

TECTÔNICA DE PLACAS: A TEORIA

META

Apresentar a teoria, os mecanismos de movimentação das placas litosféricas e os principais limites de placas, assim como as atividades geológicas e grandes feições morfológicas associadas aos limites.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

identificar a dinâmica causada pela fonte de calor interna da Terra;

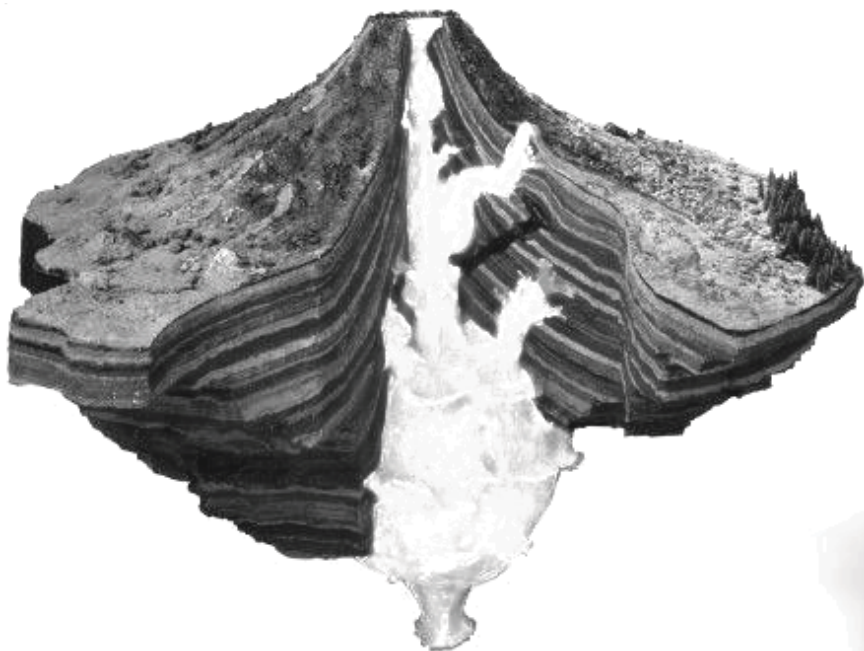
estabelecer o significado de limites de placas e movimentação das placas;

reconhecer a distribuição e concentração de atividades sísmicas e vulcânicas na Terra; e

reconhecer o processo de formação das grandes feições morfológicas da Terra.

PRÉ-REQUISITOS

Conhecimento sobre a composição da crosta oceânica e da crosta continental, composição basáltica e granítica, densidade da crosta oceânica e da crosta continental, estado físico da litosfera e da astenosfera, e a distribuição espacial dos vulcões e terremotos.



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

INTRODUÇÃO

Antes de começar a estudar a Teoria da Tectônica de Placas, vamos relembrar algumas informações dadas na aula que tratou do interior da Terra (aulas 7 e 8):

1. A crosta oceânica é mais densa que a crosta continental. Isto se dá em função da composição química dela. A crosta oceânica apresenta uma composição basáltica, ou seja, rica em minerais ferro-magnesianos, enquanto que a crosta continental é constituída por silicados leves.
2. A litosfera, que compreende a crosta e a parte do manto superior, tem comportamento rígido, sólido. A litosfera flutua sobre a astenosfera, que é a camada do interior da Terra que apresenta comportamento “plástico”, ou seja, material parcialmente fundido.

Não se esqueça destas informações, pois você precisará delas daqui a pouco!

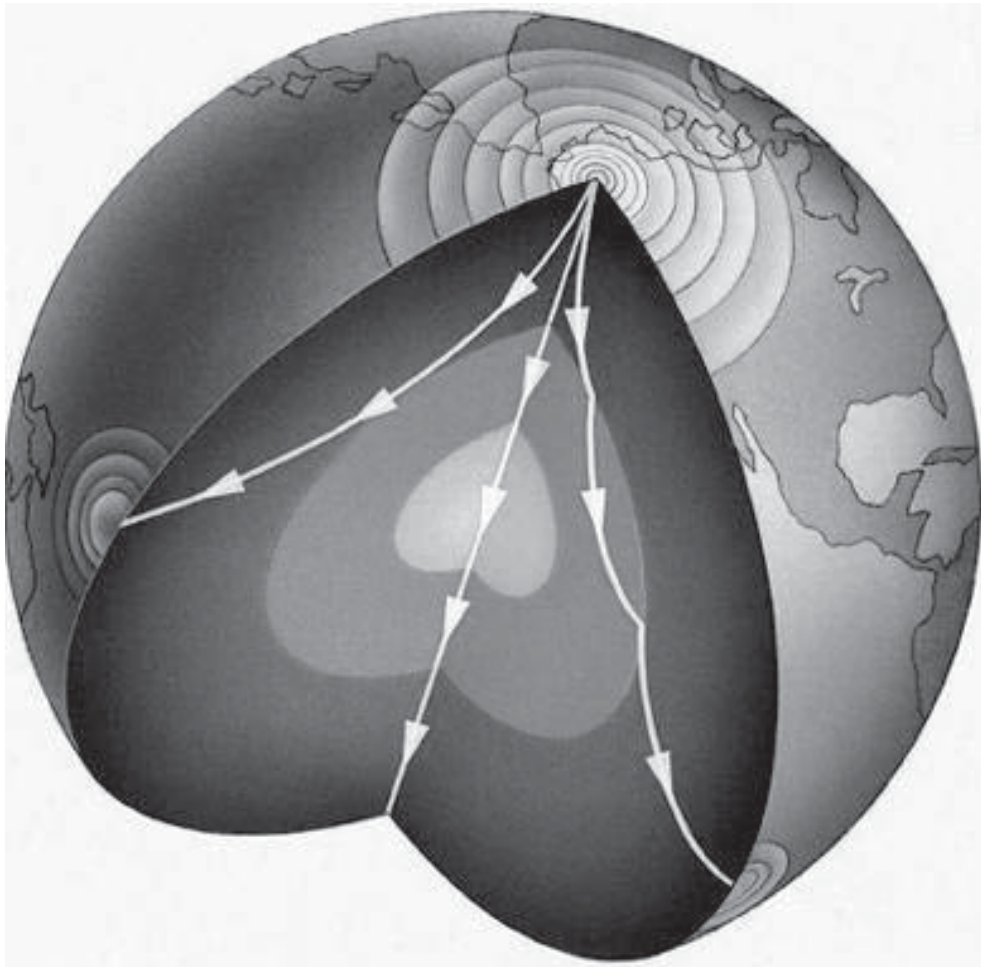


Figura 10.1 - O núcleo terrestre e as placas tectônicas (Fonte: <http://legacycreative.gettyimages.com>).

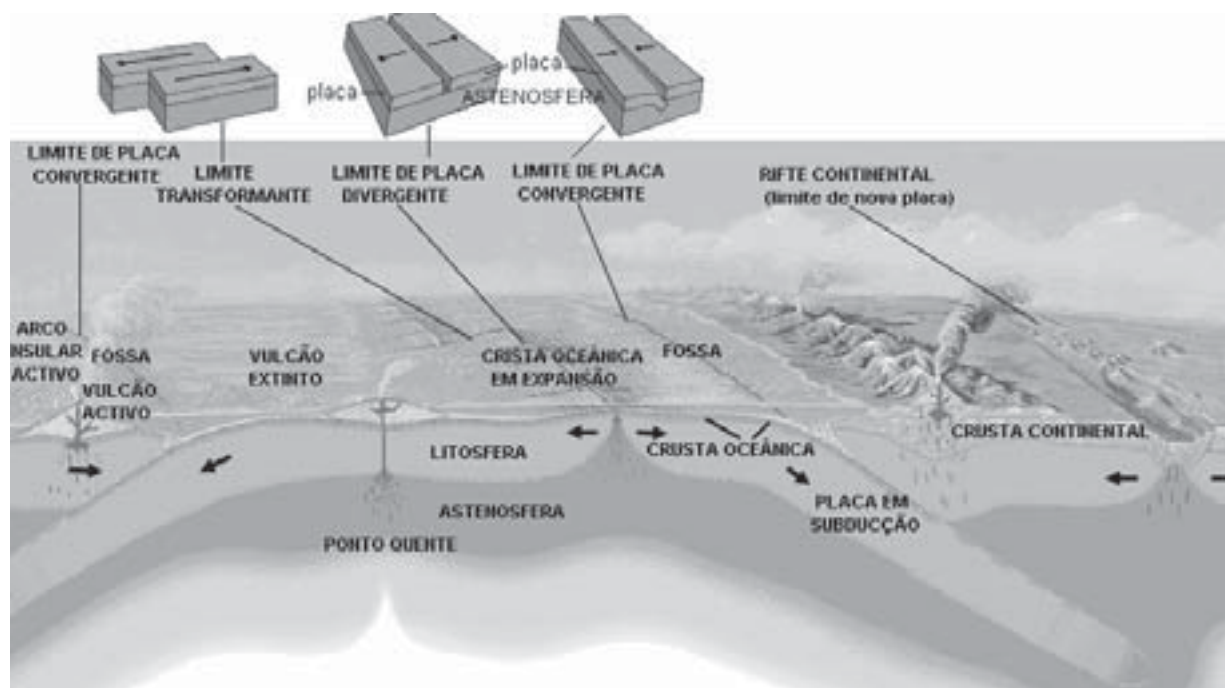


Figura 10.3 - Tipos de limites de placas: a) divergente; b) convergente; c) transformante.

Vulcanismo

Extravasamento do material fundido (magma) à superfície terrestre. O magma, ao perder elementos voláteis, passa a ser denominado de lava.

Mas o que ocorre de interessante em termos geológicos nestes limites? Se você quer ver atividades e feições geológicas, tais como terremotos, **vulcanismo**, grandes cadeias de montanhas, fossas submarinas, é para os limites de placas que tem que ir! Estes limites constituem as regiões mais instáveis da Terra! Você tem dúvida? Então compare as figuras 9.11 e 9.12 da aula anterior (aula 9), que mostra a distribuição dos terremotos e vulcões do mundo, com a figura 10.3 desta aula que mostra os limites de placas.

Por outro lado, a maioria das placas é mista, quer dizer, contém tanto litosfera oceânica como litosfera continental. Exceção é a placa de Nazca, completamente oceânica. Para dinamizar a leitura, faremos referência apenas aos tipos de placas envolvidas (oceano ou continente) em seu limite.

LIMITES DIVERGENTES

Nos limites divergentes, as placas movem-se em sentido contrário, afastando umas das outras. Os tipos de placas envolvidas podem ser: continente-continente ou oceano-oceano.

No primeiro caso, está associado à fragmentação de um continente. Isto ocorreu por aqui há cerca de 200 Ma (milhões de anos), quando a América do Sul começou a se separar da África. E quer saber mais...? Está acontecendo atualmente no leste africano!

Provavelmente uma pluma aquecida sob o continente fez com que este sofresse um intumescimento e um soerguimento. Em seguida, em função do resfriamento subsequente, ocorreu uma subsidência, favorecendo o

desenvolvimento de um sistema de **falhas**, formando assim, um grande **rift-valley** (Figura 10.4).

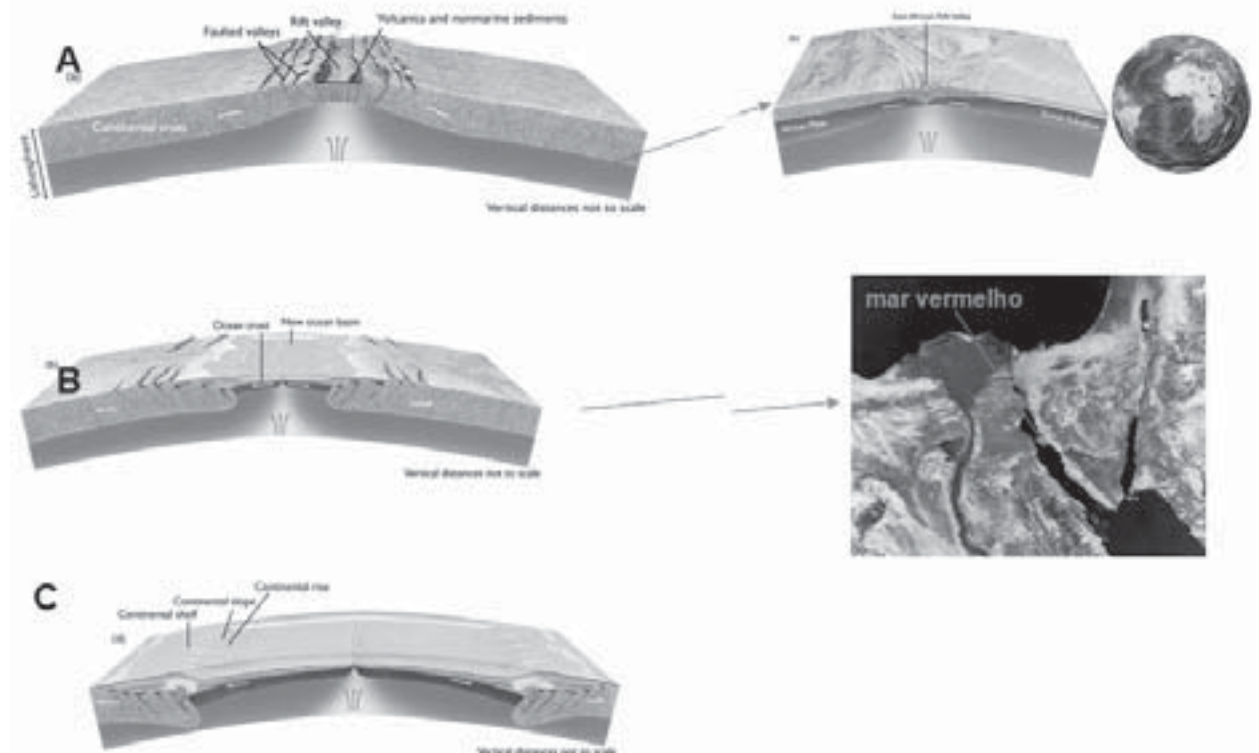


Figura 10.4 - Limite divergente mostrando: A - Fragmentação de um continente (divergência continente-continente), B e C - Formação de nova litosfera oceânica (divergência oceano-oceano). Observe que em A é formado um sistema de rift-valley, a exemplo do leste africano. Em B, oceano restrito. Em detalhe, imagem de satélite mostrando o mar Vermelho. Em C há formação da cadeia meso-oceânica, em um oceano aberto, a exemplo do Oceano Atlântico Sul.

Se o processo de separação prosseguir, então ocorrerá o segundo caso. Sendo assim, o material oriundo da astenosfera ou de níveis mais rasos ascende. Este material é o magma, que constitui rocha parcial ou totalmente fundida. O magma extravasa à superfície, formando nova litosfera oceânica (por isso, a denominação de limite construtivo). O assoalho oceânico é arrastado simetricamente para fora do eixo de extravasamento do magma. Este eixo é marcado pela formação de uma cadeia de montanhas submarinas – as cadeias ou dorsais meso-oceânicas. No oceano atlântico estas cadeias são denominadas de meso-atlânticas e podem ou não possuir um rift-valley central (Figura 10.4).

Falha

Interrupção física na rocha, quando há deslocamento relativo dos blocos.

Rift-valley

Depressão causada por sistemas de falhas.

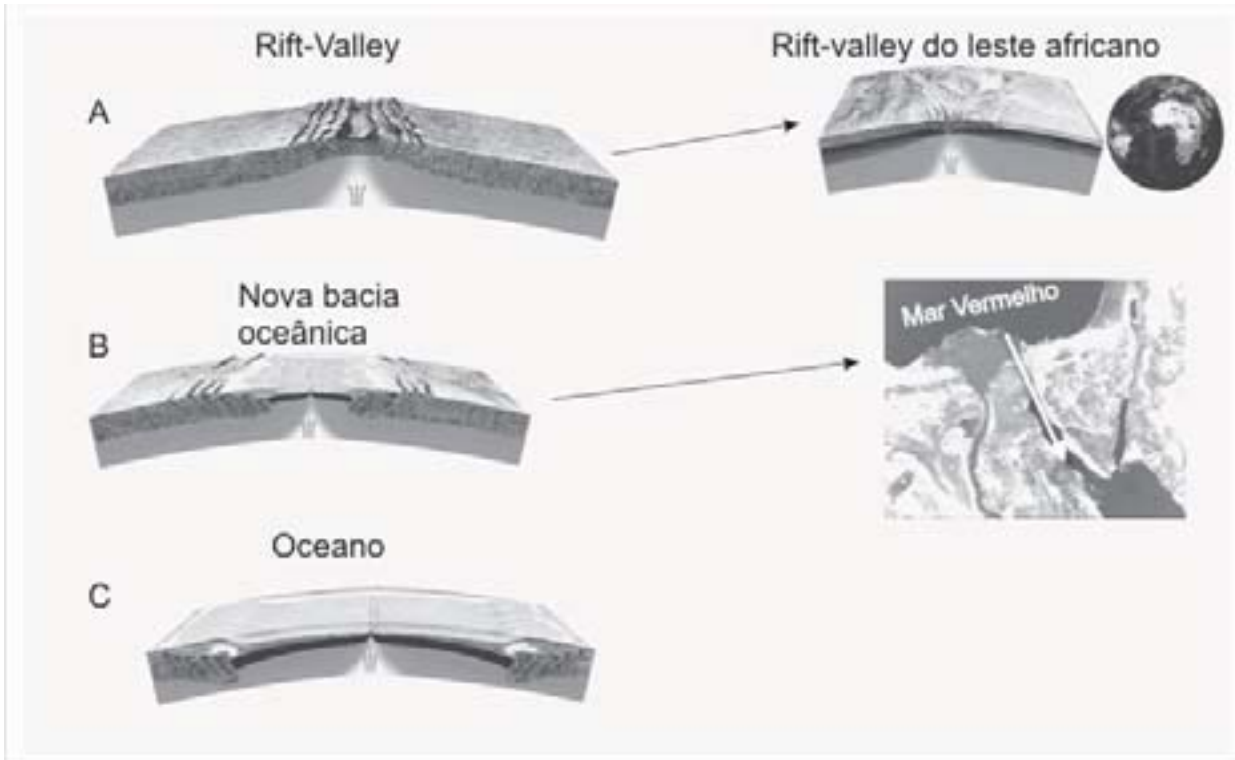


Figura 10.5 - Limite divergente oceano-oceano com a exposição da cadeia meso-atlântica acima do nível do mar na Islândia (A). Observe o rift-valley em B.

Como está sendo construída continuamente nova litosfera oceânica no eixo das cadeias meso-oceânicas, as idades das rochas do fundo oceânico não são as mesmas. Próximo ao eixo da dorsal, existem as rochas mais novas, enquanto mais afastadas do eixo, há as rochas mais antigas. Ao atravessar o oceano Atlântico, saindo de Aracaju e chegando em Luanda, na África, como seriam as idades das rochas do fundo oceânico?

As cadeias meso-oceânicas representam a feição fisiográfica mais importante do globo, totalizando mais de 80.000 km de comprimento, largura de 2.000-4.000 km e elevação de 1-3 km ou mais acima do nível assoalho oceânico. São montanhas expressivas, porém, submersas. Apenas na Islândia, esta aflora à superfície (Figura 10.5).

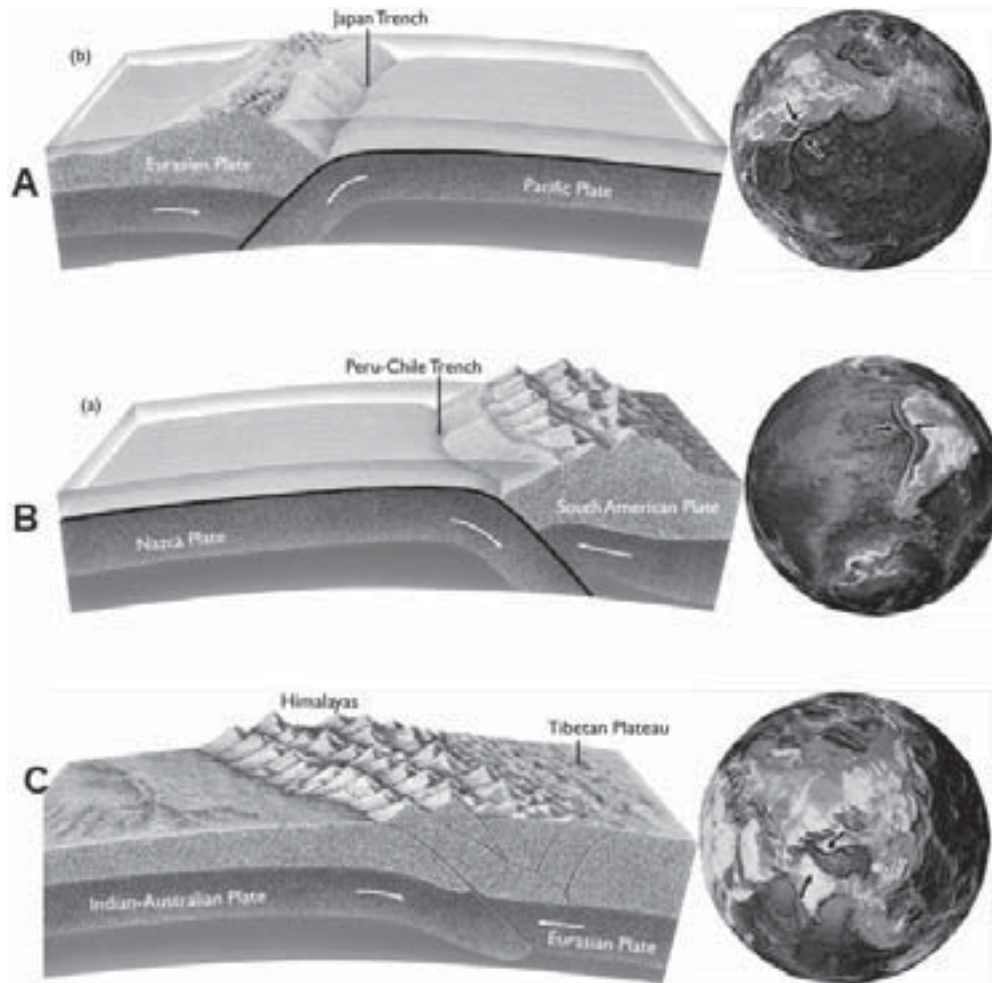


Figura 10.6 - Limite convergente. Em A, colisão oceano-oceano. Exemplo das ilhas vulcânicas japonesas e fossa oceânica adjacente. Em B, colisão oceano-continente. Exemplo subducção da placa de Nazca sob a placa sul americana, com a formação da Cordilheira dos Andes. Em C, colisão de duas placas continentais, com o exemplo da formação dos Himalaias.

Investigações com a utilização de robôs submersíveis constataram a presença de atividade vulcânica não violenta e abalos sísmicos rasos, indicando se tratar de uma zona tectonicamente instável. Além das atividades sísmicas e vulcânicas, na Islândia, por se tratar de uma zona de expansão, é de se esperar um aumento contínuo em sua área.

LIMITES CONVERGENTES (OU DESTRUTIVOS)

Nos limites convergentes, as placas se movem umas em direção às outras. São zonas compressivas, que incluem oceano com oceano, oceano com continente e continente com continente (Figura 10.6).

COLISÃO OCEANO-OCEANO

Plutonismo

Aprisionamento do material fundido (magma) dentro da litosfera.

Magmatismo

Fenômenos associados à gênese, evolução e solidificação do material em fusão existente no interior da Terra e que dá origem às rochas ígneas (plutônicas e vulcânicas).

Quando há convergência envolvendo litosferas oceânicas, a mais antiga e, portanto, a mais fria, será mais densa, e por isso mergulhará sob a mais recente. Este processo é denominado subducção. Mas o que acontece com a litosfera oceânica que sofre a subducção? Ela será destruída. Por isso que este limite também é conhecido por limites destrutivos. A placa, ao mergulhar, está sujeita a uma maior temperatura e pressão; em determinada profundidade, ocorrerá a sua fusão. O material fundido, menos denso, tenderá a subir pelas fendas e fraturas da litosfera oceânica, formando ilhas vulcânicas. Exemplos: diversas ilhas do Pacífico, incluindo o Japão, ilhas do Índico e do Oceano Atlântico, no mar do Caribe. Estas ilhas formam arcos, sendo, por isso, conhecidas como arcos de ilhas vulcânicas, e são perpendiculares à direção de movimentação das placas. Na colisão de placas oceânicas, além da formação dos arcos de ilhas vulcânicas, formam-se outras importantes feições morfológicas: as fossas tectônicas ou oceânicas, que são depressões profundas situadas sobre a zona de subducção.

As atividades geológicas mais marcantes consistem em vulcanismo e abalos sísmicos rasos, intermediários e profundos em função do atrito causado pela subducção em diferentes profundidades.

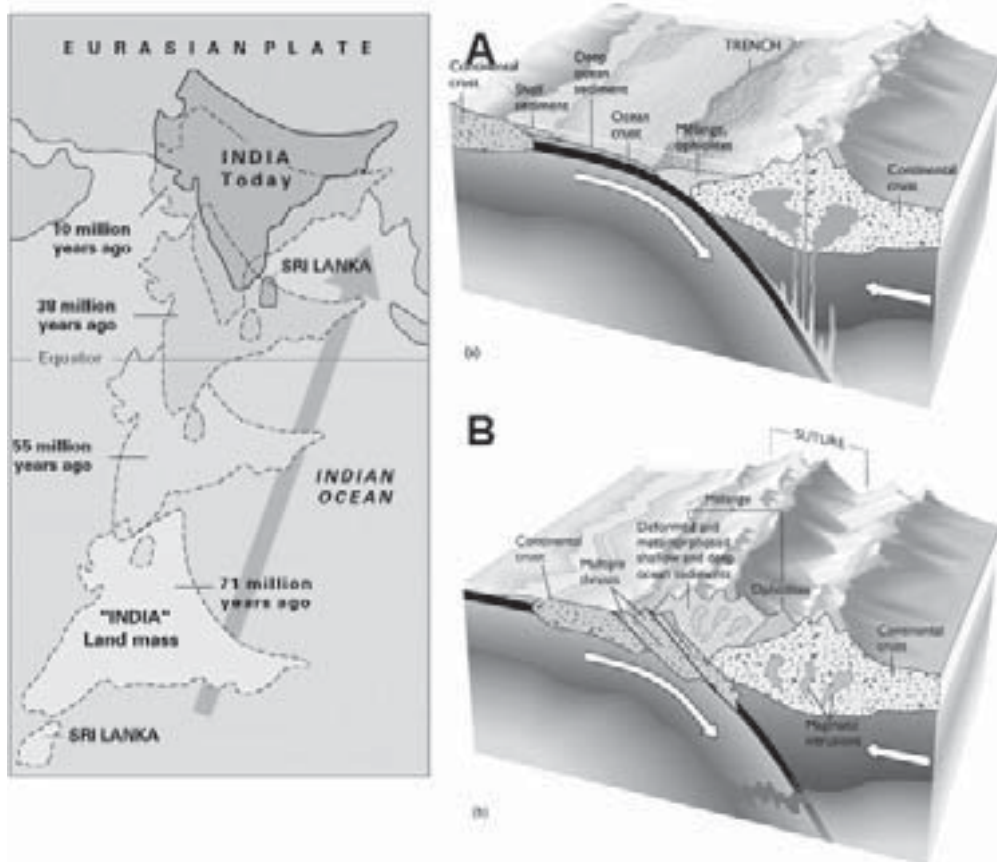


Figura 10.7: Reconstrução paleogeográfica da Índia de 71 Ma até os dias atuais. Ao migrar, a Índia colidiu com a Ásia, formando a cordilheira do Himalaias. Observe que o limite de placas inicialmente era do tipo oceano-continente, passando para um limite continente-continente após a destruição total do oceano.

COLISÃO OCEANO-CONTINENTE

Quando uma placa oceânica se choca com uma placa continental, ocorre também a subducção. Só que neste caso, temos dois tipos de placas: uma oceânica e a outra continental. Qual é mesmo a litosfera mais densa: a oceânica ou a continental? Então, qual litosfera vai mergulhar sob a outra? Se você respondeu que a litosfera oceânica é a mais densa por ter composição basáltica, acertou. Este processo é o mesmo que ocorre na convergência de oceano-oceano, denominado de subducção. Por outro lado, fatias da litosfera oceânica podem ser empurradas por sobre a litosfera continental. Este processo é denominado obducção. Portanto, subducção e obducção são processos distintos!

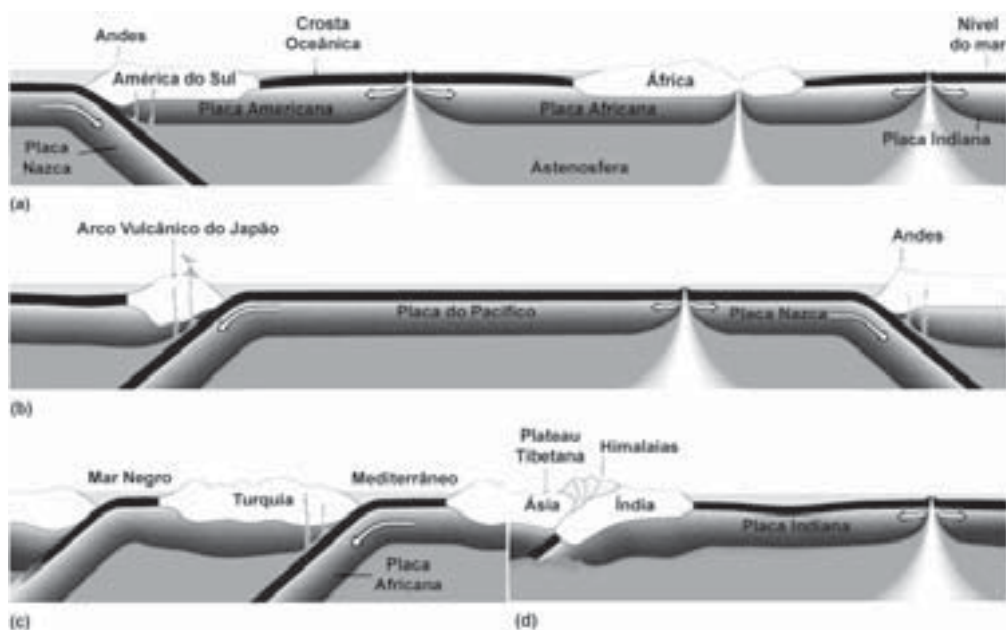


Figura 10.8 - Seções esquemáticas envolvendo as placas (a) nazca, sul-americana, africana e indo-australiana; b) eurásiana, do Pacífico, de Nazca e africana, (c) eurásiana, africana; (d) eurásiana, indo-australiana.

Da mesma forma que na situação oceano-oceano, a placa que sofre subducção será fundida a certa profundidade. O material fundido, menos denso, tenderá a subir pelas fendas e fraturas da litosfera continental. Parte deste material ficará aprisionado no interior da Terra em processo denominado de plutonismo. A outra parte chegará à superfície, em processo chamado vulcanismo.

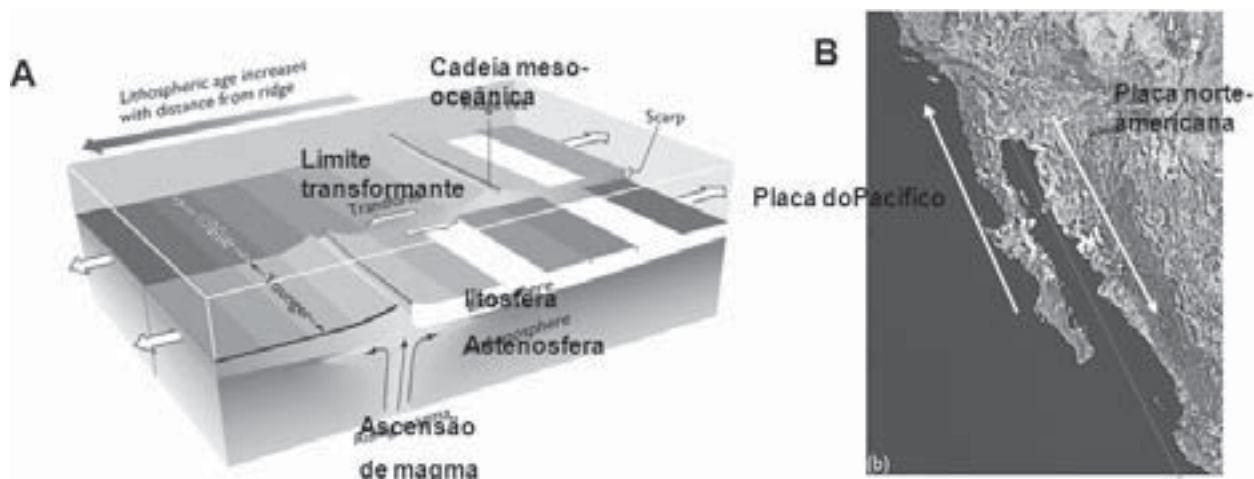


Figura 10.9 - Limite transformante. Em A – em placa oceânica. Em B – em placa continental, com o exemplo da Falha de Santo André, na Califórnia. As setas indicam o movimento das placas.

Os esforços compressivos, gerados nas zonas de colisão de placas convergentes, associados ao intenso magmatismo que introduz corpos ígneos no material litosférico afetado, edificam vulcões na superfície e formam grandes cadeias de montanhas de grande extensão. São exemplos as cordilheiras dos Andes e Alpes. Na parte marinha, também ocorrem as fossas tectônicas ou oceânicas. As atividades geológicas incluem vulcanismo e abalos sísmicos raso, intermediário e profundo, em decorrência do atrito da placa em diferentes profundidades.

COLISÃO CONTINENTE-CONTINENTE

Na colisão de placas do tipo continente-continente, ocorre um espessamento extremo da litosfera. Nesta situação, não há mais destruição de placas. Exemplo foi o choque da Índia com a Ásia há cerca de 10 Ma, formando as cordilheiras dos Himalaias.

Dá para perceber que existia um oceano entre a Índia e a Ásia? Você está se perguntando se a convergência era do tipo oceano-continente? É isso mesmo! Quando a Índia e a Ásia se chocaram, o oceano desapareceu. Veja o quadro “Ciclo de Wilson”, que explica a formação e destruição de oceanos e entenda mais a dinâmica da Terra!

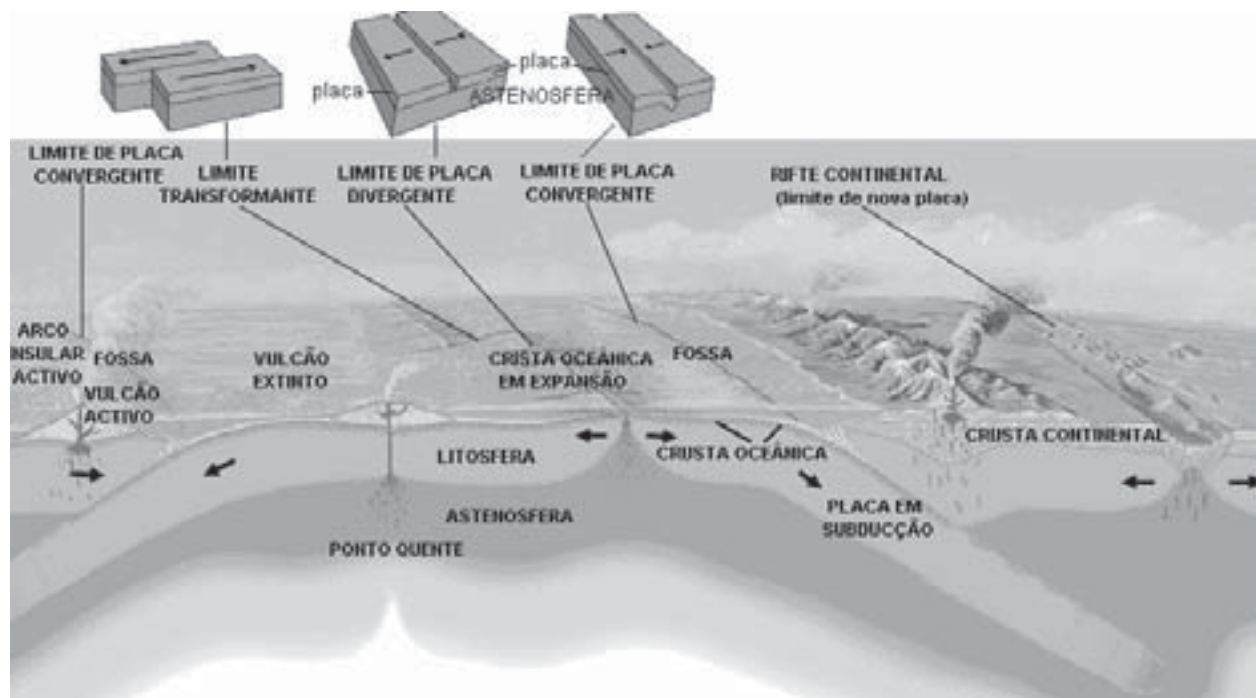
Os exemplos dados podem ser mais bem visualizados na seção esquemática apresentada na figura 10.8.

LIMITE TRANSFORMANTE (OU CONSERVATIVO)

Neste tipo de limite o deslocamento das placas é horizontal e paralelo, sem construção nem destruição de placas. Pode ocorrer entre placas oceânicas ou entre placas continentais. No caso das placas oceânicas, pode-se

citar, como exemplo, as cadeias meso-oceânicas. Estas não são contínuas, mas fragmentadas por falhas transformantes. Nas placas continentais, o exemplo mais marcante refere-se à falha de Santo André na Califórnia. Atividades sísmicas rasas são bastante frequentes e as atividades magmáticas são pouco expressivas.

Você, neste momento, está se perguntando: qual é o mecanismo de movimentação das placas litosféricas? E as ilhas havaianas, foram formadas da mesma maneira que as ilhas japonesas? Estas e outras questões serão esclarecidas na próxima aula.



(Fonte: <http://domingos.home.sapo.pt>).

CICLO DE WILSON

O Ciclo de Wilson é uma seqüência de eventos de abertura e fechamento de bacias oceânicas. Vamos entendê-lo com a exemplificação de equivalentes modernos para facilitar a nossa compreensão sobre a Tectônica de Placas e sua evolução no tempo e no espaço.

Estágio de Evolução	Exemplos	Movimentos dominantes	Feições características
1 – Embrionário	Rift-valley do leste Africano	Extensão e soerguimento, com fragmentação de um continente	Rift-valleys
2 – Jovem	Mar Vermelho	Subsidência e expansão	Mares estreitos com costas paralelas e uma depressão central
3 – Maduro	Oceano Atlântico	Expansão	Bacias oceânicas com cadeias meso-oceânicas
4 – Declínio	Oceano Pacífico	Expansão e subducção	Bacias oceânicas com destruição com eixos de expansão ativos; arcos de ilhas e fossas adjacentes às margens
5 - Terminal	Mar Mediterrâneo	Encurtamento e soerguimento	Montanhas jovens
6 - Relíquia	Sutura da Índia com a Ásia-Himalaia	Encurtamento e soerguimento	Montanhas jovens

Quadro 1: Ciclo do Wilson.

O registro geológico mostra que o Ciclo de Wilson ocorreu várias vezes na história da Terra, com a movimentação contínua dos continentes, ora se juntando ora se fragmentando.

CONCLUSÃO

Conforme visto no decorrer desta aula, a litosfera é fragmentada em placas denominadas litosféricas ou tectônicas, que podem englobar litosfera continental e/ou litosfera oceânica. Estas placas são rígidas e flutuam sobre a astenosfera que apresenta comportamento “plástico”. As placas se movimentam em função das correntes de convecção presentes na astenosfera ou em todo o manto. Nos contatos ou limites das placas podem ocorrer movimentos divergentes, convergentes ou transformantes. Nos limites de placas, concentram-se as maiores atividades sísmicas e vulcânicas do planeta.

RESUMO

A superfície da Terra não é contínua, mas fragmentada em placas litosféricas ou tectônicas. Estas placas movimentam-se sobre a astenosfera, ora se afastando, ora colidindo, ora passando lateralmente umas pelas outras em limites denominados divergentes, convergentes e transformantes, respectivamente. São nestas regiões da superfície terrestre que se concentram as atividades sísmicas e magmáticas (vulcanismo e plutonismo), assim como estão presentes as grandes feições do relevo terrestre, tais como cadeias de montanhas, fossas oceânicas, vulcões etc.

**ATIVIDADES**

1. Qual é o futuro do:
 - a) Mar Mediterrâneo?
 - b) Oceano Pacífico?
2. Poderá o oceano Atlântico desaparecer no futuro?
3. Poderá o continente africano se dividir em dois ou mais continentes menores?
4. O que você espera que ocorra com relação à distância, caso você construa duas casas na Islândia, uma em cada lado do rift-valley?

**COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES**

Para responder às questões 1 e 2, basta rever o Ciclo de Wilson que mostra a abertura e o fechamento de oceanos ao longo do tempo, com exemplos de análogos modernos.

Na questão 3, faça um retrocesso no tempo geológico e veja através das reconstruções paleogeográficas o que existia antes, durante e depois da formação do supercontinente Pangéia.

Quanto à questão 4, os limites de placas podem ser dos tipos divergente, convergente ou transformante, que envolvem litosfera oceânica e/ou continental. Veja em qual tipo de limite de placas a Islândia, situada no meio do Atlântico norte, se encontra.

PRÓXIMA AULA

Mais adiante, você verá como funciona a dinâmica das placas litosféricas e a reconstrução paleogeográfica do supercontinente Pangéia.





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, 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.