

TECTÔNICA DE PLACAS: AS PRIMEIRAS IDÉIAS

META

Introduzir as primeiras idéias sobre a teoria da Tectônica de Placas, incluindo as hipóteses da Deriva Continental e da Expansão do Assolho Oceânico.

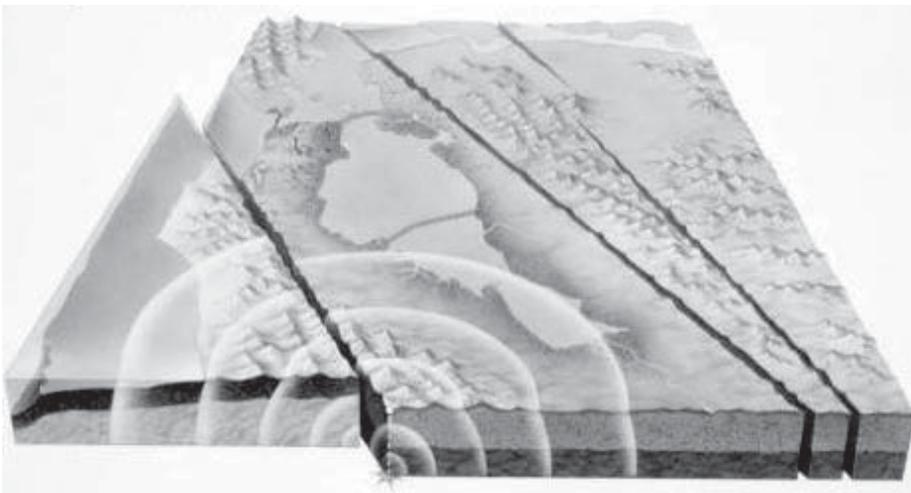
OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

entender as evidências apresentadas pelas hipóteses da deriva dos continentes e da expansão do assolho oceânico.

PRÉ-REQUISITOS

Conhecimentos sobre a fonte de calor interno da Terra, estado físico da litosfera e astenosfera, composição da crosta oceânica, composição basáltica.



(Fonte: <http://legacycreative.gettyimages.com>).

INTRODUÇÃO

Tectônica

Dinâmica da Terra resultante das forças internas que agem sobre ela; geodinâmica.

Placas

A litosfera é fragmentada em partes denominadas de placas.

Nesta aula você estudará os processos que têm origem no interior da Terra. Estes processos, denominados processos endógenos, cuja energia provém da fonte de calor interna da Terra, promovem a dinâmica da litosfera e são responsáveis pela formação do relevo terrestre. É...agora você vai entender como são formadas as grandes feições do relevo terrestre, tais como: cadeias de montanhas, vulcões, bacias oceânicas etc. Para isso, é necessário estudar a Teoria da Tectônica de Placas. É o que faremos agora.

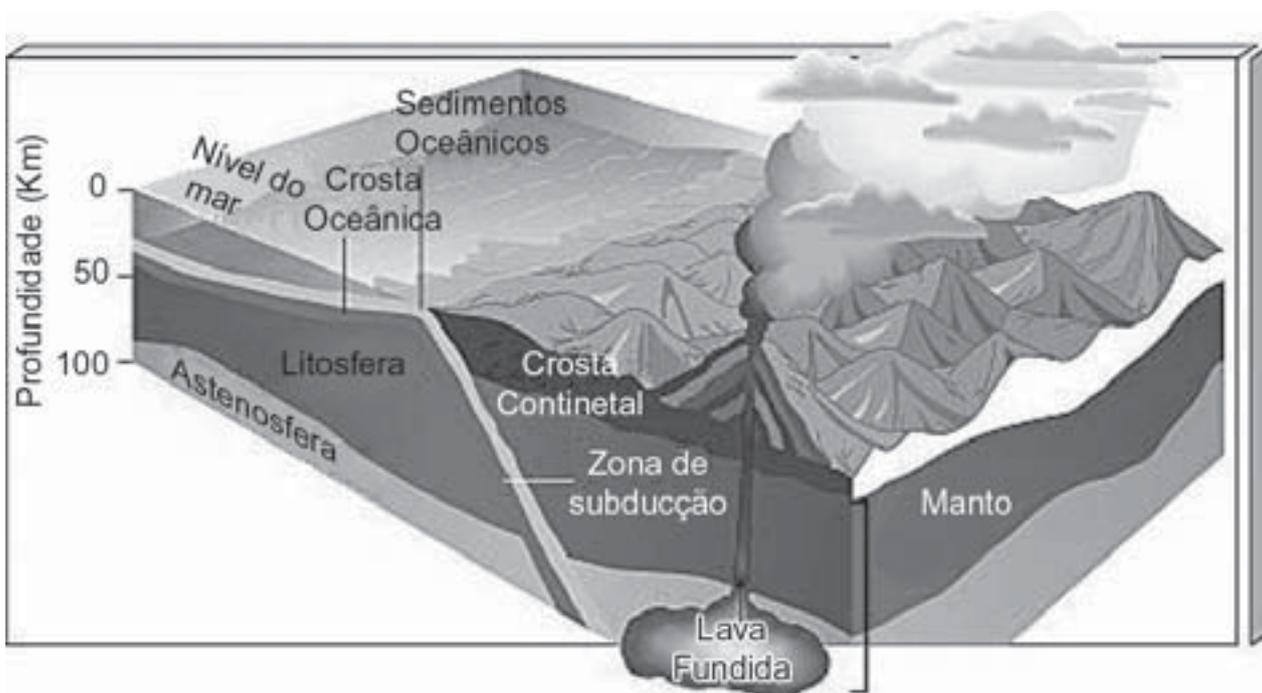


Figura 9.1 - Placa tectônica (Fonte: <http://www.internacional.edu.ec>).

HISTÓRICO

Os primeiras idéias que fundamentaram a Teoria da Tectônica de Placas datam de 1596, quando Abraham Ortelius, um elaborador de mapas, sugeriu que as Américas foram separadas da Europa e da África por **terremotos** e enchentes. A verificação da coerência entre as linhas de costa, principalmente da América do Sul e da África, ficava evidente em um mapa elaborado com a junção destes dois continentes. Isto indicava que estes continentes estavam unidos, sendo posteriormente separados até chegarem à atual configuração.

Terremoto

Abalo sísmico;
tremor de Terra.



Figura 9.2 - Reconstrução paleogeográfica do supercontinente Pangéia, circundado pelo oceano Pantalassa, há cerca de 260 Ma. O supercontinente Pangéia foi fragmentado há cerca de 230 Ma em Laurásia (América do Norte, Europa, Ásia, excluindo-se a Índia) e Gondwana (América do Sul, África, Índia, Antártida, Austrália), separados pelo mar de Tethys (Fonte: TEIXEIRA et al (orgs.), 2000).

Alfred Wegener, um meteorologista alemão, reuniu outras evidências da separação dos continentes, propondo, em 1915, a Hipótese da Deriva dos Continentes, que sugeria a existência de – há cerca de 260 Ma (milhões de anos) – um supercontinente conhecido por Pangéia (do grego “todas as terras”) que era circundado por um único oceano chamado de Pantalassa (do grego “todos os mares”). O Pangéia se fragmentou inicialmente em dois continentes há cerca de 230 Ma: a Laurásia (América do Norte, Europa, Ásia, excluindo-se a Índia) e a Gondwana (América do Sul, África, Índia, Antártida, Austrália), separados pelo mar de Tethys (Figura 9.2). O processo contínuo de fragmentação deu origem aos atuais continentes.

Mas quais foram as evidências utilizadas por Wegener para formular sua hipótese?

1. A observação de mapas de contornos dos continentes mostrava uma similaridade entre a linha de costa da América do Sul e da África (Figura 9.3).
2. A reconstrução do antigo continente Pangéia mostrou uma continuidade de cadeias montanhosas antigas, de mesma idade, em outros continentes, a exemplo dos Apalaches (leste dos EUA, Groelândia e norte da Europa) (Figura 9.4).



Figura 9.3 - Similaridade do contorno das linhas de costa entre os continentes sul-americano e africano.



Figura 9.4 - Reconstrução do antigo continente Pangéia mostrando a continuidade de cadeias montanhosas de mesma idade em outros continentes. Em cores, as cadeias mais recentes; e em cores, as cadeias mais antigas; ambas formadas antes de 260 Ma.

3. A reconstrução do antigo continente Pangéia mostrou uma continuidade nas formações geológicas similares (rochas, estruturas e idades) nos dois continentes (Figura 9.5).
4. Registros **fósseis** de mesma idade foram encontrados em diferentes continentes (Figura 9.6):
A presença de répteis (*Mesosaurus*) do **Permiano**, encontrados no Brasil e na África do Sul, indica que estes não poderiam ter cruzado o oceano Atlântico sugerindo que a África e a América do Sul estavam unidas naquele tempo.
A flora de *Glossopteris* do **Mesozóico** é a mesma na Índia, África do Sul, América do Sul e Antártida. Isto indica que a Antártida naquela época

apresentava uma flora exuberante e, por isso, não poderia estar no pólo sul.
5. Registro de paleoclimas em depósitos sedimentares:



Figura 9.5 - Reconstrução do antigo continente Pangéia mostrando a continuidade das províncias geológicas de mesma idade em diferentes continentes.

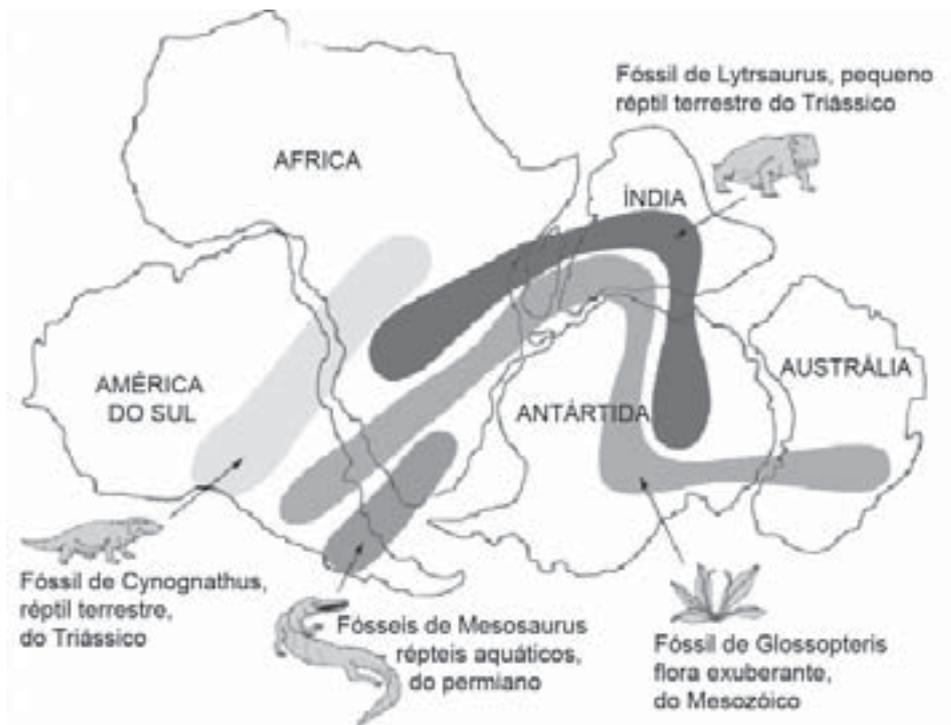


Figura 9.6 - Registro fóssil do Mesozóico nos diferentes continentes sugere que os continentes encontravam-se conectados naquela era.

Fóssil

Resto ou molde de antigos seres vivos, animal ou vegetal, que se conservaram sem perder as suas características em função da substituição mineralógica da parte dura ou de seu molde.

Permiano

290-248 milhões de anos (Ma), período na escala de tempo geológico.

Mesozóico

248-65 milhões de anos (Ma), era que inclui os períodos Triássico (248-206 Ma), Jurássico (206-142 Ma) e Cretáceo (142-65 Ma) na escala de tempo geológico.

Sedimento

Grão ou partícula oriunda de processos erosivos na superfície da Terra com frações de tamanho argila (<0,004 mm), silte (0,004 mm - 0,062 mm), areia (0,062 mm - 2,0 mm) e cascalho (> 2,0 mm).

Poeira glacial

Sedimentos com diâmetros inferiores a 0,004 mm.

Matacão

Sedimento com diâmetro maior que 256 mm.

Glaciação

Períodos de grande modificação climática da Terra. Grande parte dos continentes atuais ficou recoberta por espessa camada de gelo conhecida por geleira.

Tilitos

Rocha sedimentar endurecida ou consolidada, formada pela litificação do till.

– depósitos de till (**sedimentos** mal selecionados depositados por geleiras que transportam desde **poeira glacial** até **matacões**) e estrias (Figura 9.7) do Carbonífero foram achados na Índia, Austrália, África do Sul e Brasil. Existem duas possibilidades: ou os pólos mudaram de lugar ou os continentes se moveram. Veja na Figura 9.8 a distribuição geográfica da **glaciação** do Carbonífero e a reconstrução do continente Gondwana a partir das estrias em **tilitos**.

- O registro da direção de ventos em depósitos de dunas do Permiano localizadas na Grã-Bretanha (52°N) mostra que estas estavam sob a ação dos ventos alísios, ou seja, deveriam estar situadas próximas da latitude 30°N (região de desertos).



Figura 9.7 - Evidências da ação do gelo.

- A presença de evaporitos (paleossalinas) do Permiano na Europa e nos EUA indica que estas regiões estavam situadas mais ao sul no passado, pois, para a formação de depósitos de sal, é necessário um clima quente e árido.

- A presença de recifes do **Paleozóico** inferior no Círculo Ártico (Groelândia e ilhas árticas do Canadá) indica que estes, ao serem formados, deveriam estar mais ao sul, pois recifes de corais e algas coralinas são formados em condições ambientais específicas: águas mornas, grande luminosidade etc.

Wegener morreu na Groelândia em 1930. Mesmo após a sua morte, sua teoria continuou sendo muito contestada, pois ele não conseguiu responder a seguinte pergunta: que tipo de força conseguiria mover massas tão grandes a grandes distâncias?

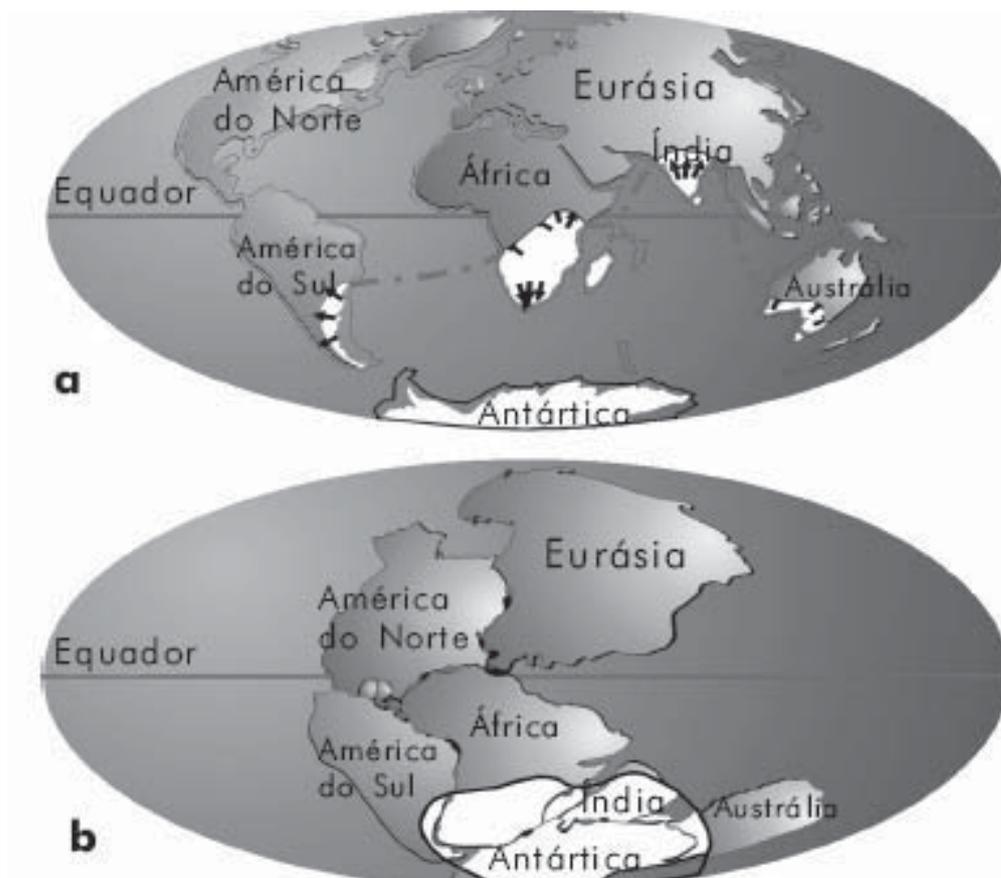


Figura 9.8 - Evidências paleoclimáticas devido aos registros deixados pelo gelo em depósitos de sedimentos (tilitos) e em feições erosivas (estrias). A- Distribuição geográfica das glaciações do final do Carbonífero. B- Reconstrução do Gondwana no Carbonífero, mostrando que os continentes encontravam-se unidos naquela época. As setas indicam os sentidos da movimentação das geleiras registradas em estrias.

As idéias de Wegener foram retomadas no início da década de 1950, graças às novas observações e descobertas científicas, especialmente sobre o fundo dos oceanos.

Durante as guerras mundiais, foi feito um mapeamento preciso do assoalho oceânico que revelou uma imagem contrária àquela esperada: um assoalho enrugado, com montes, depressões e enormes cadeias de montanhas submarinas situadas no meio do Oceano Atlântico – as denominadas cadeias ou dorsais meso-oceânicas.

Acreditava-se, ainda, que o assoalho oceânico tinha em média 4 bilhões de anos e que este deveria ser recoberto por uma espessa camada de sedimentos. Em 1957, estudos sísmicos mostraram delgados pacotes de sedimentos próximos às dorsais meso-oceânicas. Datações revelaram que as rochas do assoalho oceânico eram bastante jovens, com idades inferiores a cerca de 200 Ma, e que eram mais novas no eixo das cadeias meso-oceânicas e mais antigas próximas aos continentes.

Paleozóico

45-248 milhões de anos (Ma), era que inclui os períodos Cambriano (545-495 Ma), Ordoviciano (495-443 Ma), Siluriano (443-417 Ma), Devoniano (417-354 Ma), Carbonífero (354-290 Ma) e Permiano (290-248 Ma) na escala de tempo geológico.

Magnetômetro

Instrumento que mede a intensidade do campo magnético terrestre.

Como visto na aula anterior, as rochas do assoalho oceânico têm composição basáltica. O basalto contém minerais de ferro que, ao serem submetidos a um campo geomagnético, tornam-se magnéticos; registram, assim, o campo magnético da Terra à época de sua formação. No início do século XX, pesquisadores verificaram que as rochas podiam ser separadas em dois grupos: as que apresentavam polaridade magnética compatível com o campo atual e as que apresentavam polaridade reversa. A utilização de **magnetômetros**, desenvolvidos na 2ª Guerra Mundial para a detecção de submarinos, mostrou que o assoalho oceânico apresentava um padrão “zebrado”, com bandas de polarização normal alternadas por bandas de polarização reversa. Além disto, este padrão apresentava-se simétrico em relação ao eixo das dorsais meso-oceânicas (Figura 9.9).

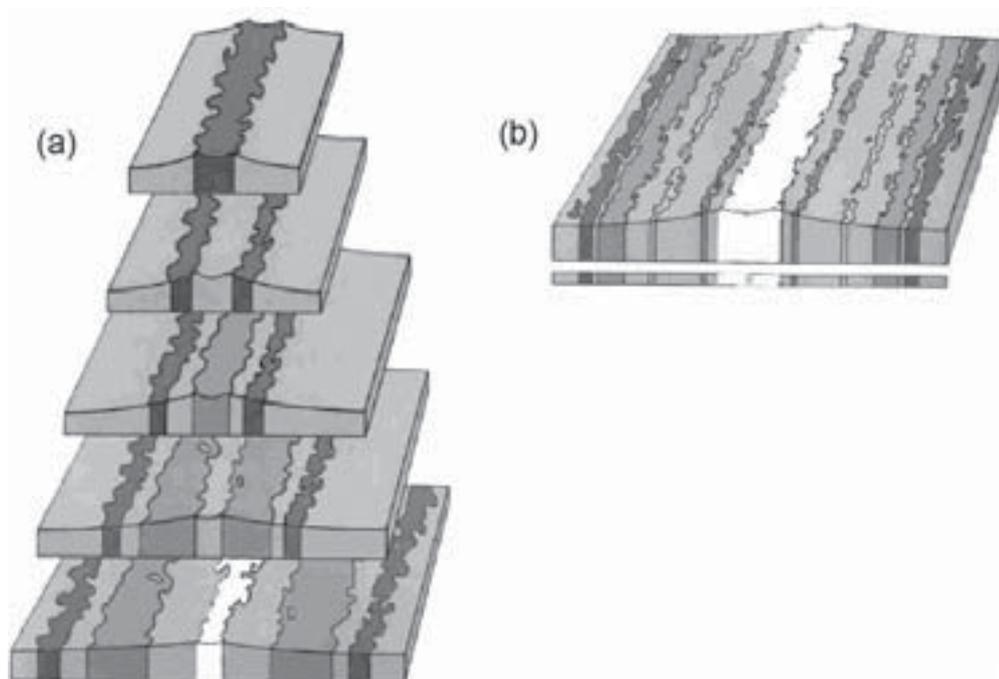


Figura 9.9 - Padrão magnético “zebrado” do assoalho oceânico e simétrico em relação ao eixo da dorsal meso-oceânica: (a) Processo de formação do padrão magnético “zebrado” do assoalho oceânico. Com a expansão do assoalho oceânico, novo material é continuamente intrudido, resfriado e magnetizado com polaridade normal ou inversa, a depender do campo geomagnético à época de sua formação; (b) as bandas coloridas são de polaridades normais, enquanto os espaços entre elas representam as polaridades inversas.

A presença deste padrão simétrico de anomalias magnéticas levantou uma questão importante: como explicar o processo de formação da crosta oceânica com este padrão?

As idéias da época indicavam que as dorsais meso-oceânicas eram zonas de fraqueza da litosfera e que o material em fusão da astenosfera ascendia à superfície, incorporando-se à litosfera, expandindo-a. Em outras palavras, existia um centro de expansão no meio dos oceanos, onde o material extravasado de composição basáltica registrava a direção e a intensidade do campo magnético na época de sua formação (Figura 9.9).

Mas, ainda havia um problema: como explicar a criação contínua de crosta oceânica no centro de expansão se não havia evidência do aumento de tamanho do raio da Terra? A explicação dada foi que a crosta oceânica estaria sendo destruída nas fossas oceânicas, faixas estreitas e profundas, que margeiam alguns oceanos, a exemplo do Pacífico.

Diante dos novos dados, foi proposta por Hess e Dietz (1962) a hipótese da Expansão do Assoalho Oceânico.

Em resumo, a comprovação da hipótese de Hess e Dietz (1962) foi baseada nos seguintes elementos:

a) idade das rochas do assoalho oceânico: as rochas nas proximidades do eixo da cadeia de montanhas submarinas são muito mais jovens do que as rochas mais afastadas;

b) polaridade magnética das rochas: as rochas no eixo das dorsais meso-oceânicas, ou seja, as rochas mais jovens, apresentavam sempre polaridade normal (a mesma do campo geomagnético atual);

c) padrão de magnetização simétrico em relação ao eixo da cadeia de montanhas submarinas, ou seja, as rochas, à mesma distância do eixo das dorsais meso-oceânicas, apresentavam a mesma polaridade magnética.

Com o desenvolvimento dos sismógrafos, no início do século XX, os pesquisadores perceberam, ainda, que os terremotos se concentram preferencialmente nas proximidades das fossas oceânicas e das dorsais meso-oceânicas. O mesmo foi observado quando se mapeou a distribuição dos principais vulcões do mundo (Figura 9.10).

Da junção das idéias da Deriva Continental e da Expansão do Assoalho Oceânico surgiu a Teoria da Tectônica de Placas – teoria unificadora e atualmente mais aceita. Esta teoria será apresentada a você na próxima aula.

postularam a Hipótese da Expansão do Assolho Oceânico baseada na idade e na polaridade magnética das rochas do assoalho oceânico. Destas duas idéias, surgiu a Tectônica de Placas, a teoria unificadora que é atualmente aceita e que explica a concentração de terremotos e vulcanismo em determinadas zonas do globo terrestre, assim como a formação de cadeias de montanhas, vulcões, bacias oceânicas etc.

ATIVIDADES

1. Por que as rochas do assoalho oceânico do Oceano Atlântico Norte são mais antigas do que as rochas do Oceano Atlântico Sul?
2. Por que as rochas do assoalho oceânico próximas à Califórnia são recentes?
3. Por que as rochas do assoalho oceânico apresentam idades bem inferiores em relação às idades das rochas continentais?



COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

No tocante ao item 1, lembre-se de que, com o avanço das pesquisas sobre o fundo dos oceanos, principalmente com a datação das rochas, foi possível observar que, próximo às bordas dos continentes, as rochas do assoalho oceânico são mais antigas. Quando comparamos as idades das rochas do atlântico norte com as do atlântico sul, percebemos que as primeiras possuem idades maiores. Para responder a esta questão é necessário se conhecer a cronologia dos eventos pós-fragmentação do supercontinente Pangéia.

Quanto ao item 2, não esqueça que, com a fragmentação dos continentes, o material em fusão do interior da Terra ascenderá e solidificará nos centros de expansão localizados no meio dos oceanos. As rochas mais jovens encontram-se no centro de expansão e distantes, portanto, das bordas dos continentes. No entanto, na Califórnia não é isso o que ocorre. Para se manter o raio da Terra constante, é necessário compensar a contínua expansão dos fundos dos oceanos de alguma forma.

Já o item 3 rememora que, para a manutenção do raio da Terra é necessário compensar a contínua expansão dos fundos dos oceanos, com a destruição deste em outras partes.



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você conhecerá os movimentos das placas litosféricas e as atividades geológicas como sismicidade e magmatismo.



LEITURA COMPLEMENTAR

BRANCO, S. M.; BRANCO, F. C. A deriva dos continentes. São Paulo: Moderna, 1992

SUGUIO, K.; SUZUKI, U. A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003.

WYLLIE, Peter J. A Terra: nova geologia global. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.

REFERÊNCIAS

PRESS, F. et al. Para entender a Terra. Tradução: R. Menegat et al. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. História ecológica da Terra. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1994

TEIXEIRA, W. et al (org.). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.