forças que apertam e encurtam o corpo. As rochas são comprimidas umas contra as outras. (Figura 16).

(2) **Tensão ou Forças Extensionais (placas divergentes)** – são forças que alongam um corpo e tendem a segmentá-lo. Neste tipo as rochas são estiradas, alongadas, ou separadas pelo rompimento;

(3) **Pressão ou Força de Cisalhamento (placas transformantes)** – são forças que agem empurrando cada um dos dois lados de um corpo em direções opostas.

Os principais tipos de deformação tectônica sofridas pelas rochas são as dobras e as falhas.

:: FIQUE LIGADO!! ::



Muitos dos cinturões de montanhas são uma série de grandes dobras e falhas, ou ambas, que foram meteorizadas (intemperizadas) e erodidas.

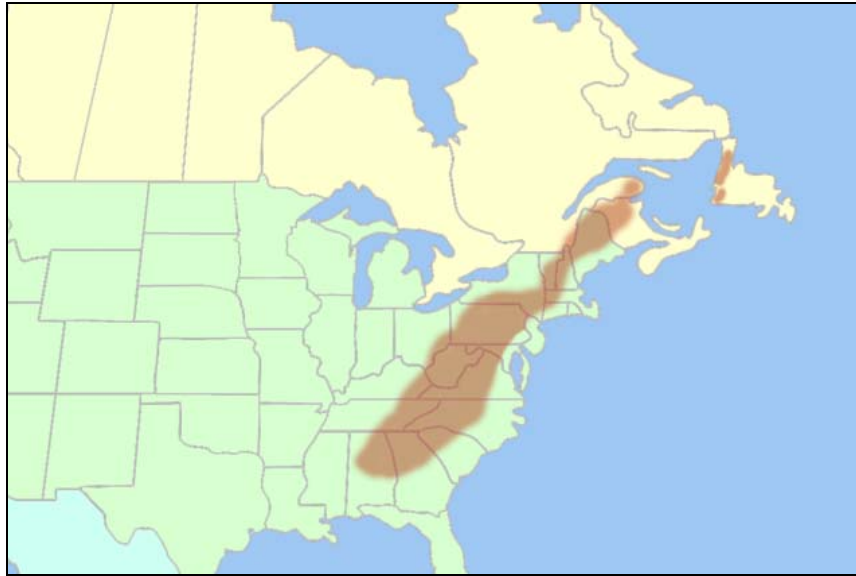


Figura 16: Mapa da região da Montanha dos Apalaches resultantes das forças de compressão geradas ao longo dos limites convergentes de placa e fornecem armadilhas estruturais necessárias ao acúmulo de petróleo. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:AppalachianLocatorMap2.png>.

4.1. DOBRAS

As dobras são feições deformacionais geradas por compressão das placas tectônicas. São estruturas oriundas da deformação plástica/dúctil (a ductibilidade é uma propriedade física dos materiais de suportar uma deformação, sem se romper ou fraturar) de estratos rochosos que foram depositados originalmente na horizontal.

As rochas podem dobrar-se de várias maneiras (Figura 17).

- Monoclinais - são inflexões simples, em camadas de rochas horizontais com mergulho uniforme.
- Dobras Anticlinais (dobras convexas) - rochas que foram dobradas em arco, com a concavidade para baixo. Tem camadas mais antigas situadas em seu núcleo.
- Dobras Sinclinais (dobras côncavas) - rochas que foram dobradas em arco, com a concavidade para cima. As camadas mais jovens estão situadas em seu núcleo.



Figura 17 – Tipos de dobras gerados pelas forças deformacionais. Modificado de Press et al (2006).

As dobras são constituídas pelas seguintes partes:

- **Flancos:** são os dois lados de uma dobra.
- **Eixo:** é a linha que se encontra ao redor da dobra, pode ser horizontal, inclinada ou vertical.
- **Plano axial:** é a superfície que divide a dobra em duas partes semelhantes.
- **Crista:** é a linha que resulta da ligação dos pontos mais elevados de uma dobra.
- **Plano da crista:** superfície formada pelo conjunto das cristas de um pacote de camada.

No mundo todo, várias cadeias de montanhas se formaram em decorrência dos dobramentos, das quais podemos citar: a cordilheira do Himalaia (Figura 14) na Ásia; os Alpes, na Europa e a cordilheira dos Andes (Figura 18), na América do Sul.

4.2. FALHAS

São tipos de fraturas resultantes de deformações rúpteis (quando ocorre quebra e descontinuidade) nas rochas da Terra. A condição para que a falha exista é a ocorrência de uma deformação litosférica onde o deslocamento tenha se dado ao longo da superfície. Se este deslocamento ocorrer perpendicular à superfície tem-se então uma fratura.

Os principais elementos de uma falha são (Figura 19).

- Capa ou Teto (bloco superior): correspondente ao bloco situado acima do plano de falha;
- Lapa ou Muro (bloco inferior): correspondente ao bloco situado abaixo do plano de falha;

As falhas podem ser classificadas de acordo com o movimento relativo em:

- Falhas Normais (ou de gravidade): são aquelas produzidas pela compressão vertical (e, portanto, por forças de extensão entre os blocos) causada devido à expansão da crosta terrestre. Exemplos: Mar Morto, Mar Vermelho e Lago Vitória (África).

- Falhas Reversas (ou de empurrão): são aquelas que resultam das forças compressoras horizontais causadas pela contração da crosta terrestre, ou por encolhimento.

- Falhas Transcorrentes (transformantes): são fraturas ao longo das quais ocorrer um deslocamento relativo à medida que o deslizamento horizontal acontece entre blocos adjacentes. São tipicamente encontradas ao longo de dorsais-mesoceânicas. Exemplo: Falha de San Andreas (Figura 12).



Figura 18 – Localização da Cordilheira dos Andes.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:%C3%81rea_Cultural_Andina.png.

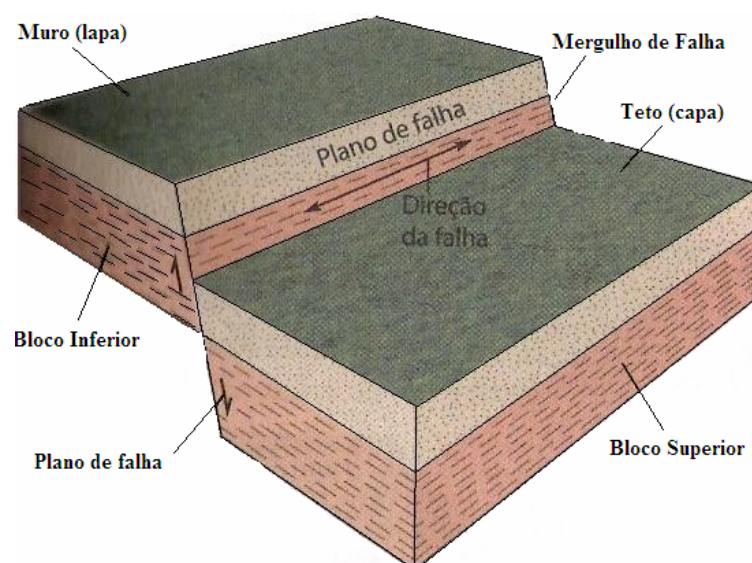


Figura 19 – Principais elementos de uma falha. Modificado de Wicander et al. (2009).

5. EVOLUÇÃO DA TERRA E DA VIDA

Iremos investigar agora como é datada uma rocha ou um evento geológico. E ainda, entender como foi criada a escala do tempo geológico (aplicável em qualquer lugar do mundo). Enfim, vamos descobrir qual a importância de se estudar e reconstruir os eventos que moldaram a história do nosso planeta.

5.1. DATAÇÕES

Para os geólogos dois tipos de datação são utilizados para definir o tempo geológico: a datação relativa e a absoluta.

A Datação Relativa nos dirá há quanto tempo um evento ocorreu, colocando-os numa ordem seqüencial. Ela não nos fornecerá datas específicas para unidades rochosas ou eventos anteriores à data atual, como na Datação Absoluta.

Seis princípios são usados na datação relativa, são eles:

- o Princípio da Superposição: diz que numa sequência não perturbada tectonicamente, cada camada de rocha sedimentar é mais nova que aquela sotoposta e mais antiga que a que está sobreposta;

- o Princípio da Horizontalidade: estabelece que os sedimentos são depositados como camadas geralmente horizontais. Portanto, uma camada de rocha sedimentar inclinada prediz que a mesma ter-se-ia inclinado após a sua deposição e litificação;

- o Princípio da Continuidade Lateral: afirma que uma camada de sedimentos se estende lateralmente em várias direções até que se afina, se contrai ou termina contra as margens da bacia deposicional;

- o Princípio das Relações Transversais: estabelece que uma intrusão ígnea ou falha deve ser mais nova do que as rochas por ela invadidas ou deslocadas;

- o Princípio das Inclusões: sustenta que inclusões ou fragmentos de uma rocha posicionada em outra camada rochosa são mais velhos que essa camada rochosa;

- o Princípio da Sucessão Fóssil: estabelece que os fósseis dos estratos basais de uma sequência são mais velhos do que aqueles dos estratos do topo da sequência.

:: SAIBA MAIS... ::



James Hutton (1726-1797), considerado o fundador da geologia moderna, fazendo observações diretas de campo dos fenômenos atuais deduziu que as mesmas leis físicas atuais que os condicionam teriam sido as mesmas que atuaram no passado. Surgiu o Princípio do Uniformitarismo: “*o presente é a chave da interpretação do passado*”.

A Datação Absoluta fornece datas específicas para eventos e unidades rochosas através dos seguintes métodos:

- Datação Radiométrica (ou Isotópica): esse método consiste em usar elementos radioativos naturais para determinar as idades das rochas;
- Datação Carbono¹⁴: é o método mais adequado para medir idades do passado geológico relativamente recente. É especialmente importante para datar artefatos arqueológicos de origem biológica como ossos, tecidos, madeira, conchas, e outras matérias orgânicas.

5.2. ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO

A história da Terra e da Vida é resumidamente contada através da escala do tempo geológico que é resultante da união de informações fragmentadas de numerosas exposições de rochas e restos de animais e vegetais fósseis (Figuras 20 e 21).

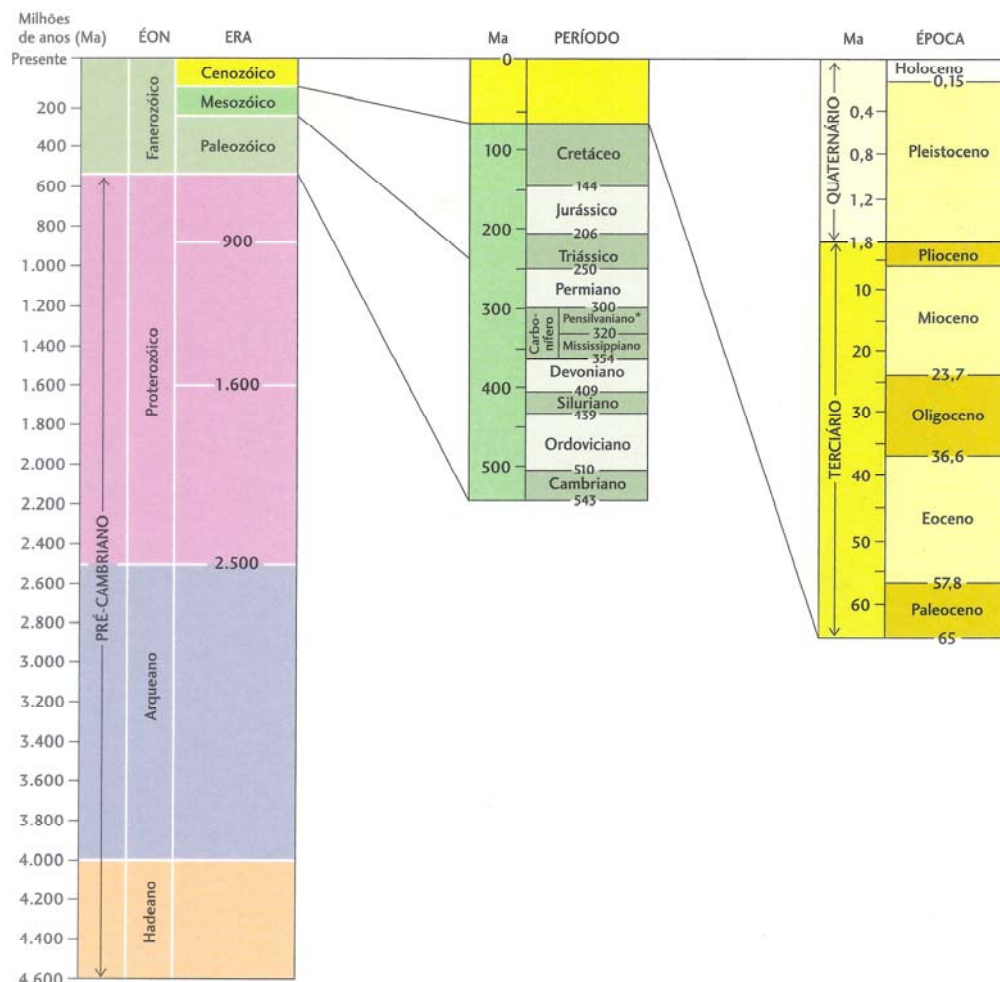


Figura 20: Escala do Tempo Geológico. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

A partir dos métodos de datação foi possível atribuir idades absolutas para os eventos geológicos e representá-los através das subdivisões da escala do tempo geológico em anos. Sendo assim, os 4,6 bilhões de anos do nosso Planeta foram divididos em quatro unidades principais de tempo: **Éons, Eras, Períodos e Épocas**.

Um éon é a principal subdivisão da escala do tempo geológico. Para contar a história da evolução da Terra e da Vida, os geólogos dividiram o tempo geológico em dois éons: Pré-Cambriano e Fanerozóico.

O Pré-Cambriano: abrange mais do que 88% de todo o tempo geológico. Representa os primeiros 4 bilhões de anos da história da Terra. Atualmente é subdividida em dois éons: Arqueano (4,0 a 2,5 bi de anos atrás) e Proterozóico (2,5 bi a 543 milhões de anos atrás).

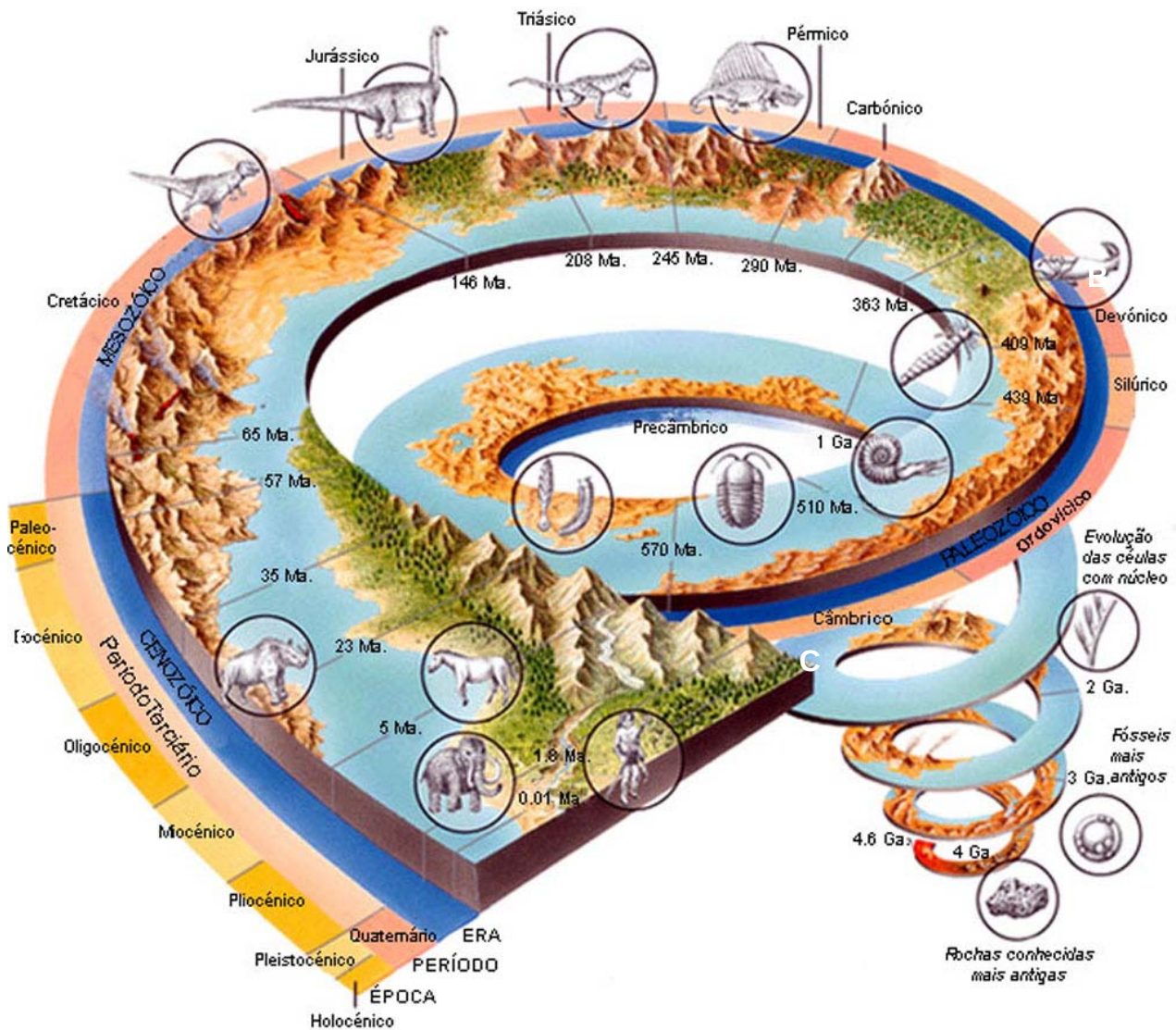
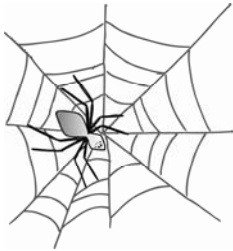


Figura 21: Espiral da evolução da vida na Terra. Fonte: <http://fossil.uc.pt/pags/escala.dwt>.

Arqueano (do grego *archaios* "antigo"): abrange as mais antigas rochas conhecidas. Durante o Arqueano formaram-se os núcleos da maioria dos continentes. Os fósseis de organismos unicelulares primitivos são encontrados em algumas rochas sedimentares; O intervalo de tempo que vai da origem da Terra (4,6 bilhões de anos atrás) até o início do Arqueano é conhecido como **Hadeano**.

- **Proterozóico** (do grego *próteros* “anterior” e *zoikós* “vida”): o oxigênio atmosférico só chegou aos níveis atuais no final do Proterozóico e pode ter promovido formas de vida unicelulares a evoluírem para algas e animais multicelulares, os quais estão preservados no registro fóssil do Proterozóico Tardio. Destaca-se nesse tempo a formação das principais massas terrestres e o surgimento dos primeiros organismos multicelulares (algas, fungos e invertebrados).

:: TA NA WEB!!! ::



Os fósseis são a chave para a compreensão da origem e evolução da vida. Leia mais sobre esse assunto e assista a uma animação do processo de fossilização em : <http://fossil.uc.pt/pags/formac.dwt>.

O Fanerozóico (do grego *phanerós* “visível” e *zóikos* “vida”): representa os últimos 543 milhões de anos da Terra. É o éon mais recente e mais bem estudado. As rochas desse éon contêm abundantes conchas e outros fósseis. É subdividido em três eras: Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica.

:: FIQUE LIGADO!! ::



Que com raras exceções as reservas de petróleo e gás formaram-se durante o éon Fanerozóico?

Até o início da Era Paleozóica existiam seis grandes áreas continentais na Terra: Báltica (incluindo Rússia, a oeste dos montes Urais e a maior parte do norte da Europa); China (incluindo China, Indoshina e Península Malaia); Gondwana (incluindo América do Sul, África, Antártica, Austrália, Flórida, Índia, Madagáscar, e parte do Oriente Médio e sul da Europa); Cazaquistânia; Laurentia e Sibéria.

- Era **Paleozóica** (“vida antiga”): corresponde a 50% do Éon Fanerozóico. Dois principais eventos biológicos marcam a história da vida, nesse momento. Primeiro, a grande fase evolutiva dos animais que ficou conhecida como a “explosão cambriana”, e a segunda a maior extinção da história da vida na Terra, onde cerca de 90 % das espécies marinhas foram extintas (Período Cambriano). Esse éon pode ser subdividido em seis períodos: Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero e Permiano.

- o Cambriano: é o mais antigo deles (545 milhões de anos atrás). Caracterizou-se pelo clima quente; surgimento dos primeiros vertebrados e peixes; e intenso domínio dos trilobitas. (Figura 22).

Existiam nesse período quatro massas continentais, entre eles o super continente “Gondwana” (incluía a maior parte das terras que consistem no Hemisfério Sul, na atualidade), além da Laurentia, Báltica e Sibéria. O oceano denominado Panthalassa cobria o Hemisfério Norte. A maioria das massas continentais desse período localizava-se próximas ao Equador.

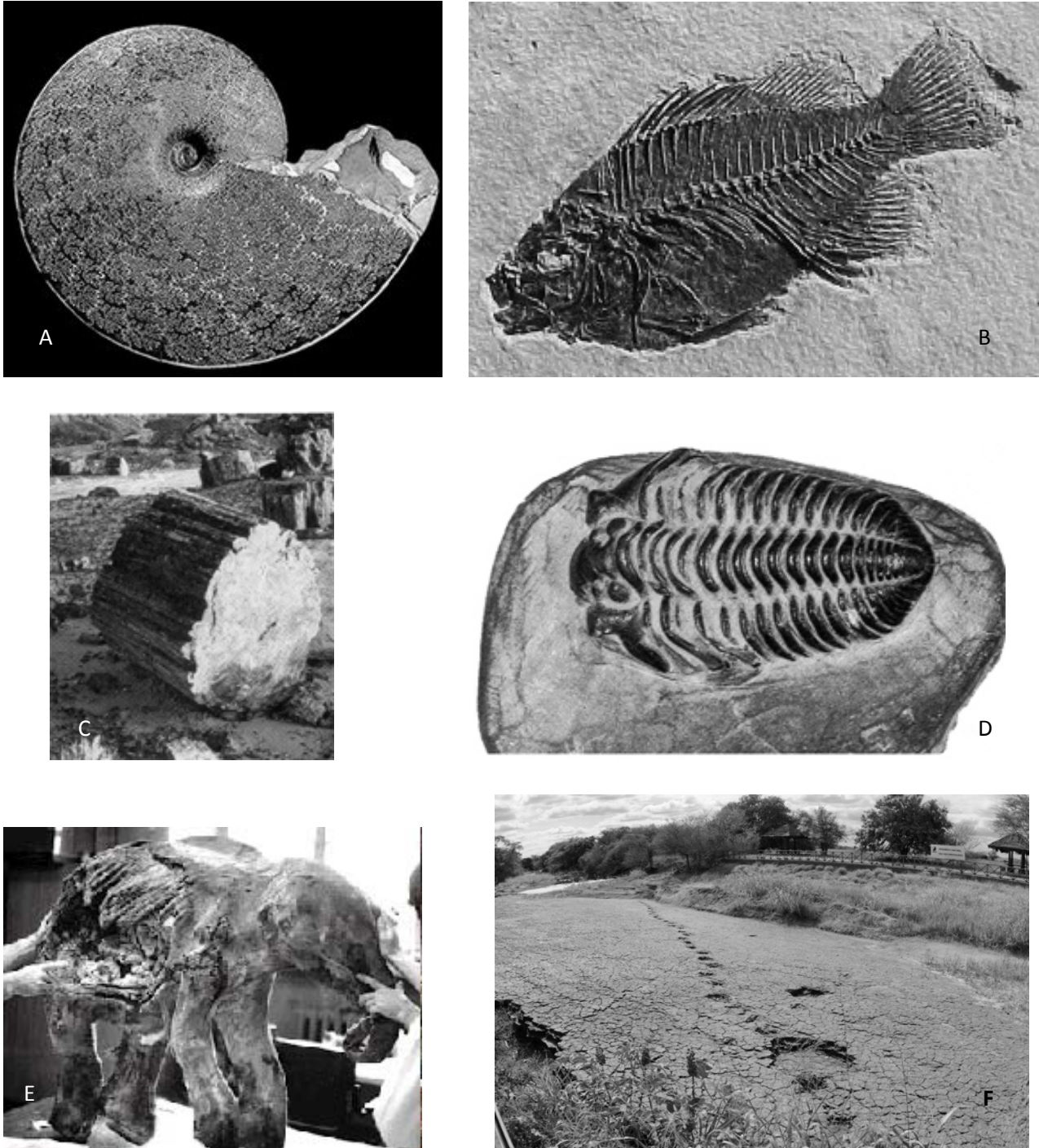


Figura 22: (A) Molusco extinto. Fonte: <http://www2.igc.usp.br/museu/fosseis.htm>. (B) Fóssil de peixe. Fonte: <http://www.brasilecola.com/geografia/os-fosseis.htm>. (C) Tronco fossilizado. (D) Trilobite Fossilizado. (E) Mamute. Fonte: <http://fossil.uc.pt/pags/formac.dwt>. (F) Pegadas fossilizadas em Sousa (PB). Fonte: <http://patrimoniode todos.gov.br/gerencias-regionais/spu-pb/pontos-turisticos-da-paraiba/pegadas-fossilizadas-vale-dos-dinossauros-sousa-pb/view>.

Nos períodos seguintes (durante Ordoviciano e Siluriano), o movimento das placas desempenhou um importante papel na configuração da geografia global.

o Ordoviciano (aproximadamente 505 milhões de anos atrás). Caracterizou-se pelo aquecimento da Terra; surgimento das primeiras plantas terrestres; variedade de grandes invertebrados; surgimento dos peixes ágnatos (no final do período esse reino marinho sofreu extinção em massa); aumento dramático da fauna conchífera. (Figura 22).

Neste período o Gondwana moveu-se em direção ao sul (juntamente com os atuais continentes de Antártica, América do Sul e África do Sul, Austrália, América do Norte, partes de China e Europa), contudo ainda estavam unidos na região do Equador. No final do período o Gondwana se estabeleceu no pólo sul e formaram-se grandes geleiras, o que é atribuído às extinções maciças de espécies de invertebrados marinhos.

o Siluriano (438 milhões de anos atrás). Caracterizou-se pela grande diversidade de plantas terrestres; abundância de euriptérios; aparecimento dos primeiros artrópodes terrestres e primeiros gnatostomados; os invertebrados marinhos tendem a se recuperar da grande extinção do período anterior a este.

o Devoniano (408 milhões de anos atrás). É conhecido como “Período dos Peixes”. Caracterizou-se pelo clima mais frio e aparecimento dos primeiros anfíbios; surgem nesse período as bacias de água doce; apogeu dos corais; as primeiras florestas; os primeiros insetos alados e a grande radiação de peixes; desaparecem muitos ágnatos e surgem os primeiros tetrápodes. No final do período, houve extinção em massa das comunidades de recifes maciços.

Neste período, houve formação de muitos depósitos de petróleo e gás; a Gondwana ainda era o maior dos continentes. Muitas partes da América do Norte, Europa, Ásia, se fundiram num segundo continente chamado Laurásia. Já havia indícios da formação da Pangéia.

o Carbonífero: Caracteriza-se pelo intenso desenvolvimento de vegetais; grande quantidade de carvão mineral (daí o nome do período); grandes glaciações no Gondwana; extinção dos peixes primitivos; proliferação dos animais terrestres (artrópodes e anfíbios); surgimento dos primeiros répteis e insetos.

Durante esse período geológico o sul do Gondwana moveu-se sobre o Pólo Sul. A formação da Pangéia foi concluída no período seguinte a este, no Permiano.

O período carbonífero pode ser subdividido em:

- Mississipiano (360 milhões de anos atrás), caracterizado pelo surgimento dos primeiros répteis e,
- Pensilvaniano (320 milhões de anos atrás), caracterizado por abundantes pântanos formadores de carvão mineral. Caracterizou-se pelo surgimento

de algumas regiões áridas, com aparecimento das montanhas; houve radiação de anfíbios e surgimento de novas linhagens de peixes.

o **Permiano**: período mais recente do Paleozóico (286 milhões de anos atrás). Clima mais frio no início e aquecimento progressivo; diversificação de répteis semelhantes à mamíferos; extinção de muitos anfíbios; proliferação de coníferas; já existiam nessa época os ancestrais dos mamíferos modernos. No final do período Permiano 95% da vida na terra foi extinta.

Há mais ou menos 260 milhões de anos atrás, os dois maiores continentes da época, Gondwana e Laurásia, se uniram formando um único continente chamado Pangéia. Um único grande oceano cercou toda a massa continental Pangéia e se chamava Oceano Pantalassa.

- Era **Mesozóica** (“vida intermediária”): A era Mesozóica é marcada pelo aparecimento e extinção dos dinossauros. Pode ser subdividida em três períodos: Triássico, Jurássico e Cretáceo. (Figura 23).

o **Triássico**: é o mais antigo dos períodos da Era Mesozóica (245 milhões de anos atrás). Caracteriza-se pelo clima quente, grandes desertos. Aparecimento dos primeiros mamíferos e primeiro dinossauros; aparecimento das primeiras Angiospermas.

Durante o Jurássico teve início a Deriva Continental. O Super Continente Pangéia começou a fragmentar-se, dividindo-se em dois grandes continentes: Gondwana (América do Sul, África, Madagascar, Índia, Antártica, Austrália) e Laurásia (América do Norte e Eurásia). Como fruto do distanciamento entre as terras dos dois novos continentes surge o “Mar de Tetys”.

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



O rompimento da Pagéia no Mesozóico afetou profundamente os eventos geológicos e biológicos da Terra. Pesquise como isso aconteceu.

o **Jurássico**: (208 milhões de anos atrás). Surgimento dos primeiros pássaros; grande diversidade de dinossauros (na terra, no ar e no mar); aparecimento dos mamíferos primitivos; radiação dos Amonites; proliferação de florestas; surgem as primeiras plantas com flores, as primeiras aves e mamíferos.

o **Cretáceo**: é o período mais recente do Mesozóico (144 milhões de anos atrás). Caracteriza-se pelo domínio das Angiospermas; pela diversificação de mamíferos; extinção de muitos répteis (dinossauros); o clima esfriou no final do período.

Continua no Cretáceo a tendência de separação dos continentes. No início do período a América do Sul estava ligada com a África, Antártica, Austrália, Madagascar e Índia. Já no meso-Cretáceo a África isola-se, já a América do Sul, a Antártica e a Austrália continuam unidas. No final do período a Antártica separa-se da Austrália. O rompimento final entre o Brasil e a África ocorre no Cretáceo Superior (Cenomaniano).

- Era **Cenozóica** (“vida recente”): Sabe-se mais sobre a história da Terra e da Vida Cenozóica do que sobre outras eras do tempo geológico. A era Cenozóica constitui somente 1,4% de todo o tempo geológico. As rochas dessa era estão na superfície ou perto dela e foram pouco alteradas. O seu acesso e interpretação são mais fáceis do que para rochas de eras anteriores. Ele pode ser subdividida em dois períodos: Terciário e Quaternário.

- o Terciário (subdividido em cinco épocas: Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno e Plioceno).

- Paleoceno – Uma importante irradiação adaptativa de mamíferos começou durante o Paleoceno. Os continentes continuavam a se mover em direção as suas posições atuais. A Índia se deslocava em direção à Ásia. Proliferaram-se as plantas com flores.
- Eoceno – surgem nessa época os primeiros mamíferos terrestres gigantes que assumiram o domínio da Terra. Formaram-se as cordilheiras dos Alpes e Himalaia.
- Oligoceno – os antropóides eram um grupo bem estabelecido. Tanto os macacos do Velho Mundo (África e Ásia) quanto do Novo Mundo (América Central e Sul) evoluíram durante essa época geológica.
- Mioceno – surgem as primeiras gramíneas. Desenvolvimento do “Macaco do velho Mundo”, ancestral dos Hominídeos.
- Plioceno – clima e vegetação semelhante a atual. Inicia-se o “Grande Intercâmbio Americano” pelo Istmo do Panamá, fato este que possibilitou a migração de várias espécies entre as Américas. A aproximação da África e Eurásia cria o Mar Mediterrâneo. Período de transição entre clima quente do Mioceno e frio do Pleistoceno. A fauna era idêntica a atual.

- o Quaternário (subdividido em duas épocas: Pleistoceno e Holoceno). Esta era foi marcada pelas Glaciações cíclicas; extinção dos grandes mamíferos e aparecimento da espécie humana (*Homo sapiens*); surgem as primeiras civilizações; após passar por vários estágios de separação de massas, ocorre o rompimento final do Pangea.

- Pleistoceno – no final do Pleistoceno quase todos os grandes mamíferos (*Mastodontes*, *Mamutes* etc.) terrestres da América do Norte, e do Sul e da Austrália estavam extintos. Surgiram os seres humanos na África. Grandes extensões de terra foram cobertas de gelo. A vegetação predominante era a tundra. A geografia da Terra era muito semelhante a atual passando por período de glaciação.
- Holoceno – inicia-se com o final do Pleistoceno há 12.000 anos atrás, com o fim da última glaciação da Idade do Gelo.

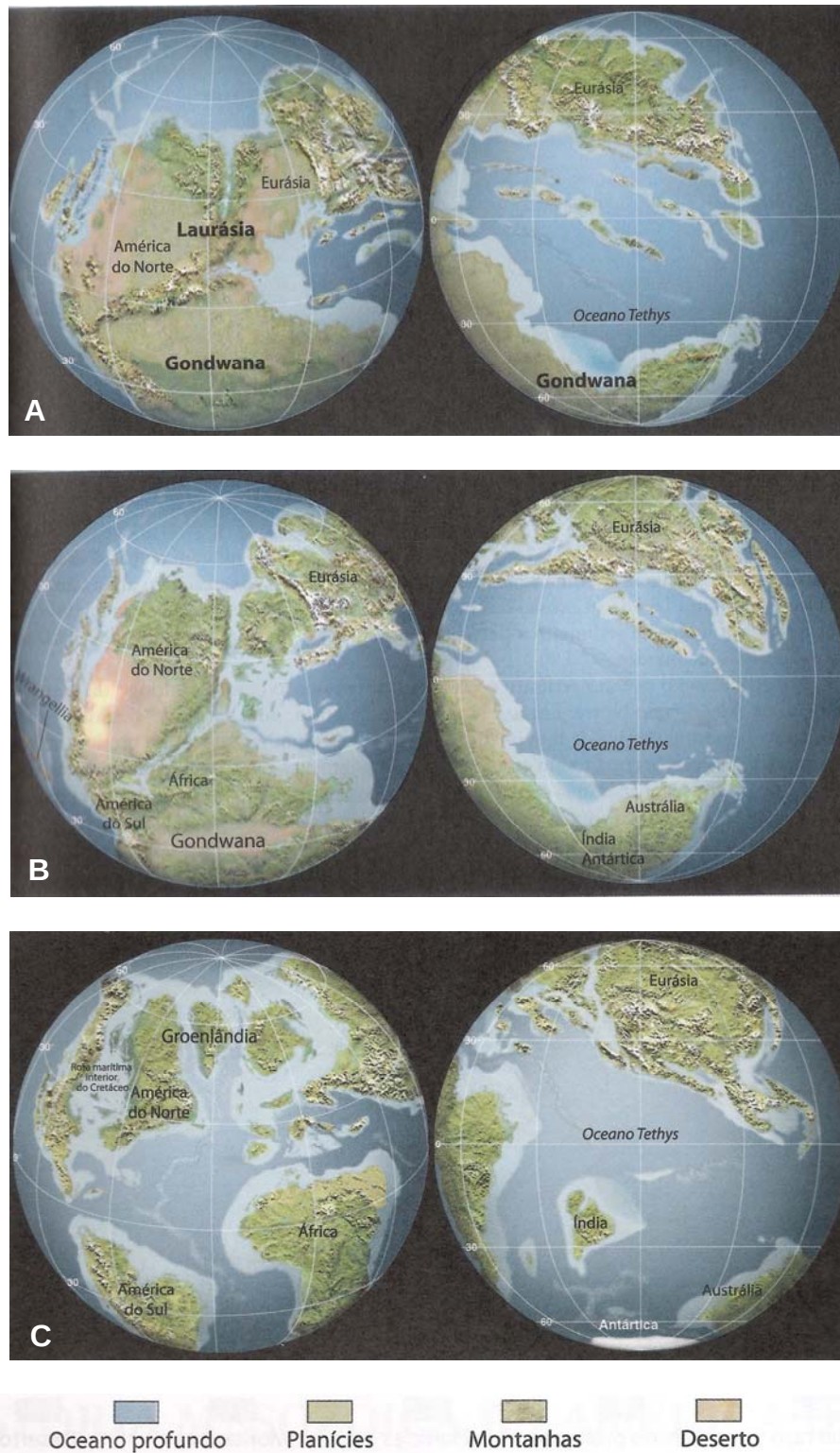


Figura 23 – Paleogeografia da Terra na Era Mesozóica. (A) Triássico. (B) Jurássico. (C) Cretácio.
 Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

REFERÊNCIAS

- CPRM. **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro. 264p., 2008.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. Ed. Bookman, Porto Alegre. 656p. 2008.
- WICANDER, R. MONROE, J.S. Revisão Técnica: Maurício Antônio Carneiro. **Fundamentos de Geologia**. Ed. CENCAGE, Learning, São Paulo. 508p. 2009.

SUGESTÕES DE LEITURAS

- CARVALHO, I. de S. (org.) **Paleontologia**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro. Interciência. 2004.
- GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Ed. Bertrand Brasil. 648p. 2009.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. Ed. Nacional. São Paulo. 399p. 1989.
- MACHADO, R. E SILVA, M.E. **Estruturas em Rochas**. In: Teixeira, W., Toledo, M.C.M. de, Fairchild, T. R. e Taioli, F. (orgs.) *Decifrando a Terra*. São Paulo:Oficina de Textos. P.399-420. 2000.
- McALESTER, A. L. **História Geológica da Vida**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher. 1971.
- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **Tectônica de Placas: a Teoria Unificadora**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.47-74.
- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **Dobras, Falhas e outros registros da deformação das rochas**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.271-310.
- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **O Registro das rochas e escala do tempo geológico**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.247-269.
- TASSINARI, C. **Tectônica Global**. In: Teixeira, W., Toledo, M.C.M. de, Fairchild, T. R. e Taioli, F. (orgs.) *Decifrando a Terra*. São Paulo:Oficina de Textos. P. 97-112. 2000.
- WICANDER, R. MONROE, J.S. (Revisão Técnica: Maurício Antônio Carneiro). **História da Terra**. Fundamentos de Geologia. Ed. CENCAGE, Learning, São Paulo. 2009. P.409-446.

SITES CONSULTADOS

- http://bcs.whfreeman.com/understandingearth/content/cat_090/blank.html
- <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:AppalachianLocatorMap2.png>
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:%C3%81rea_Cultural_Andina.png
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Himalayas_86.15103E_31.99726N.jpg
- <http://www.geomundo.com.br/meio-ambiente-40107.htm>
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Sfbay_srt_1906108.jpg
- http://e-geo.ineti.pt/edicoes_online/diversos/giao_tectonica_placas/texto.html
- http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Estrutura_da_Terra

UNIDADE 2

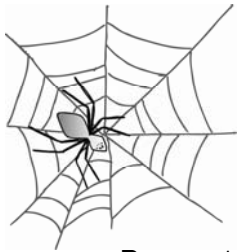
MINERAIS E ROCHAS

1. MINERAIS FORMADORES DAS ROCHAS

As rochas são produtos consolidados resultantes da união natural de minerais. Os minerais são elementos (compostos químicos) com propriedades físicas e químicas definidas. São numerosos e variados, mas somente poucos – algumas dezenas – são particularmente comuns.

A origem de um mineral está diretamente ligada aos compostos químicos e às condições de temperatura e pressão, predominante em seu ambiente de formação. Um fenômeno responsável pela origem de alguns minerais é o resfriamento do magma (lava) que atinge a superfície da Terra.

:: TA NA WEB!!! ::



Acesse a web no seguinte endereço (http://www.youtube.com/watch?v=8zmTP_8w6Qs) e assista ao vídeo produzido pela TV Escola sobre a formação dos minerais e rochas.

Para entender as origens das rochas são usados os conhecimentos sobre a composição e a estrutura dos minerais. No entanto, é necessário antes disso, conhecer os minerais a partir de suas propriedades físicas e químicas

Dentre as propriedades físicas (Figura 24) comumente estudadas para identificação de um mineral, destacam-se: **Dureza** (Figura 25), **Clivagem**, **Fratura**, **Brilho**, **Cor**, **Traço**, **Densidade** e **Hábito cristalino**.

Propriedades dos Minerais	Características
Dureza	Facilidade com que a sua superfície pode ser arranhada
Clivagem	Sua aptidão para se dividir ou quebrar ao longo de superfícies planares
Fratura	O modo como se quebram ao longo de superfícies irregulares
Brilho	O tipo de luz refletida
Cor	Conferida pela luz transmitida ou refletidas pelos cristais ou às massas irregulares ou ao seu traço
Traço	A cor do pó é mais característica que a do mineral maciço
Densidade	A massa por unidade de volume
Hábito cristalino	A forma dos cristais individuais ou de agregados

Figura 24 - Propriedades físicas dos minerais. Fonte: Reis (2010).

MINERAL	DUREZA
Diamante	10
Coríndon	9
Topázio	8
Quartzo	7
Ortoclásio	6
Apatita	5
Fluorita	4
Calcita	3
Gipsita	2
Talco	1

Figura 25 - Escala de Dureza de Mohs. Fonte: Modificado de Wicander, R et. al (2009).

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



Pesquise sobre a utilidade dos minerais e rochas para a humanidade.

Os principais minerais formadores das rochas (principais constituintes da maioria das rochas crustais) pertencem aos seguintes grupos (Figura 26 e 27).

- **Silicatos:** pertencem a esse grupo, os minerais mais abundantes da crosta terrestre, formados por Oxigênio e Silício.
- **Carbonatos:** são minerais constituídos de carbono e oxigênio, combinados com cálcio e magnésio.
- **Óxidos:** os minerais do grupo dos óxidos são compostos nos quais o oxigênio é ligado a átomos de outros elementos metálicos. Esse grupo de minerais tem grande importância econômica, pois inclui os minérios da maioria dos metais, usados na indústria.
- **Sulfetos:** são membros desse grupo os principais minérios como zinco, níquel e cobre. Muitos parecem metais e quase todos são opacos.
- **Sulfatos:** a gipsita (componente primária do gesso) é um dos minerais mais abundantes desse grupo.
- **Os outros grupos** (elementos nativos, halogenetos), não são tão comuns quanto os minerais formadores de rochas.

2. CICLO DAS ROCHAS

Uma rocha é um agregado natural de um ou mais minerais. Podendo ser classificadas, quanto ao seu modo de formação na natureza, em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas (Figura 28).

O que determina a aparência física de uma rocha é a sua variação na cor, no tamanho dos seus cristais ou grãos e nos tipos de minerais que as compõem.

A mineralogia (proporção relativa dos minerais constituintes de uma rocha) e a textura (indica os tamanhos e as formas dos cristais e o modo como estão unidos), além de outras propriedades, ajudam a determinar o aspecto de uma rocha e dependem de onde e como foi formada a rocha.

Grupos	Exemplos	Composição
Carbonatos	Calcita	CaCO_3
	Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Silicatos	Quartzo	SiO_2
	Feldspato potássico	KAISi_3O_8
	Olivina	$(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Elementos Nativos	Ouro	Au
	Prata	Ag
	Diamante	C
	Grafite	C
	Cobre Metálico	Cu
Óxidos	Hematita	Fe_2O_3
	Magnetita	Fe_3O_4
	Espinélio	MgAl_2O_4
Halogenetos	Halita	NaCl
	Fluorita	CaF_2
Sulfatos	Anidrita	CaSO_4
	Gipsita	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Sulfetos	Galena	PbS
	Pirita “ouro de tolo”	FeS_2

Figura 26 – Grupo de Minerais*. Fonte: Reis (2009). *Veja todos os grupos de minerais em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>

Tipo de rochas	Material-fonte	Processo formador da rocha	Exemplos
Ígnea Magmática	ou Fusão de rochas na crosta quente e profunda e no interior do manto	Cristalização (solidificação de magma ou lava)	Granitos*
Sedimentar	Intemperismo e erosão das rochas expostas na superfície	Deposição, soterramento e litificação	Arenitos*
Metamórfica	Rochas sob altas temperaturas e pressões nas profundezas da crosta e no manto superior	Recristalização em estado sólido de novos minerais	Gnaisses*

Figura 27 - Exemplos dos três grupos de rochas da Terra*. Fonte: Modificado de Press et al. (2006). * Veja imagens de todos os tipos de rochas no Museu de Minerais e Rochas, disponível em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>.

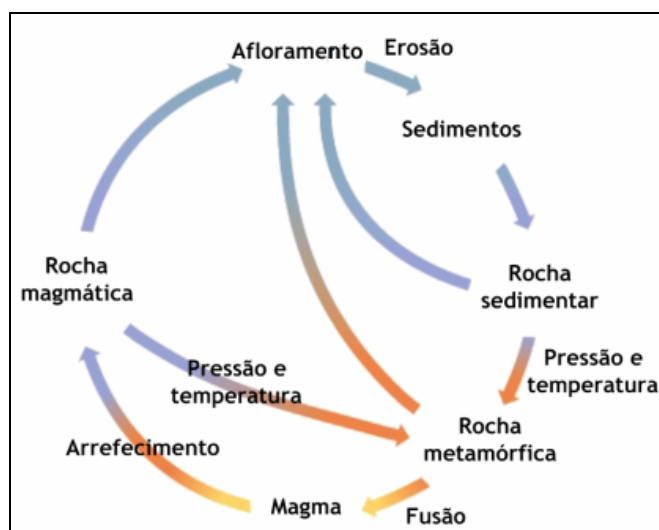


Figura 28: Ciclo das rochas. (Veja uma animação do ciclo das rochas disponível em: <http://isabellimpofaria.googlepages.com/Ciclodasrochas.swf>).

O ciclo das rochas relaciona os processos geológicos para a formação de cada um dos três tipos de rochas, a partir de outras. O mecanismo da tectônica de placas faz o ciclo das rochas operar, iniciando-se com a formação das rochas ígneas (através da cristalização do magma no interior da Terra). Ele representa o inter-relacionamento entre os processos de dinâmica interna e externa da Terra. Ele apresenta três grupos de rochas. As rochas ígneas (ou magmáticas), as rochas sedimentares (muito úteis para interpretar a história da Terra), e rochas metamórficas (resultantes da transformação de outras rochas).

O que determina, em certa medida, qual dos três grupos de rochas se formará é a interação entre as placas tectônicas. O ciclo das rochas está sempre operando em diferentes estágios, formando e erodindo montanhas em um lugar e depositando e soterrando em outro.

Dando continuidade ao processo, as rochas ígneas são soerguidas para a superfície formando montanhas que, em seguida, serão atacadas pela ação do intemperismo e erosão, produzindo sedimentos.

Estes são levados de volta para as profundezas da Terra por soterramento e litificação, formando as rochas sedimentares e gerando um metamorfismo, a partir do qual, o ciclo recomeça, mostrando que a Terra é um planeta vivo, em constante modificação.

3. ROCHAS ÍGNEAS (MAGMÁTICAS)

:: FIQUE LIGADO!! ::



Que James Hutton chamou a fusão das rochas na profundidade da crosta de episódio plutônico, em referência a Plutão, o Deus romano do mundo subterrâneo?

O fenômeno de resfriamento do magma (material rochoso fundido) é responsável pela origem de alguns minerais. Quando o magma, ou a lava, se resfria, os minerais começam a cristalizar e crescer determinando, desse modo, a composição mineral das rochas ígneas.

Todas as rochas ígneas (do latim *ignis* “fogo”) derivam do magma (daí serem também denominadas *magmáticas*), estando estas diretamente ligadas aos processos que são responsáveis pela origem e características das rochas ígneas extrusivas (vulcânicas) e rochas ígneas intrusivas (plutônicas).

Podemos dizer que as rochas magmáticas ou ígneas são “sólidos que se formaram de líquidos”, ou seja, são corpos rochosos formados, a partir, da cristalização do magma. Os minerais mais comuns das rochas ígneas são os silicatos (quartzo, feldspato, mica, piroxênio, anfibólio e olivina) (Figura 26 e 29).

:: SAIBA MAIS... ::



A fusão e a formação de rochas ígneas ocorrem preferencialmente ao longo de bordas colisionais (convergentes) ou divergente das placas tectônicas.

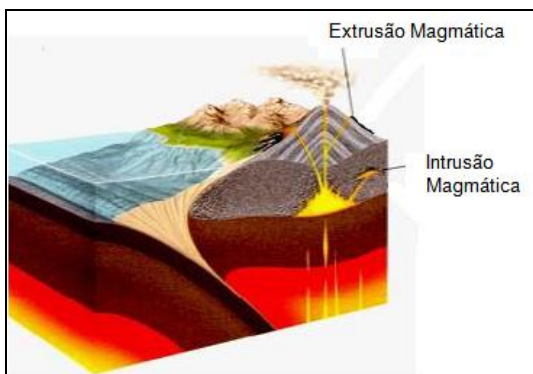


Figura 29 – Local de formação das rochas ígneas extrusivas e intrusivas. Modificado de Press et al. (2006).

3.1. LOCAIS DE FORMAÇÃO DAS ROCHAS ÍGNEAS

Dois tipos de limites de placas estão associados à formação de magmas:

- **Dorsais Mesoceânicas** (Figura 09): local de formação das rochas ígneas mais representativas que tem extensão global; Onde o movimento divergente de duas placas causa a expansão do assoalho oceânico (ver ilustração em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mid-atlantic_ridge_map.png).
- **Zonas de Subducção**: Onde uma placa mergulha sob a outra (ver ilustração em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Subduction.svg>).

As rochas ígneas constituem uma das três famílias representadas no ciclo das rochas e correspondem à classe de rochas predominantes na crosta terrestre (cerca de 70% do seu volume).

São classificadas de acordo com a sua textura (ligada ao tempo de resfriamento do magma), e composição em: Rochas **Intrusivas e Extrusivas** (Figura 29 e 30).

Ígneas	Usos
Quartzo	Gemológico, lentes e prismas de instrumentos ópticos, rádio oscilador, medidor de altas pressões
Feldspato	Gemológico, mineral de rocha, indústria de cerâmica, vidro, esmalte
Mica	Mineral de rocha, isolante elétrico e térmico, veículo de tintas, inseticidas, indústria da cerâmica, papel e borracha
Piroxênio	Gemas, mineral de rocha, gemológico
Anfibólio	Gemas, mineral de rocha
Olivina	Gemológico, mineral de rocha e refratário

Figura 30 - Cristais comuns nas rochas ígneas e seus principais usos. Fonte: Reis (2009).

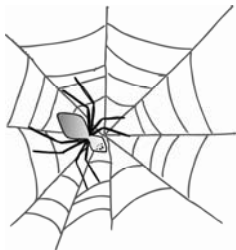
Rochas Ígneas Intrusivas (ou Plutônicas) - são formadas a partir do resfriamento do magma no interior do globo terrestre, permitindo a formação de cristais grossos. As rochas intrusivas são estudadas a partir do exame de afloramentos em campo.

As formas dos corpos intrusivos mais conhecidos são:

- os plútons (corpos ígneos intrusivos, formados pelo resfriamento e cristalização do magma no interior da crosta. Só pode ser estudado indiretamente ou quando expostos à superfície por ascensão e/ou erosão; os batólitos que cobrem áreas de pelo menos 100km²);
- as soleiras ou sills (corpos tabulares com forma de folha, formada pela injeção de magma entre as camadas da rocha);
- os diques (são as principais rotas de transporte do magma através da crosta. Cortam camadas das rochas encaixantes);
- e os veios (são depósitos de minerais que se localizam em uma fratura e que não tem a mesma origem da rocha encaixante).

O granito é uma rocha ígnea intrusiva, com textura fanerítica (onde é possível observar cristais individuais à olho nu).

As rochas ígneas podem ser classificadas de acordo com as proporções de minerais silicosos em: rochas ígneas félsicas: ricas em sílica e tendem a cor clara, exemplo: granito, com 70% de sílica); rochas ígneas máficas: pobres sílica e ricas em magnésio e ferro. Tendem a ter cores escuras, exemplo: gabro.

:: TA NA WEB!!! ::

Veja ilustração dos corpos intrusivos nos endereços indicados abaixo:

- http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Imagem:Geological_Dike_Cross-Island_Trail_Alaska.jpg;
- <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Sill>;
- http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Neck_vulc%C3%A2nico;

Rochas Ígneas Extrusivas (ou Vulcânicas) - são formadas quando o magma consegue chegar a superfície através da atividade de vulcanismo. O resultado são rochas com granulação fina (textura vítrea) devido ao resfriamento rápido dos cristais. O basalto é uma rocha ígnea extrusiva, com textura vítrea e granulação fina. É também uma rocha importantíssima para a agricultura. O produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada, que origina solos férteis (terra roxa).

3.2. TEXTURA DAS ROCHAS ÍGNEAS

A textura de uma rocha está relacionada ao tamanho, formato e arranjo dos grãos minerais. A velocidade de resfriamento do magma está diretamente relacionada ao tamanho do grão cristalizado. (Figura 31 e 32).

- Textura Afanítica - um resfriamento rápido resultará em muitos pequenos minerais caracterizando, assim, a textura afanítica (finamente granulada). Neste caso, os minerais que geralmente indicam uma origem extrusiva (vulcânica), são pequenos demais para serem vistos a olho nú. Ao contrário do que acontece por ocasião de um resfriamento lento. Como veremos a seguir.
- Textura Fanerítica – Com o resfriamento lento, a velocidade de crescimento produz uma textura granulada grosseiramente, claramente visível a olho nu, geralmente de origem intrusiva. Isto caracteriza a textura fanerítica das rochas magmáticas (ígneas).
- Textura Porfirítica – Também comum nas rochas ígneas a textura porfirítica caracteriza-se por apresentar minerais de tamanhos diferentes. Destacam-se os fenocristais (minerais maiores) a matriz de rocha (minerais menores). Esse tipo de textura é formada por ocasião do resfriamento lento do magma sob a superfície.
- Textura Vítrea – As obsidianas (vidros naturais) são representantes da textura vítrea em rochas ígneas, decorrentes do resfriamento rápido da lava vulcânica.
- Textura Piroclástica ou Fragmentária – Textura decorrente de atividade vulcânica explosiva.
- Textura Vesicular – Decorrente de vesículas que se desenvolvem quando existem gases no interior da lava em resfriamento.



Figura 31: Aspecto da textura de diversas rochas ígneas. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Different_rocks_at_Panum_Crater.jpg

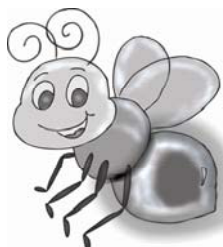
Rocha Ígnea	Textura	Origem	Composição	Tipo de Magma
Granito	Fanerítica	Intrusiva	Quartzo, feldspato	Ácido > 65% de sílica.
Riolito	Afanítica	Extrusiva	potássico, plagioclásio rico em sódio, biotita e hornblenda.	Predomínio de minerais félsicos (leves, claros, com muita sílica).
Diorito	Fanerítica	Intrusivo	Plagioclásio	Intermediário 53 a 65 % de sílica.
Andesito	Afanítica	Extrusivo		
Gabro	Fanerítica	Intrusivo	Plagioclásio rico em sódio e piroxênio.	Básico 45 a 52 % de sílica. Predomínio de minerais máficos (densos, escuros, geralmente formados por ferro magnésio).
Basalto	Afanítico	Extrusivo		

Figura 32 - Características das rochas ígneas. Fonte: Reis (2010).

3.3 VULCANISMO

Os vulcões são a mais impressionante manifestação da dinâmica da Terra. Eventualmente catastróficos, os vulcões são representantes do processo construtivo, intimamente, relacionado à dinâmica interna da Terra. É através da atividade vulcânica que a crosta oceânica está continuamente sendo produzida. (Figuras 33 e 34).

:: FIQUE LIGADO!! ::



Que quando as rochas fundidas são transportadas do interior da Terra até os vulcões, vários gases (dióxido de carbono e o enxofre), são também levados e afetam a atmosfera e os oceanos? Dessa forma, os magmas podem alterar o clima da Terra. Segundo vários autores de "Decifrando a Terra" (Editora Oficina de Texto / USP, 2009), *apesar de sabermos que as mudanças climáticas estão associadas à variabilidade natural dos processos atmosféricos, pelo menos dois outros parâmetros - a revolução industrial e os vulcões - têm adicionado enormes quantidades de material particulado e gases à atmosfera*

Se nos reportamos à história da Terra, iremos também perceber que os gases liberados pelos vulcões formaram, provavelmente, a nossa atmosfera primitiva e as águas superficiais, bem como, foram essenciais para o desenvolvimento das primeiras vidas da Terra.

Os principais elementos da morfologia de um Vulcão são: a cratera e a caldeira.

- Cratera: Representa o local de extravasamento do magma e demais produtos associados.
- Caldeira: Enormes depressões circulares originadas pelo colapso total ou parcial da cratera.

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



Assista ao vídeo (documentário) sobre vulcões indicado no endereço a seguir: <http://www.youtube.com/watch?v=HfDRUfecDQ4>; Em seguida leia o artigo “Vulcões: A Fúria Adormecida”, em: <http://www.starnews2001.com.br/vulcao.html>; Por fim, responda: Quais os conhecimentos sobre o interior da Terra adquiridos por meio dos vulcões?

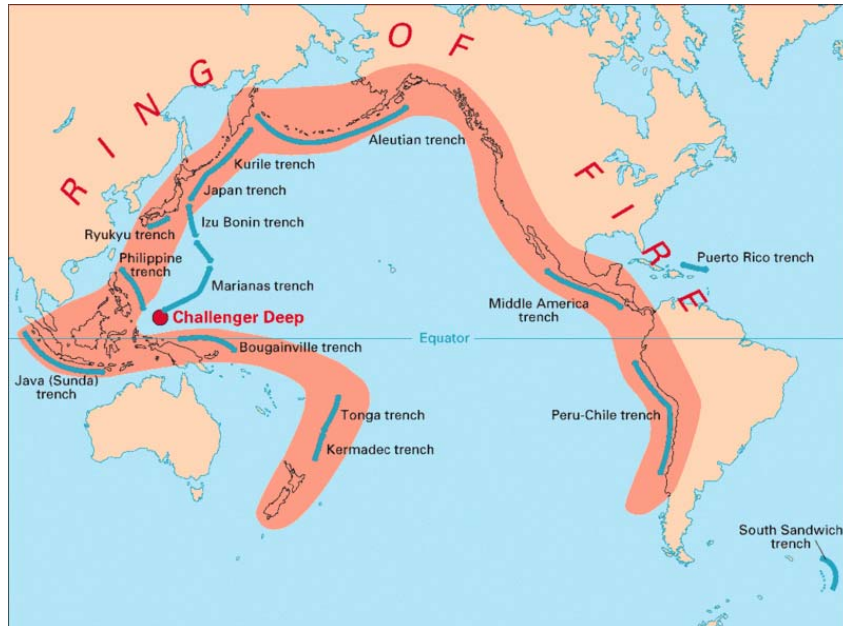


Figura 33: Localização do Cinturão de Fogo ou Círculo de Fogo do Pacífico. Zona de intensa atividade vulcânica e sísmica, associadas a convergência e destruição de placas litosféricas. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Pacific_Ring_of_Fire.png.

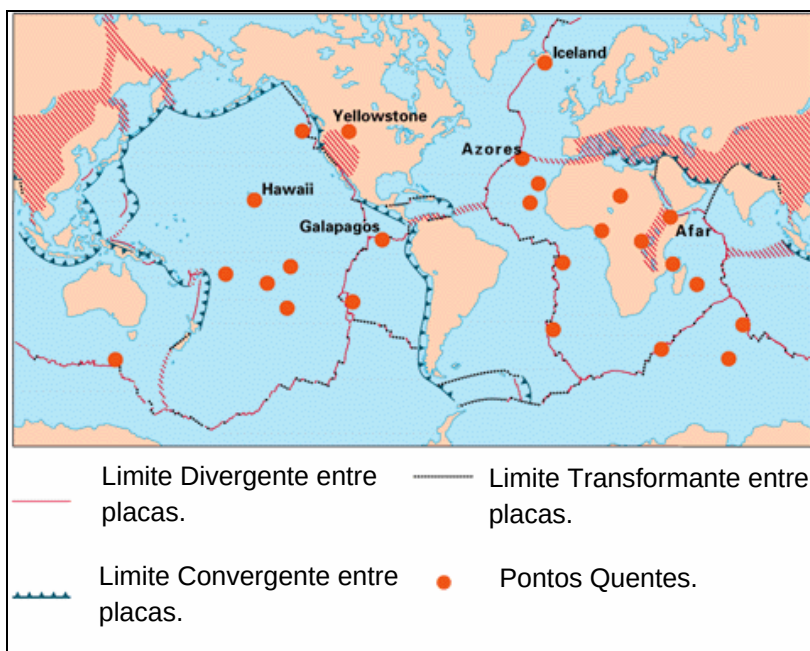


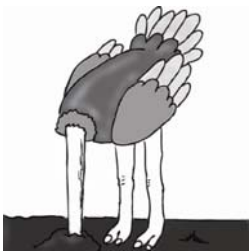
Figura 34: Localização de pontos quentes onde são mais frequentes a ocorrência de vulcões. Cerca de 80% dos vulcões da Terra estão em limites convergentes de placas e cerca de 15%, em limites divergentes e os poucos restantes no interior das placas (intraplaca). Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Prominent_hotspots.png.

Estilos Eruptivos

Fissurais: também conhecido como vulcanismo de rift. Neste tipo não há formação de um cone vulcânico. O magma chega à superfície através de fissuras profundas na crosta. Representam (em volume) a principal atividade ígnea terrestre.

Centrais: neste tipo há formação de um cone vulcânico e podem ser classificados em quatro tipos principais: Estrato-vulcões (são os mais perigosos, uma vez que a sua reativação pode ocorrer após séculos de inatividade, ex.: Fuji (Japão), Santa Helena (EUA), Etna e Vesúvio (Itália)), Vulcões de Escudos (em geral o cone tem grande dimensão, ex. Kilawea e Mauna Loa (Havaí), Domos de lava e Cones Vulcânicos.

:: FIQUE POR DENTRO!! ::



De acordo com o Dicionário Livre de Geociências (<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/G%C3%AAsiser>) um *Gêiser* é um termo da Islândia que significa fonte termal. Apresentam-se sob a forma de jatos de vapor de água e água quente, que, em regiões vulcânicas, são periodicamente lançados ao ar. Nos Estados Unidos, no Parque Yellowstone, são comuns a ocorrência de gêiseres. (Figura 35)



Figura 35: Gêiser Old Faithful, no Parque Nacional de Yellowstone (EUA). Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ynp-old-faithful.jpg>.

4. ROCHAS SEDIMENTARES

As rochas sedimentares são as mais comumente observadas na superfície. Cobrem cerca de 75% dos continentes. São constituídas por partículas (sedimentos) produzidas por processos geológicos como: o intemperismo, a erosão, o transporte, a sedimentação, o soterramento, e a diagênese. (Figura 36).

- Intemperismo: o físico desagrega as rochas e o químico transforma minerais e rochas em sólidos alterados, soluções e precipitados;
- Erosão: mobiliza os sedimentos produzidos pelo intemperismo;
- Transporte: os ventos, a água e o gelo transportam partículas para novos lugares; durante o transporte pode ocorrer: - a abrasão que reduz o tamanho das partículas gerando o grau de arredondamento dos sedimentos das rochas sedimentares; - o processo de seleção das partículas, que pode caracterizá-las como bem selecionado (quando todas as partículas forem quase do mesmo tamanho) ou mal selecionada (se o leque de tamanho for grande);
- Sedimentação ou Deposição: deposição dos sedimentos em camadas;
- Soterramento: a medida que as camadas se acumulam, o material depositado é compactado e soterrado na crosta terrestre;
- Diagênese: refere-se às mudanças físicas e químicas pelas quais as partículas soterradas são litificadas, ou seja, configuram uma rocha sedimentar.

A Diagênese ou Litificação é representada por um conjunto de processos que se iniciam ao final da deposição.

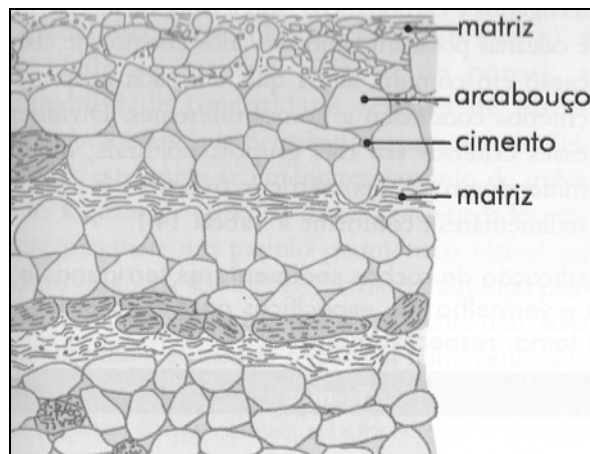


Figura 36– Representação dos componentes principais de uma rocha sedimentar. Wilson, 1977, modificado de Teixeira et al. 2003.

Os principais processos* responsáveis pela formação de uma rocha sedimentar são: compactação, dissolução, cimentação e recristalização diagenética. (*Ilustrações dos processos diagenéticos em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/sedimentares.html>).

- Compactação: processo mecânico ou químico que resulta da dissolução do mineral sob pressão. À medida que o sedimento (material derivado da desagregação das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares) se acumula, as camadas são sujeitas à

compactação pelo peso dos sedimentos sobreposto. Com isso ocorre uma mudança no empacotamento entre grãos e a quebra ou deformação de grãos individuais;

- Dissolução: processo cujo fator principal pode ser o efeito de pressão (compactação química) podendo ocorrer vários tipos de feições (contatos pontuais, planares, suturados), entre grãos, ou pode ser o efeito de ausência de pressão, nesse caso ocorre a percolação de fluidos no material depositado,
- Cimentação: cristalização de material carreado pela água que ao percolar os vazios dos sedimentos preenche-os dando coesão ao material;
- Recristalização diagenética: pode ocorrer mudanças na mineralogia e na textura do material sedimentar.

O arcabouço de uma rocha sedimentar é composto por quatro componentes: o grão (partícula), a matriz, o cimento e a porosidade (Figura 36).

- Grão: fração clástica que dá nome à rocha sedimentar;
- Matriz: material clástico fino localizado entre os grãos;
- Cimento: material que une os grãos (quartzo ou calcita). Os cimentos mais comuns em rochas sedimentares são os silicosos (quartzo, calcedônia, quartizina e opala), os carbonáticos (calcita, calcita ferrosa, ankerita e siderita), os férricos e ferrosos (pirita, marcassita, goethita, hematita) e os aluminossilicatos (argilo-minerais como clorita, caulinita, illita e esmectita).
- Porosidade: feição que pode ser modificada durante o processo de soterramento.

As rochas sedimentares têm origens diversas e estão reunidas em dois grupos principais (Figuras 37 e 38).

- Rochas Sedimentares Detríticas (Clásticas): rochas que resultam do intemperismo do continente. São formadas por detritos (clastos) como areia e cascalho. São classificadas pelo tamanho de suas partículas constituintes. (Figura 39, 41 e 42).

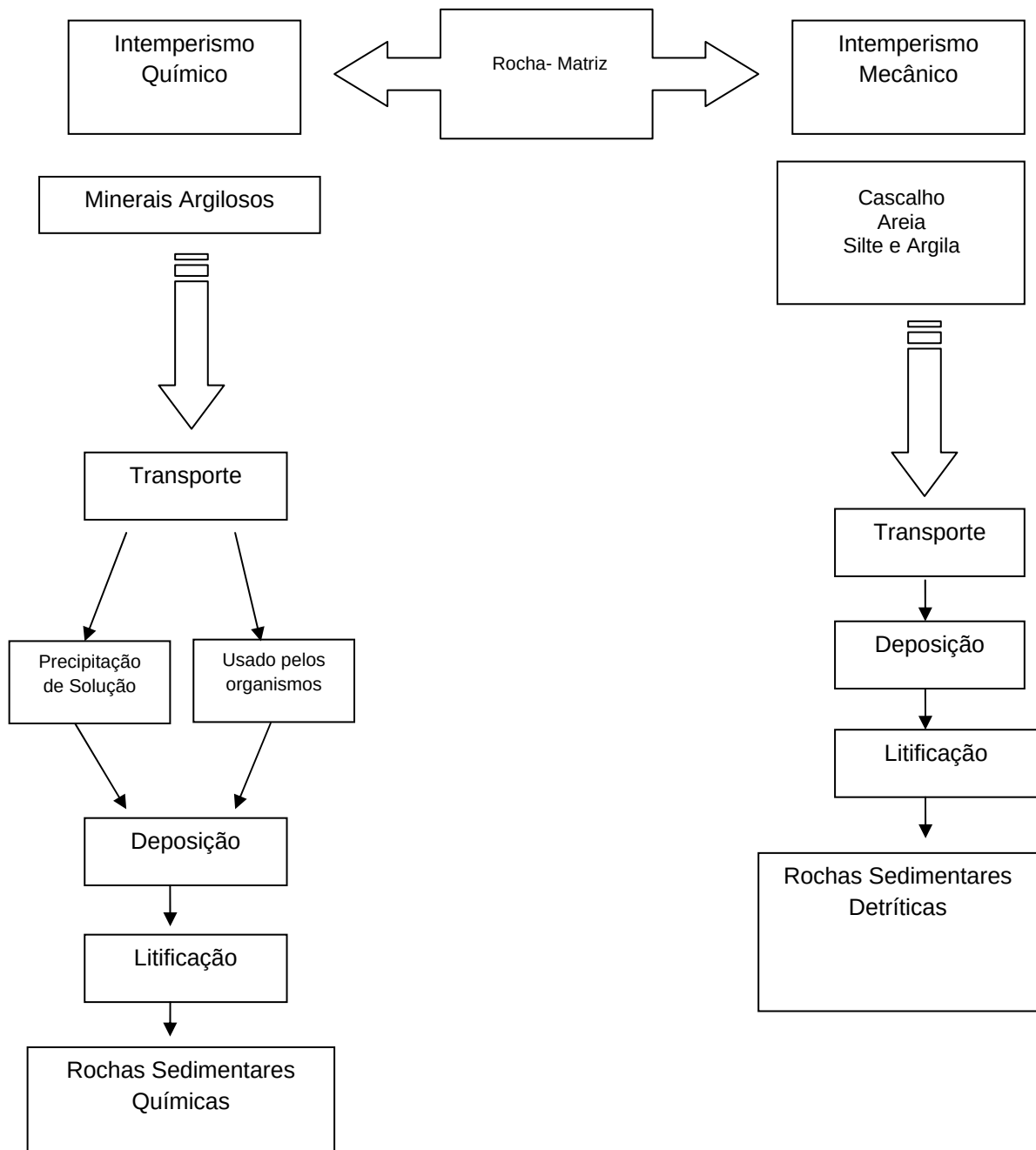


Figura 37 – Esquema mostrando de maneira resumida o processo de formação das Rochas Sedimentares Químicas e Detríticas. Fonte: Reis (2009).



Figura 38: Sedimentos diferentes resultam em rochas sedimentares diversas. Modificado de Press et al. (2006).

Nome da Rocha	Descrição	Tamanho da partícula	Sedimento
Conglomerado*	Partículas arredondadas de cascalho	> 2mm	cascalho
Brecha*	Partículas angulares de cascalho		
Arenito*	Principalmente areia quartzosa	1/6 – 2mm	areia
Arcósio*	Quartzo com 15% de feldspato		
Siltito*	Principalmente silte	< 1/16mm	lama
Lamito*	Silte e argila		
Argilito*	Principalmente argila		

Figura 39 - Características das Rochas Sedimentares Detriticas (Clásticas)*. Fonte: Reis (2009). *Ver ilustração dos tipos de rochas em:

<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/conglomerado.html>

- Rochas Sedimentares Químicas e Bioquímicas (não clásticas): são formadas a partir dos sedimentos químicos e bioquímicos. Os sedimentos químicos formam-se no ou próximo ao local de deposição; os sedimentos bioquímicos constituem-se de minerais não dissolvidos de restos de organismos). (Figura 40 e 41).

Rochas Sedimentares Químicas			
NOME DA ROCHA		COMPOSIÇÃO	TEXTURA
Carbonatos	Calcário*	Calcita (CaCO_3)	variada
	Dolomito*	Dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]	variada
Evaporitos	Gesso*	Gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	cristalina
	Halita*	Halita (NaCl)	cristalina
Rochas Sedimentares Bioquímicas			
NOME DA ROCHA		COMPOSIÇÃO	TEXTURA
Calcário*		Conchas de carbonato de cálcio (CaCO_3)	clástica
Sílex*		Conchas microscopicamente alteradas de dióxido de silício (SiO_2)	normalmente cristalina
Carvão*		Principalmente carbono de restos de plantas alterados	-

Figura 40 - Características das Rochas Sedimentares não-clásticas*. Fonte: Modificado de Wicander, et al. (2009). *Ver ilustração dos tipos de rochas em:
<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/conglomerado.html>.



Figura 41 – (A) Arenito de granulação média, mostrando pseudo-estratificação por óxido de ferro; (B) Calcário laminado - Bacia do Araripe - Crato-CE; (C) Rocha sedimentar de origem química – evaporito; (D) Conglomerado - rocha sedimentar clástica de granulação grossa. Fonte: Mariano, Gorki. Galeria de fotos das rochas sedimentares. Disponível em: <http://gmariano.com.br/index.htm>



Figura 42– Exemplo de rochas sedimentares. (A) Folhelho; (B) Brecha; (C) Evaporito; (D) Arenito; (E) Conglomerado. Disponível em:

http://www.ufrgs.br/geociencias/cporcher/Atividades%20Didaticas_arquivos/Geo02001/Rochas.htm#_Toc42073667.

4.1. ESTRUTURAS SEDIMENTARES

As estruturas sedimentares são úteis na determinação dos antigos ambientes de deposição. Elas correspondem ao aspecto que as rochas sedimentares apresentam após o processo diagenético. (Figura 42).

Estratificação Planar: nesta os sedimentos são depositados horizontalmente à superfície deposicional, formando camadas ou estratos paralelos. Ocorrem em vários ambientes de sedimentação, canais fluviais, praias e frentes deltaicas.

Estratificação Cruzada: neste tipo as estruturas são resultantes da ação da água e do vento, nas quais as lâminas estão dispostas em ângulos de até 35 graus em relação à horizontal; Geralmente indicam ambientes de rápidas mudanças de direção do agente de transporte. (Figura 43).



Figura 43 – Estratificação Cruzada. Disponível em:
http://bcs.whfreeman.com/understandingearth/content/cat_090/blank.html.

Estratificação Gradacional: nesta as camadas individuais mostram um decréscimo para cima no tamanho dos grãos. É muito comum em sedimentos do talude marinho depositados pelas correntes de turbidez. A gradação é definida ao gradual decréscimo na competência do agente de transporte. (Figura 44).

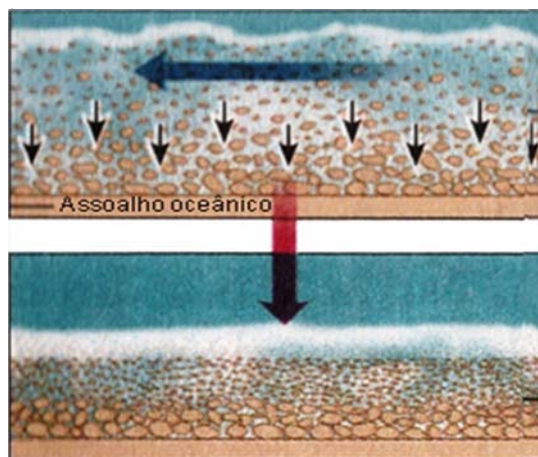


Figura 44 – A estrutura sedimentar gradacional se forma quando a corrente de turbidez se torna lenta e deposita partículas grandes, seguidas de outras menores. Modificado de Wicander et al. (2009).

Gretas de Contração: são estruturas resultantes da ressecção dos sedimentos argilosos fazendo surgir rachaduras que mais tarde são preenchidos por sedimentos arenosos. São característicos de um tipo de ambiente onde chove e após ocorre ressecamento com conseqüente rachadura.

Estruturas Biogênicas ou Bioturbações: são estruturas formadas a partir de furos e túneis escavados por organismos marinhos (moluscos, vermes e muitos outros).

Marcas de Onda: são pequenas formas onduladas que ocorrem em areias finas. São comuns em ambientes costeiros modernos e antigos. São estruturas que dão indicadores sobre o

ambiente de deposição, profundidade da água, direção de correntes e orientação de antigas costas.

4.2. AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO

Os ambientes onde ocorre a sedimentação são caracterizados por uma combinação dos processos geológicos e das condições ambientais do momento da deposição. Resultam da interação de múltiplos fatores como: meio e agente de transporte, clima e localização geográfica.

São agrupados conforme sua localização geográfica. Podem ser continentais (aluvial, desértico, lacustre e glacial), costeiros (deltaicos, planícies de maré e praias) e marinhos (plataforma continental, orgânicos, margem continental e marinhos profundos).

Ambiente Sedimentar Continental – mostram uma grande variação de temperatura e precipitação. Inclui os ambientes lacustres (as correntes lacustres e as ondas são os principais agentes de transporte de sedimentos do tipo areia, lama e precipitados salinos em climas áridos), aluvial (a correntes fluvial é o principal agente de transporte de sedimentos como areia, lama e cascalho), desértico (o vento é o principal agente transportador de areia e pó), e glacial (onde o gelo e a água de degelo transportam areia, lama e cascalho, em clima frios e com pouca atividade orgânica).

Ambiente Sedimentar Costeiro – são dominados pela ação de ondas, mares e correntes. Inclui os ambientes deltáicos (as correntes fluviais e as ondas transportam areia e lama), praias (as ondas e as correntes de maré são os principais agentes transportadores de sedimentos do tipo areia e cascalho), e de marés (cujo principal agente transportador de partículas são as correntes de maré).

Ambiente Sedimentar Marinho - são influenciados principalmente pelas correntes. Inclui os ambientes de mar profundo (dominado por correntes oceânicas e correntes de turbidez), plataforma continental e recifes orgânicos (dominados por ondas e marés), e a margem continental (dominados por correntes oceânicas e ondas).

5. ROCHAS METAMÓRFICAS

As rochas metamórficas (do grego *meta* “mudança” e *morfo* “formato”) são o terceiro maior grupo de rochas da Terra. Embora a sua formação esteja associada aos três tipos de limites de placas, ela é mais comum nos limites convergentes devido ao aumento de temperatura e pressão oriunda da colisão das placas.

O estudo das rochas metamórficas permite a identificação de grandes eventos geotectônicos ocorridos no passado, fundamentais para o entendimento da atual configuração dos continentes.

O termo metamorfismo refere-se as alterações no estado sólido de rochas preexistentes. Não apenas as rochas sedimentares ou ígneas podem sofrer metamorfismo, as próprias rochas metamórficas também podem, gerando uma nova rocha metamorfizada com diferente composição química e/ou física da rocha inicial.

A temperatura, a pressão e os fluidos são os agentes responsáveis por essas alterações. Os três agentes atuam conjuntamente, mas, em situações específicas, pode ser predominante ou exclusiva a ação de um deles. A ação dos agentes de metamorfismo provocam recristalização total ou parcial da rocha, mudança de estrutura, alteração da coesão, mudança de textura e alteração de minerais.

A temperatura (o calor) afeta a mineralogia e a textura das rochas tendo papel importante na formação das rochas metamórficas. Os processos de tectônica de placas (subducção e colisão continental) transportam rochas e sedimentos para o interior quente da Terra. Esses são os principais mecanismos para a formação da maioria das rochas metamórficas.

A pressão, assim como, a temperatura no interior da Terra, muda a textura e também a mineralogia das rochas. Devido ao processo de metamorfismo no interior da terra, as rochas estão sujeitas a variados tipos de pressão:

(a) pressão vertical: pressão resultante do peso das camadas superiores;

(b) pressão dirigida: estão diretamente relacionadas as compressões dos movimentos laterais das placas tectônicas.

Os fluidos desempenham importante papel no metamorfismo. O principal fluido ativo é a água, que contém, muitas vezes, dióxido de carbono, ácido clorídrico, ácido fluorídrico e outras substâncias voláteis procedentes dos magmas.

Os principais tipos de metamorfismo são (Figura 45):

- o Metamorfismo Regional: tipo de metamorfismo mais comum. Neste, grandes áreas são metamorfolizadas por altas pressões e temperaturas durante a orogênese. Deste processo resulta a maioria das rochas metamórficas. É uma feição característica de um ambiente de tectônica de placas convergentes. Cinturões de montanhas como os Andes (América do Sul), Himalaia (Ásia Central), são feições resultantes de antigas zonas de metamorfismo regional.
- o Metamorfismo de Contato: ocorre quando as rochas encaixantes são metamorfolizadas principalmente pelo calor do corpo ígneo intrusivo. Pode resultar de intrusões ígneas e também fluxos de lava. Afeta apenas uma estreita região das rochas encaixantes ao longo do contato.
- o Metamorfismo de assoalho oceânico: ocorre nas vizinhanças dos *rifts* das cadeias mesooceânicas, onde a crosta quente (recém formada) interage com a água do mar. É um tipo particular de metamorfismo hidrotermal. Ocorrem em margens de placas divergentes.

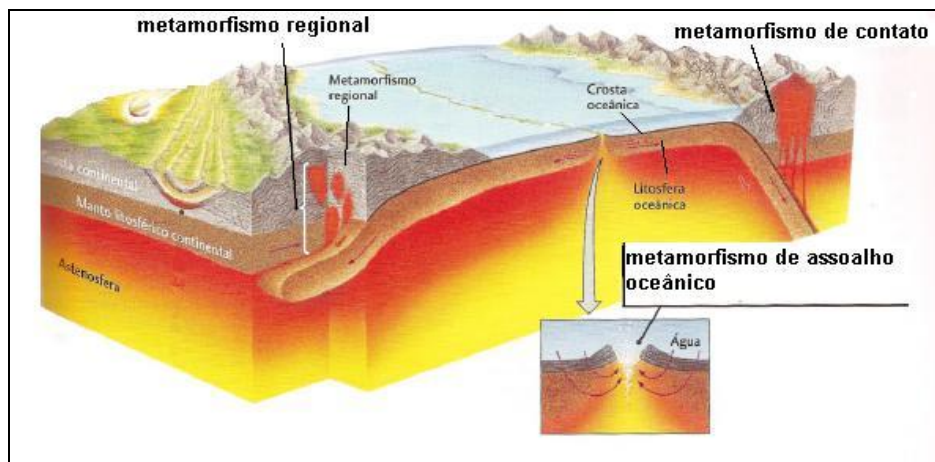


Figura 45 - Principais tipos de metamorfismo. Modificado de Press et al. (2006).

As rochas metamórficas são classificadas em dois tipos: As rochas foliadas e as não-foliadas. (Figura 46).

- Rochas Metamórficas Foliadas (do latim *folium* “folha”): mostram formas de orientação preferencial dos minerais. Tais formas dão-lhes uma textura foliada (minerais arranjados de modo paralelo). (Figura 47 e 48).
 - As rochas metamórficas foliadas são classificadas de acordo com:
 - o Tamanho de seus cristais.
 - o A natureza de sua foliação.
 - o Intensidade com que seus minerais são segregados em bandas mais claras e mais escuras.
 - o Seu grau metamórfico.

Textura	Rocha Metamórfica	Minerais Típicos	Grau Metamórfico	Características da Rocha
Foliados	Ardósia (com o aumento do grau de metamorfismo transforma-se em Filito).	Argila, mica, clorita	Baixo	Tem grãos finos que seus minerais não podem ser vistos sem microscópio. Divide-se facilmente em peças planas. Produzida pelo metamorfismo dos folhelhos. Variam de cinza-escuro a preto. Podem apresentar pequena quantidade de matéria orgânica originalmente presente no folhelho. Se presta a muitos usos. Ex. Pavimentação de superfícies.
	Filito (a alteração do grau de metamorfismo transforma-a em micaxistos).	Quartzo finamente granuloso, micas e clorita	Baixo a médio	Granulação fina, luminosidade acetinada e resplandescente. Tendem a se partir em folhas delgadas menos perfeitas que as ardósias.
	Xisto	Mica, clorita, quartzo, talco, hornblenda, granada, estauroлита, grafita	Baixo a alto	Foliação distinta, espessa e espaçada. Minerais visíveis. Consistem nas rochas metamórficas mais abundantes. Mais de 50% de minerais placóides (micas).

	Gnaiss	Quartzo, feldspato, hornblenda, micas	Alto	Faixas claras e escuras segregadas visíveis. Foliação fraca e ainda mais espessa que o xisto. Coloração clara. Pequena tendência a se partir.
	Anfibolito	Hornblenda, plagioclásio	Médio a alto	Cor escura, foliação fraca.
	Migmatito	Quartzo, feldspato, hornblenda, micas	Alto	Bandas ou lentes de granito entremeado de gnaisses. São rochas muito deformadas e contorcidas. Consiste numa mistura de rochas ígneas e metamórficas.
Não-foliados	Mármore (são produtos metamórficos da ação da pressão e calor sobre o Calcário e Dolomito).	Calcita, dolomita	Baixo a alto	Grãos engatados de calcita ou dolomita reage com HCL. Alguns como o mármore Carrara, apresenta textura lisa, homogênea. Outros apresentam bandamentos irregulares.
	Quartzito	Quartzo	Baixo a alto	Grãos engatados de quartzo, duro, denso. Geralmente brancos. Derivados de arenitos ricos em quartzo.
	Xisto-verde (greenstone)	Clorita, epidoto, hornblenda	Baixo a alto	Granulação fina, cor verde. Rochas vulcânicas máficas metamorfizadas. Apresentam aspecto esverdeado devido a abundância de cloritas.
	Antracito	Carbono	Alto	Preto brilhante

Figura 46: Classificação das Rochas Metamórficas. Fonte: Modificado de Press et al. (2006). Modificado de Wicander et al. (2009).



Figura 47 – Quando a intensidade do metamorfismo aumenta, aumentam também o tamanho do cristal e a espessura da foliação. Fonte: Modificado de Press et al. (2006).

- Rochas Metamórficas Não-foliadas: os grãos minerais não apresentam uma orientação preferencial, tendo uma textura não foliada. Podem ser compostas por um único mineral, como por exemplo, o mármore (resultante do metamorfismo do calcário ou dolomito), e o quartzito (resultante do metamorfismo do arenito de quartzo).

São compostas por cristais que cresceram como cubos e esferas, em vez de formas placóides ou alongadas. Podem resultar de um metamorfismo de contato, onde a deformação estava ausente. A maioria das rochas metamórficas não foliadas (também chamadas de granoblásticas) é definida por sua composição mineral em vez de sua textura, devido a sua aparência maciça.

:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::



- (1) Geralmente as “pedras” utilizadas pela construção civil são indícios da geologia de uma determinada região. Examine as pedras de construção que você encontra na sua cidade (arredores), escolha algumas que pareçam diferentes e registre a sua localização (faça um croqui); Em seguida observe suas principais características como: cor, tamanho dos grãos, presença ou ausência de acamamento* (*pesquise sobre esse tema), se ela parece conter apenas um ou mais minerais; Observe se há indícios de intemperismo (unidade III); Diante do que você já estudou sobre as características dos três grupos de rochas sugira se ela é mais parecida com uma rocha ígnea, metamórfica ou sedimentar.

Texturas	Rocha Metamórfica		Minerais típicos	Características das rochas
Foliada	Ardósia		Argila, micas, clorita	Granulação fina, divide-se facilmente em peças planas
	Xisto		Mica, clorita, quartzo, talco, hornblenda, granada, estaurolita, grafita	Foliação distinta, minerais visíveis
	Filito		Quartzo finamente granulado, micas e clorita	Granulação fina, luminosidade acetinada e resplandescente
	Gnaisse		Quartzo, feldspato, hornblenda e mica	Faixas claras e escuras segregadas visíveis
	Anfibólito		Hornblenda, plagioclásio	Cor escura, foliação fraca
	Migmatito		Quartzo, feldspato, hornblenda, micas	Bandas ou lentes de granito entremeado de gnaisses
Não-foliados	Mármore		Calcita, dolomita	Grãos engatados de calcita ou dolomita, reage com HCL
	Quartzito		Quartzo	Grãos engatados de quartzo, duro, denso

	Xisto-verde (Greenstone)		Clorita, epidoto, hornblenda	Granulação fina, cor verde
	Antracito		Carbono	Fratura subconchoidal, preto, brilhante

Figura 48 – Características das Rochas Metamórficas. Imagens capturadas no site: http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal. Ver outras ilustrações em: <http://e-groups.unb.br/ig/glossario>.

REFERÊNCIAS

- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. Ed. Bookman, Porto Alegre. 656p. 2008.
- WICANDER, R. MONROE, J.S. Revisão Técnica: Maurício Antônio Carneiro. **Fundamentos de Geologia**. Ed. CENCAGE, Learning, São Paulo. 508p. 2009.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (orgs.). **Decifrando a Terra**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo. 557p. 2003.

SUGESTÕES DE LEITURAS

- GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Ed. Bertrand Brasil. 648p. 2009.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. Ed. Nacional. São Paulo. 399p. 1989.
- MACHADO, R. E SILVA, M.E. **Estruturas em Rochas**. In: Teixeira, W., Toledo, M.C.M. de, Fairchild, T. R. e Taioli, F. (orgs.) Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos. P.399-420. 2000.
- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **Minerais: constituintes básicos das rochas**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.77-100.
- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **Vulcanismo**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.143-169.

SITES CONSULTADOS

http://www.youtube.com/watch?v=8zmTP_8w6Qs
<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>
http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mid-atlantic_ridge_map.png
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Subduction.svg>
http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Imagem:Geological_Dike_Cross-Island_Trail_Alaska.jpg
<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Sill>
http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Neck_vulc%C3%A2nico
<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/G%C3%AAs>
<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/sedimentares.html>
<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares/conglomerado.html>
<http://www.youtube.com/watch?v=HfDRUfecDQ4>
<http://www.starnews2001.com.br/vulcao.html>
<http://isabellimpofaria.googlepages.com/Ciclodasrochas.swf>
http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Different_rocks_at_Panum_Crater.jpg
http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Pacific_Ring_of_Fire.png
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Prominent_hotspots.png
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ynp-old-faithful.jpg>
<http://gmariano.com.br/index.htm>
http://www.ufrgs.br/geociencias/cporcher/Atividades%20Didaticas_arquivos/Geo02001/Rochas.htm#_Toc42073667
http://bcs.whfreeman.com/understandingearth/content/cat_090/blank.html

UNIDADE 3

DINÂMICA SUPERFICIAL DA TERRA

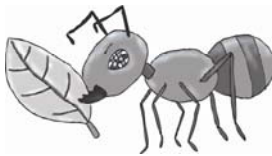
1. INTEMPERISMO

Até aqui, vimos que a dinâmica da Terra é influenciada por processos internos. A partir de agora, iremos conhecer os processos de dinâmica superficial que também modelam o Planeta e resultam das interações dos materiais terrestres com a atmosfera, a hidrosfera e a biosfera.

O intemperismo e a erosão têm grande importância para o estudo da dinâmica superficial da Terra, uma vez que, através deles, é definida a quebra física, alterações químicas e o transporte de materiais que compõem o Planeta.

O intemperismo pode ser definido como o processo pelo qual as rochas são destruídas na superfície terrestre. A rocha alterada e o solo estão sujeitos a outros processos, como a erosão, o transporte e a sedimentação.

:: HORA DE TRABALHAR!!! ::



PESQUISE!

Como o intemperismo contribui com a formação dos solos?

A erosão é o conjunto de processos que desagregam e transportam o solo e rochas, e as depositam em outro lugar. Junto com o intemperismo modelam a superfície terrestre e alteram os materiais rochosos, convertendo-os em sedimentos e formando solos. Normalmente, é confundida com degradação do solo associada a práticas humanas.

O clima, o relevo, a fauna e a flora, o tempo e o material parental (rocha que sofre os processos do intemperismo), são fatores que controlam a ação do intemperismo. De acordo com os mecanismos predominantes de atuação, o intemperismo pode ser de dois modos: o intemperismo físico ou mecânico e o intemperismo químico (decomposição dos materiais da Terra).

- **Intemperismo Físico:** ocorre quando a rocha sólida sofre fragmentação por processos mecânicos (não há mudança na composição química). Incluem todos os processos que causam a desagregação das rochas: a ação do congelamento da água; a liberação da pressão; a expansão e contração térmica e atividade orgânica.

- o Ação do congelamento: neste caso, o congelamento da água aumenta a pressão e termina por fragmentar a rocha (Figura 49);

- o Liberação da pressão: ocorre em rochas cristalizadas sob enorme pressão. Quando expostas pela erosão, a pressão é reduzida e se formam juntas planares, que evoluem para um processo chamado esfoliação (Figura 50);

o Expansão e contração térmica: as rochas também podem fragmentar-se num ciclo diário ou sazonal (estações do ano), com a exposição do calor e frio. A expansão e a contração térmica podem levar à fragmentação dos grãos minerais;

o Atividade Orgânica: afeta tanto o intemperismo físico como o químico. Ocorre quando animais, bactérias e algas penetram nas fraturas produzindo microfaturas (Figura 51).

• **Intemperismo Químico**: ocorre quando os minerais de uma rocha são quimicamente alterados ou dissolvidos. O principal agente é a água da chuva que age infiltrando-se nas rochas. Os organismos também desempenham papel importante. Envolve processos como: solução, oxidação e hidrólise.

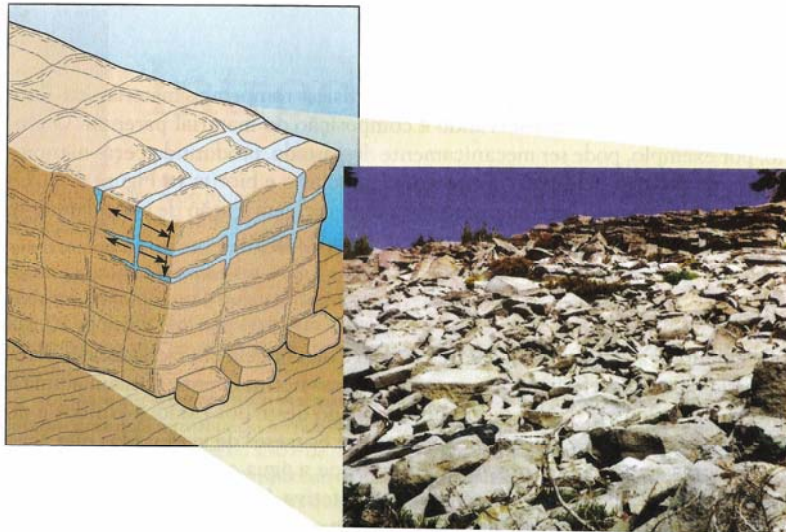


Figura 49 – Ação do congelamento e descongelamento força as rachaduras da rocha. Wicander *et al.* (2009).

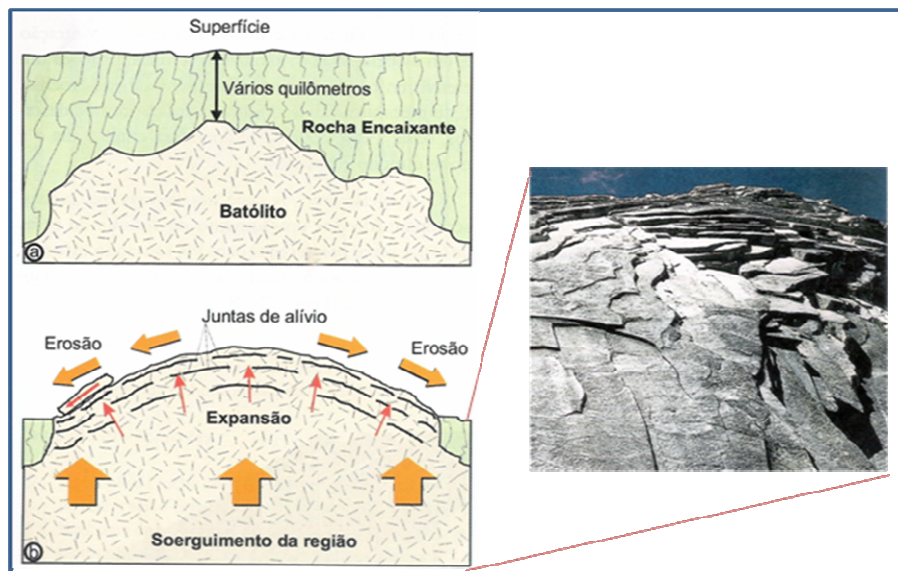
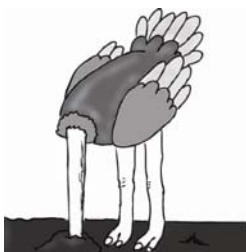


Figura 50 – Consequência da expansão do corpo rochoso promovendo a esfoliação da rocha. Modificado de Teixeira *et al* (2003); e Press *et al* (2006).



Figura 51 – Atividade Orgânica em rochas. Fonte: <http://mini-dicionario-de-geografia.blogspot.com>

:: FIQUE POR DENTRO!! ::



Regolito é sinônimo de manto de intemperismo. Capeamento natural das rochas inconsolidado, composto por fragmentos de rocha e solo, incluindo solo transportado, solo autóctone, depósitos residuais. Muito estéril, contém pouca ou nenhuma matéria orgânica. Fonte: Glossário Geológico Ilustrado. Disponível em: <http://lo-grupo.unb.br/dic/geogeo/index.html>

Alguns fatores que controlam o intemperismo são, basicamente, representados pelo material parental e pelo clima.

Material parental: é um dos principais fatores que influem diretamente na velocidade e intensidade do intemperismo. Existem rochas mais resistentes que outras, isto é, os minerais constituintes são mais ou menos suscetíveis à alteração.

Clima: as taxas de precipitação e evaporação, e as temperaturas, são fatores que caracterizam o clima de uma determinada região, favorecendo a velocidade e intensidade dos processos do intemperismo, influenciando nas características do solo.

Ao se conhecer a estabilidade química relativa de vários minerais, é possível conhecer a intensidade do intemperismo em determinada área (Figura 52).

ESTABILIDADE DOS MINERAIS	VELOCIDADE DO INTEMPERISMO
MAIS ESTÁVEL	MAIS LENTA
Óxidos de ferro (hematita)	↓
Hidróxidos de alumínio	
Quartzo	
Argilominerais	
Muscovita	
Ortoclásio	
Biotita	
Albita	
Anfibólios	
Piroxênio	
Anortita	
Olivina	
Calcita	
Halita	
MENOS ESTÁVEL	MAIS RÁPIDA

Figura 52 - Estabilidade relativa dos minerais mais comuns sob o intemperismo. Fonte: Modificado de Teixeira et al (2003).

1.1. SOLOS

O solo é constituído de material desagregado, ar, água e matéria orgânica. Ele é formado pelos produtos do intemperismo que não são imediatamente carregados pelos agentes de transporte como a água, o gelo, os ventos.

:: SAIBA MAIS... ::



A Pedologia é um ramo das Ciências da Terra que estuda os processos pedogenéticos (formação dos solos). Para os pedólogos o solo é visto como o *produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob a ação da atmosfera, da hidrosfera, da litosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas*. Fonte: Decifrando a Terra, pág. 157.

As características dos solos estão diretamente ligadas ao clima e ao intemperismo (controlado pelo clima e atividade dos organismos). Assim, em climas quentes e úmidos os solos se formam mais rapidamente do que em locais de climas frios e secos.

Dependendo das características ambientais, os solos podem apresentar características diferenciadas quanto às propriedades físicas e químicas. Podem ser argilosos ou arenosos, ricos ou pobres em matéria orgânica, espessos ou rasos, homogêneos ou não.

Tais características podem ser representadas num perfil revelado, a partir, de um corte vertical no solo. O perfil de solo é constituído por camadas ou horizontes, que diferem na textura, estrutura, composição e cor.

Um perfil completo de solo apresenta as seguintes camadas (Figura 53):

Horizonte O: com espessura de alguns centímetros, corresponde ao nível superficial de acumulação de restos de material orgânico (plantas e animais), devida a intensa atividade biológica; sua parte inferior é constituída de húmus;

Horizonte A: camada superior com espessura ente 1 e 2 m, onde fixam as raízes das plantas; escura com grande concentração de matéria orgânica;

Horizonte B: muitos dos nutrientes, lixiviados dos horizontes O e A ocorrem nesta camada; ainda tem restos de húmus e pode ser atingindo por raízes maiores;

Horizonte C: nível da rocha pouco alterada, podendo manter vestígios da estrutura rocha que deu origem ao solo, sem húmus.

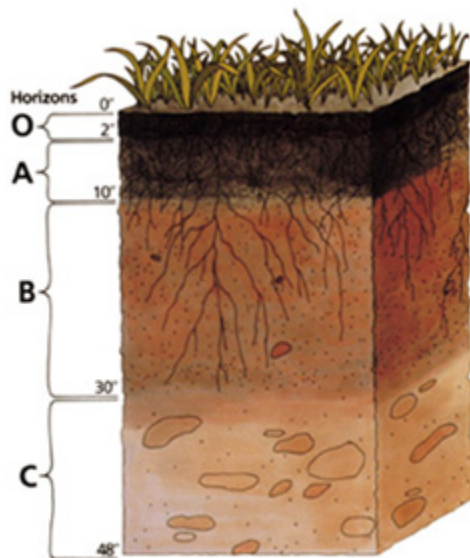
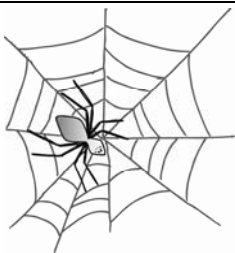


Figura 53 – Perfil esquemático de solo. Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Solo#Perfil_e_horizontes.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), os solos podem ser classificados de acordo com as suas limitações e potencialidades, em 14 ordens. Leia mais sobre esse assunto em: <http://www.embrapa.br/>.

:: TA NA WEB!!! ::



Aprenda mais sobre os processos de dinâmica externa da Terra e de sua atuação sobre as rochas acessando o seguinte endereço:

(<http://www.youtube.com/watch?v=O7SKrQoGgWk&feature=related>).

2. EROSÃO

As rochas e os solos sofrem a ação de agentes erosivos como água da chuva, águas fluviais, ventos, gelo, correntes e marés. Tais agentes retiram e transportam o material fragmentado pelo intemperismo, até que estes se acumulam em algum lugar.

A erosão pode ser classificada de acordo com o seu agente atuante em: erosão fluvial (desgaste da rocha e solos por rios), eólica (desgaste da rocha e solos pela ação do vento),

glacial (desgaste da rocha e solo pela ação das geleiras) e marinha (desgaste das rochas e solos pela ação de ondas e correntes marinhas e litorâneas). (Figura 54).

Erosão fluvial – é causada pela ação dos rios. Causa desgaste nas encostas removendo porções de solo, provocando desmoronamentos de barrancos. (Figura 55). Devido a erosão fluvial é comum mudanças no curso normal do rio principal. Um rio pode transportar sedimentos de três formas: (a) por saltação ou arraste (sedimentos grossos); (b) por suspensão (sedimentos finos) e (c) por solução (sedimentos dissolvidos). As principais feições erosivas são as ravinas (sulcos) e as voçorocas (boçorocas);

Erosão eólica – necessita de correntes de ar e de partículas soltas que possam ser transportadas. É comum em ambientes áridos e secos, com pouca ou nenhuma cobertura de solo. Os principais processos de erosão eólica são: a abrasão (processo erosivo ou de desgaste de rochas pelo impacto e/ou atrito/fricção de partículas ou fragmentos carregados por ação dos ventos) e a deflação (ocorre freqüentemente em regiões de campos de dunas com a retirada de material superficial mais fino (areia, silte;

Erosão glacial – as geleiras têm uma grande capacidade de erodir a rocha dura. Isso ocorre quando blocos de gelo deslizam pelas encostas gerando atrito, desgastando as rochas. Ocorre através de duas formas principais: a remoção e a abrasão;

Erosão Marinha – provocada pela ação das ondas e correntes quando atingem o ambiente praial. Como resultado, a linha de costa pode recuar em direção ao continente.



Figura 54 – (A) Forma produzida pela erosão eólica em Salar de Uyuni, Bolívia. Fonte: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Imagem:Im Salar de Uyuni.jpg>. (B) Quando as ondas atingem a base de uma falésia a erosão marinha provoca o solapamento de sua base. Detalhe da erosão na praia do Cabo Branco, João Pessoa (PB). Fonte: Reis, (2009); (C) A erosão deixa de ser um fenômeno natural e passa a ser vista como um problema ao atingir estruturas rígidas. Detalhe da erosão na praia do Seixas, João Pessoa (PB). Fonte: Reis (2009).

3. MOVIMENTOS DE MASSA

Os movimentos de massa podem ser definidos como o deslocamento encosta abaixo, de solo e fragmento de rocha devido à gravidade. Podem ser desencadeados pela saturação do solo e terremotos e podem ser rápidos ou lentos (Figura 55).

Os movimentos de massa fazem parte dos processos que atuam e caracterizam a dinâmica externa da Terra. Tais movimentos envolvem a erosão e o transporte de sedimentos vertente abaixo.

É importante destacar que as variáveis relacionadas aos processos de movimento de massa atuam conjuntamente e devem ser analisadas isoladamente.

A mobilização do material é controlada por fatores como:

- **declividade (inclinação) da encosta:** é provavelmente a maior causa da movimentação gravitacional de massa. Quanto mais íngreme for a encosta mais instável ela é;
- **intemperismo e clima:** quanto maior for a quantidade de material desagregado (mal consolidado) maior será a possibilidade de ocorrer movimentos de massa;
- **presença de água:** o peso adicional acrescido pela água à encosta favorece a probabilidade de desmoronamento numa encosta;
- **atividade antrópica:** a ação antrópica tem acelerado os processos de degradação, tornando-os mais intensos, gerando instabilização de encostas.
 - **remoção da vegetação:** pode estabilizar uma encosta e favorecer uma maior absorção da água de chuvas. Mas, também, a sua retirada pelo homem pode causar movimentos de massa;
 - **sobrecarga:** é normalmente resultante da atividade humana e consiste em acrescentar mais peso do que aquele que o ambiente conseguirá suportar.

TIPO DE MOVIMENTO	SUBDIVISÃO	CARACTERÍSTICAS	VELOCIDADE DO MOVIMENTO
Quedas	Quedas de blocos	Queda livre de blocos rochosos, desprendidos de rochedos íngremes, cânions e corte de rodovias.	Extremamente rápida.
Escorregamentos	Escorregamento rotacional	O movimento ocorre, geralmente, ao longo de uma superfície de ruptura curva; envolve, mais comumente, material desagregado ou fracamente consolidado.	Extremamente lenta a moderada.
	Escorregamento translacional	O movimento ocorre, geralmente, ao longo de uma superfície de ruptura plana.	Rápida ou muito rápida.
Corridas de Massa	Fluxos de Lama	Consiste em, pelo menos, 50% de partículas de silte e de partículas de tamanho argila e até 30% de água.	Muito rápida.
	Fluxo de Detritos	Contêm partículas maiores e menos água que o fluxo de lama.	Rápida a muito rápida.
	Fluxo de Terra	Massa úmida de regolito espessa e viscosa, com formato de língua.	Lenta a moderada.
	Solifluxão	Sedimento de superfície saturada de água.	Lenta.
	Rastejamento	Movimento de descida encosta abaixo de solo e rocha	Extremamente lenta
Movimentos Complexos		Combinação de diferentes tipos de movimentos.	Lenta a extremamente rápida.

Figura 55 – Tipos de movimentos gravitacionais de massas. Fonte: Wicander et al. (2009).

Os movimentos gravitacionais de massa são normalmente classificados com base nos seguintes critérios:

- ✓ velocidade do movimento;
- ✓ tipo de movimento e,
- ✓ tipo de material envolvido.

Dois tipos principais de movimentos de massa estão associados à velocidade do deslocamento dos materiais.

(1) Movimento Gravitacional de Massa Rápido: ocorre com deslocamento visível de material em movimentos repentinos. É potencialmente perigoso.

a. **Quedas** (desmoronamentos): fragmentos individuais caem (queda livre) a partir de um penhasco ou vertente íngreme; grande velocidade e curta distância percorrida. Geram *tálus* (material acumulado no sopé das escarpas);

b. **Escorregamento** (deslizamento): ao contrário dos desmoronamentos, os escorregamentos deslizam declive abaixo, daí seu nome. São movimentos mais lentos que as quedas de blocos.

(2) Movimento Gravitacional de Massa Lento: ocorre com deslocamento imperceptível; responsável pelo transporte de um volume muito grande de material desagregado.

a. **Rastejamento**: é o movimento de massa mais lento; trata-se do deslocamento do solo ou de detritos. A taxa varia de 1 até 10mm por ano;

b. **Solifluxão**: é o movimento lento de sedimentos saturados de água encosta abaixo;

c. **Corridas de massa**: geralmente começam depois dos desmoronamentos e deslizamentos. Entre os principais tipos, temos:

1. Fluxos de lama: são mais fluidos e mais rápidos; alcançam velocidades de até 80km/h;
2. Fluxos de detritos: são compostos por partículas maiores que os fluxos de lama e não contém muita água; podem transportar objetos de grandes dimensões;
3. Fluxos de terra: são mais lentos que o fluxo de lama e detritos; têm dimensões variadas e são destrutivos.

4. CICLO HIDROLÓGICO

A origem da água, o movimento entre seus reservatórios e a sua distribuição em superfície (águas superficiais) e sub-superfície (águas subterrâneas) são assuntos muito importantes no entendimento do ciclo hidrológico, bem como, fundamental para orientação quanto ao seu aproveitamento, manejo e proteção dos mananciais hídricos da Terra.

A hidrosfera é constituída por reservatórios de água como: rios, lagos, oceanos, geleiras, água subterrânea, água atmosférica e a biosfera (cerca de 80% do corpo humano é composto por água).

A origem da água na história da Terra está diretamente relacionada à formação da atmosfera (liberação de gases em função do resfriamento e formação das rochas ígneas).

A energia solar é responsável pela movimentação da água entre os reservatórios (lugar onde a água é armazenada), constituindo, dessa maneira, o mais importante processo da dinâmica externa da Terra. Ela representa o mecanismo de calor externo da Terra.

É essa energia que controla o ciclo hidrológico, principalmente pela evaporação da água do oceano e transportando-a como vapor d'água na atmosfera. (Figura 56). Quando condensado, esse vapor é precipitado e transformado em chuva e neve. Ao atingir o solo, parte da água precipitada pode seguir dois caminhos: a infiltração e ou escoamento superficial.

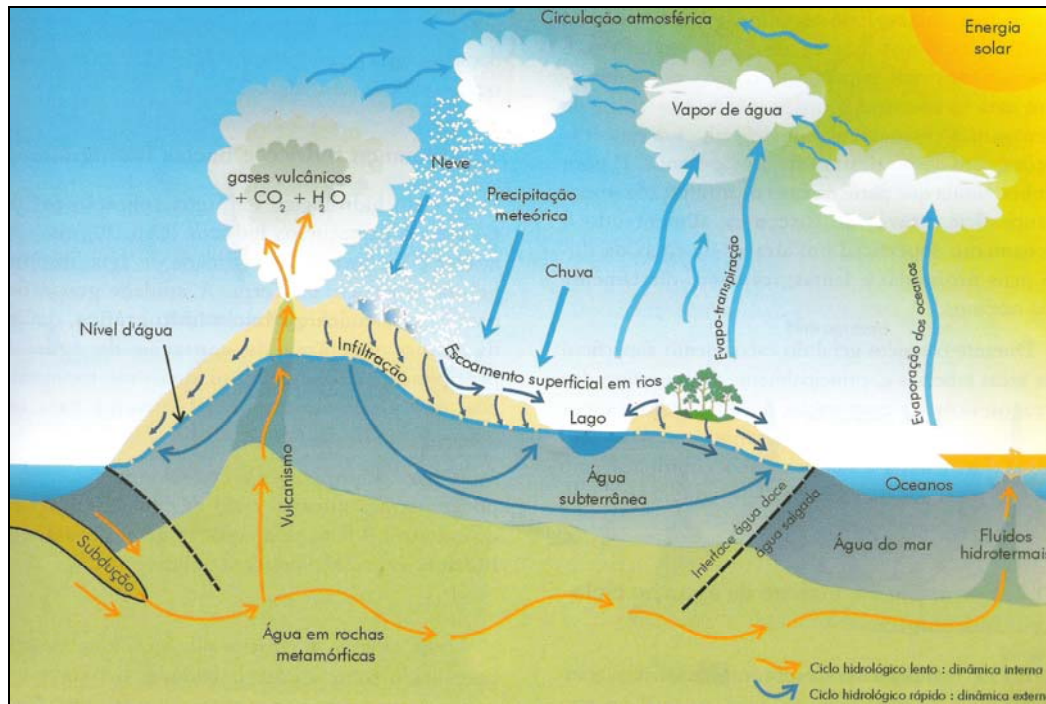


Figura 56 – Ciclo Hidrológico. Teixeira et al (2003).

- **Infiltração:** neste caso a água (dependendo principalmente das características do material de cobertura da superfície=solo) é guiada pela força gravitacional e vai preencher os espaços do subsolo. Parte da água infiltrada retornará à superfície por meio da evaporação do solo. Outra parte volta a atmosfera por meio da transpiração que consiste na liberação de vapor d'água pelas plantas. E outra parte vai retornar, a partir das nascentes dos rios e lagos.
- **Escoamento superficial:** neste caso a água que não infiltrou no solo será escoada e constituirá uma rede de drenagem (de acordo com o Portal Geotrack, disponível em: <http://www.geotrack.com.br/pdicior.htm>, uma rede de drenagem refere-se à disposição dos cursos de água de uma determinada região. Distinguem-se vários tipos de rede de drenagem: dendrítica, retangular, em grade, radial e anular).

Em resumo, o ciclo hidrológico pode ser definido como o movimento cíclico da água, através do qual a água é continuamente reciclada dos oceanos, através da atmosfera, para os continentes e de volta para os oceanos. É governado por diversos fatores. No solo e subsolo: pela ação da gravidade e pelo tipo e densidade da cobertura vegetal; e na atmosfera, rios, lagos, oceanos: por elementos e fatores climáticos (temperatura do ar, ventos, umidade do ar e insolação) que são responsáveis pelos processos de evaporação (responsável por transportar grandes volumes de água para atmosfera através do vapor).

5. ÁGUAS SUPERFICIAIS

Como vimos as águas da Terra encontram-se em permanente movimento, através do ciclo hidrológico. Uma parcela do excedente hídrico das chuvas forma o escoamento superficial que deságua nos rios e lagos naturais.

As águas superficiais representam apenas 0,14% de toda água existente na Terra. Os volumes de água estocados nas calhas dos rios e lagos somam apenas cerca de 200 mil km³.

A mobilidade, ou seja, a intensa troca entre os diversos ambientes armazenadores de água superficial, ocasionam uma dificuldade no estabelecimento de suas reservas, provocando muitas vezes, um efeito de sazonalidade que gera dificuldade tanto em termos quantitativos quanto em termos qualitativos.

Os rios são os principais agentes geológicos atuantes na dinâmica externa da Terra. Através da erosão, do transporte e deposição de sedimentos (areia, cascalho e lama) a paisagem terrestre vai sendo desenhada.

Cerca de 80% da produção hídrica do Brasil se concentra em três grandes unidades hidrográficas: Amazonas, São Francisco e Paraná, que cobrem cerca de 72% do território brasileiro (Figuras 57, 58, 59 e 60).

Rio	Precipitação (mm/ano)	Escoamento (mm/ano)
Amazonas	2.150	1.088
La Plata	1.240	432
Congo	1.551	337
Orinoco	1.990	883
Mekong	1.570	523
Irrawaddy	1.970	978

Figura 57: Os maiores rios do mundo. Fonte: IHP/UNESCO (1991). Modificado de Rebouças *et al.* (2006).

Os rios variam de acordo com a sua capacidade (carga sedimentar total que o fluxo de água transporta) e competência (aptidão que o fluxo tem de carregar material de um determinado tamanho). Ambos são afetados pela velocidade e volume de um fluxo. Num fluxo do tipo laminar as linhas de correntes correm paralelas. Já num fluxo do tipo turbulento, mais complexo, transportam sedimentos por suspensão (sedimentos tamanho argila), saltação (partículas tamanho areia), rolamento (tamanho areia e cascalho).

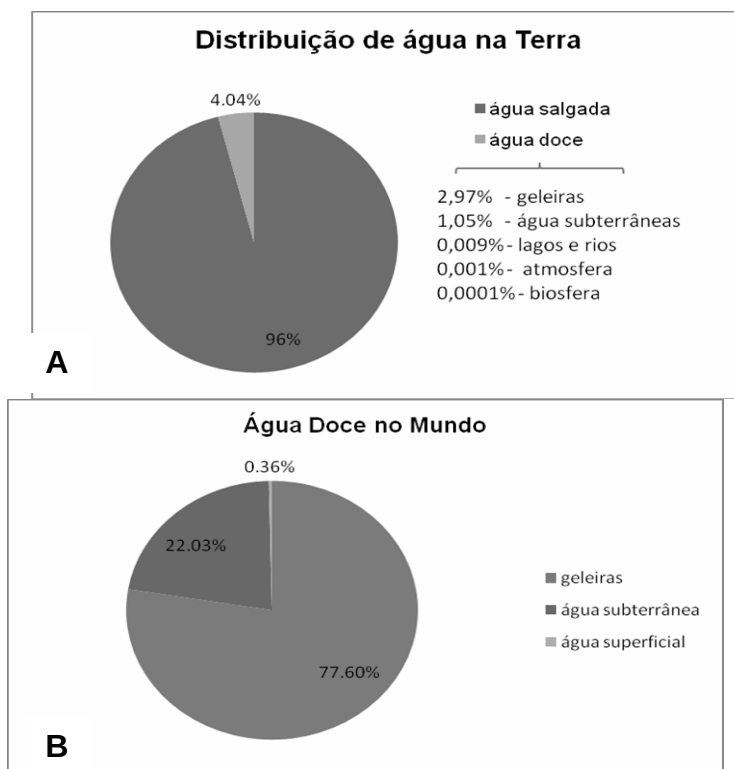


Figura 58 – Distribuição da água na Terra. Modificado de Press *et al.* (2006).

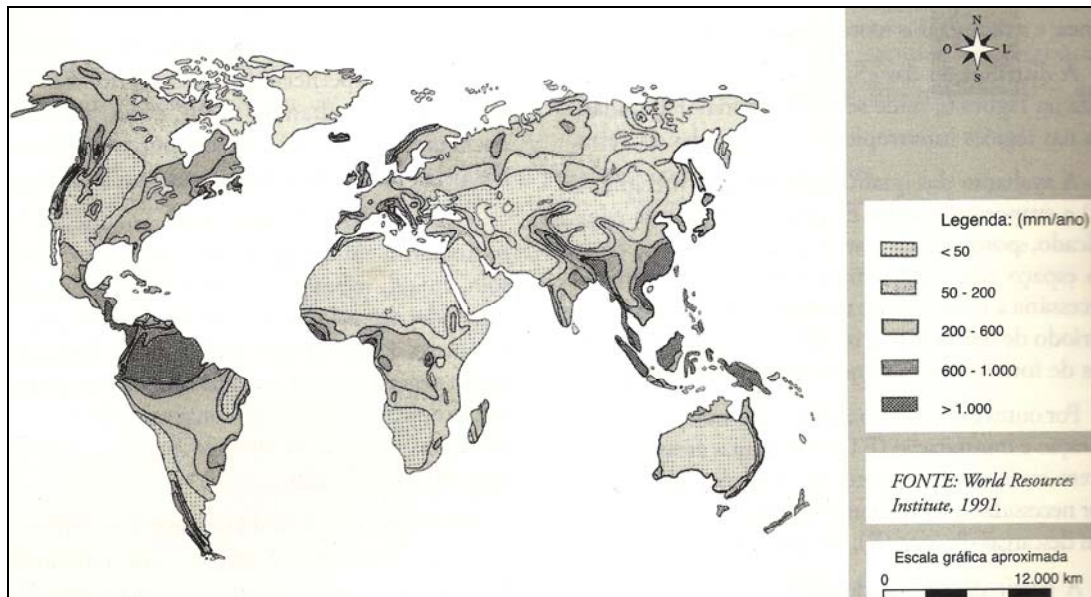


Figura 59 – Distribuição dos fluxos dos rios. Modificado de Rebouças et al. (2006).

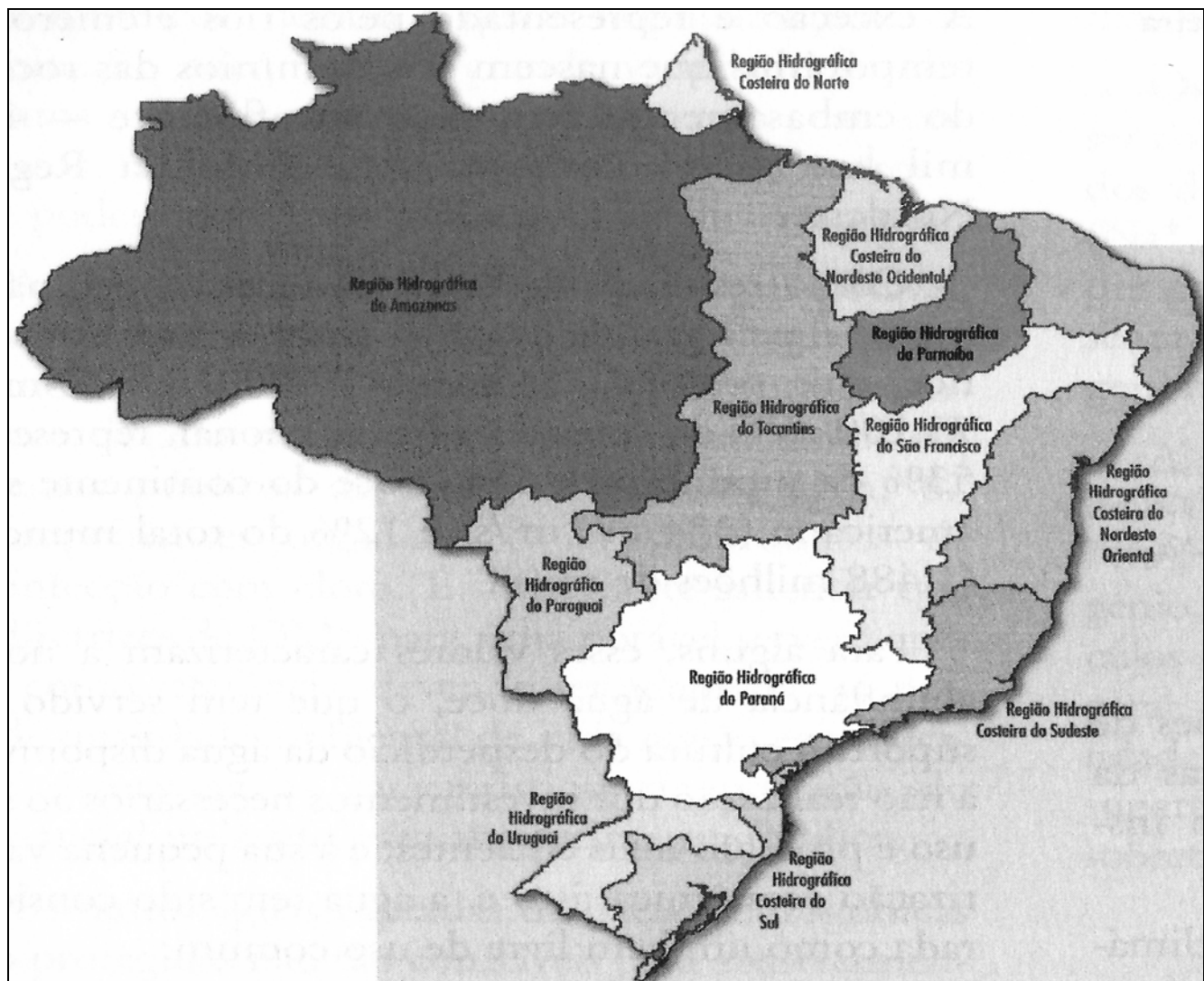


Figura 60 – Regiões Hidrográficas do Brasil. Modificado de Rebouças et al. (2006).

6. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

São chamadas águas subterrâneas aquelas que ocorrem abaixo da superfície, na zona de saturação, onde todos os poros estão preenchidos por água (Figura 61).

Os mananciais subterrâneos constituem o maior volume de água doce líquida que ocorre na Terra (22,03%). A sua distribuição ocorre em duas zonas de saturação.

Na zona não saturada os poros estão preenchidos por água e por ar, com duas faixas distintas: (a) a faixa de água do solo que se estende até a profundidade em que as raízes das plantas conseguem captar água; (b) a faixa intermediária que se estende desde o limite inferior da faixa de água até o topo da zona saturada.

Os aquíferos (Figura 62) são formados geologicamente com capacidade de armazenar e transmitir água. Cerca de 10 milhões de Km³ de água subterrâneas do planeta estão armazenados nos aquíferos em rochas sedimentares.

Três grandes bacias sedimentares do Brasil concentram a maior parte de água subterrânea. São elas: a Bacia Sedimentar do Paraná; Bacia Sedimentar do Parnaíba e Bacia Sedimentar do Amazonas.

DOMÍNIOS DE OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	
ROCHAS CRISTALINAS	- não existe porosidade primária; - a água se acumula nos espaços vazios da rocha (Figura 31). - a qualidade da água está associada ao clima, apresentando-se, em geral, com alta salinidade (águas duras).
ROCHAS SEDIMENTARES	- apresenta porosidade primária; - a água preenche os poros em toda a extensão de ocorrência da rocha (Figura 31), formando os grandes aquíferos.

Figura 61: Ocorrência de água subterrânea em rochas cristalinas e sedimentares. Fonte: CPRM (2008).

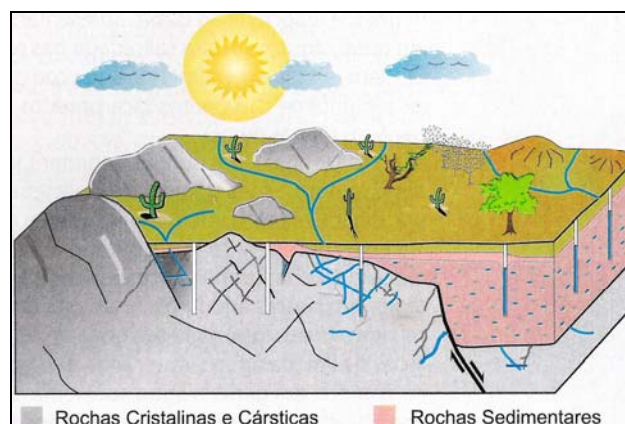
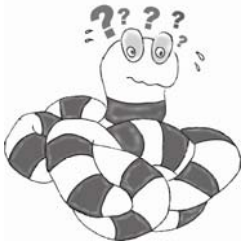


Figura 62: Aquíferos em ambiente cristalino e sedimentar. CPRM (2008).

:: PERGUNTAS?? ::



- 1) Quais são os fatores que controlam os movimentos de massa?
- 2) Quais as diferenças entre uma queda e um escorregamento?
- 3) Descreva o ciclo hidrológico.
- 4) Quais os principais tipos de erosão e seus agentes?

REFERÊNCIAS

- CPRM. **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro. 264p., 2008.
- REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. Ed. Escrituras, São Paulo. 748p. 2006.
- WICANDER, R. MONROE, J.S. Revisão Técnica: Maurício Antônio Carneiro. **Fundamentos de Geologia**. Ed. CENCAGE, Learning, São Paulo. 508p. 2009.
- REIS, C.M.M. **O litoral de João Pessoa (PB): Frente ao problema da erosão costeira**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFPE. Recife, Pernambuco. 2008.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 557p. 2003.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- PRESS, SIEVER, GROTZINGER E JORDAN (Tradução: Rualdo Menegat). **O ciclo hidrológico e a água subterrânea**. Para Entender a Terra. Porto Alegre. Bookman. 2008. P.313- 338.
- WICANDER, R. MONROE, J.S. Revisão Técnica: Maurício Antônio Carneiro. **Intemperismo, Erosão e Solo**. Ed. CENCAGE, Learning, São Paulo. 2009. P.121-142.

SITES CONSULTADOS

- http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Terremoto_do_Oceano_%C3%8Dndico_2004_-_Pa%C3%ADses_Afetados.png.
- <http://e-groups.unb.br/ig/glossario/index.html>.
- http://domingos.home.sapo.pt/sismos_2.html.
- <http://www.brasilecola.com/brasil/terremotos-no-brasil.htm>
- <http://www.geotrack.com.br/pdicioc.htm>
- <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Rifte>
- <http://fossil.uc.pt/pags/formac.dwt>.



Homenagem ao Pólo de Apoio Presencial
de São Bento, Paraíba.