

NEOTECTÔNICA E MORFOTECTÔNICA

Aula 1

TECTÔNICA DE PLACAS E MEGA- ESTRUTURAS DA CROSTA

Prof. Eduardo Salamuni

Aula baseada no livro

Understanding Earth (3ª edição) de Peter Copeland e William Dupré
(Universidade de Houston)

ESTUDO DAS PAISAGENS - GEOMORFOLOGIA

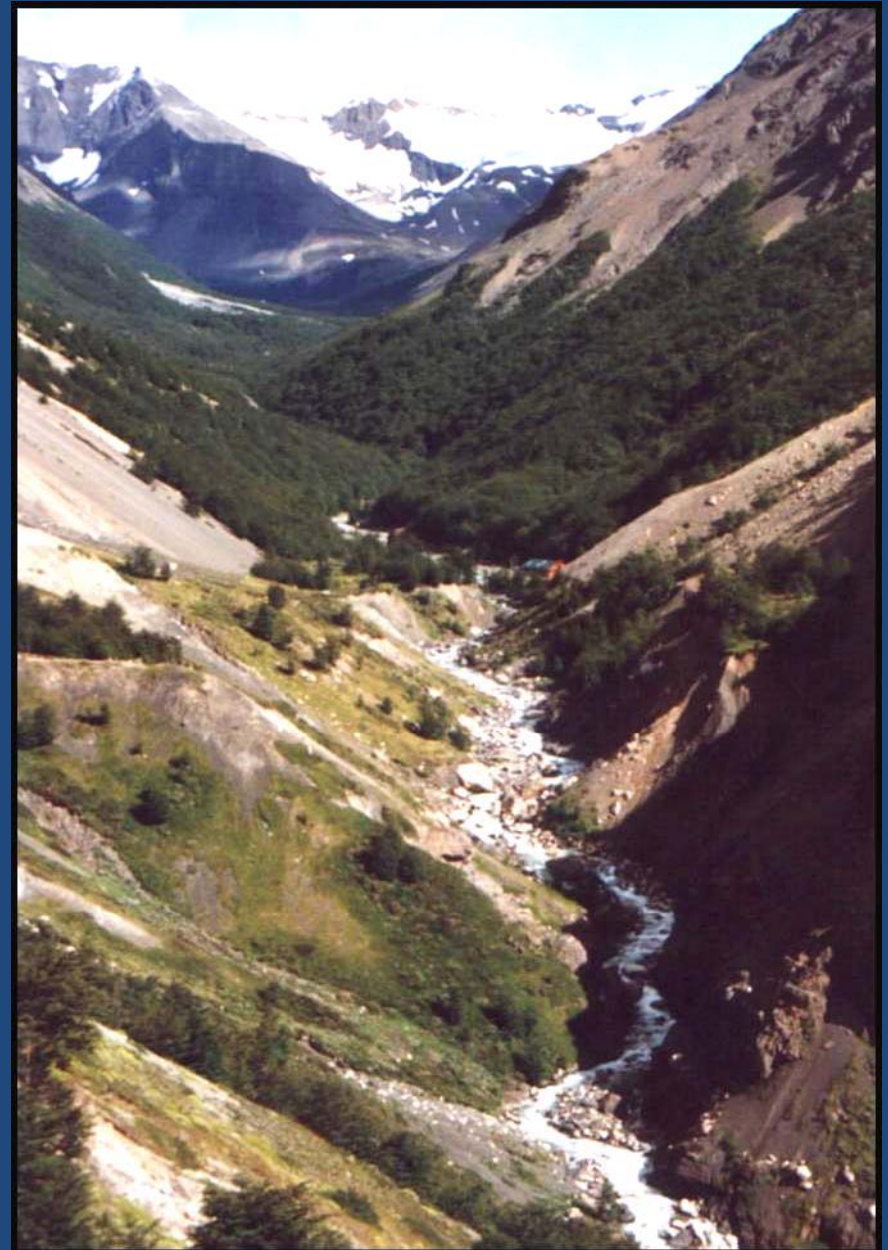
- Estudo sistemático das formas de relevo, baseando-se nas características que lhes determinaram a gênese e a evolução.
- Usa como premissas a natureza das rochas, suas estruturas (intrínsecas ou extrínsecas), o clima e as diferentes forças endógenas (tectônicas) e exógenas, que entram como fatores construtores e destruidores do relevo terrestre.

Paisagens, morfoestrutura e morfotectônica

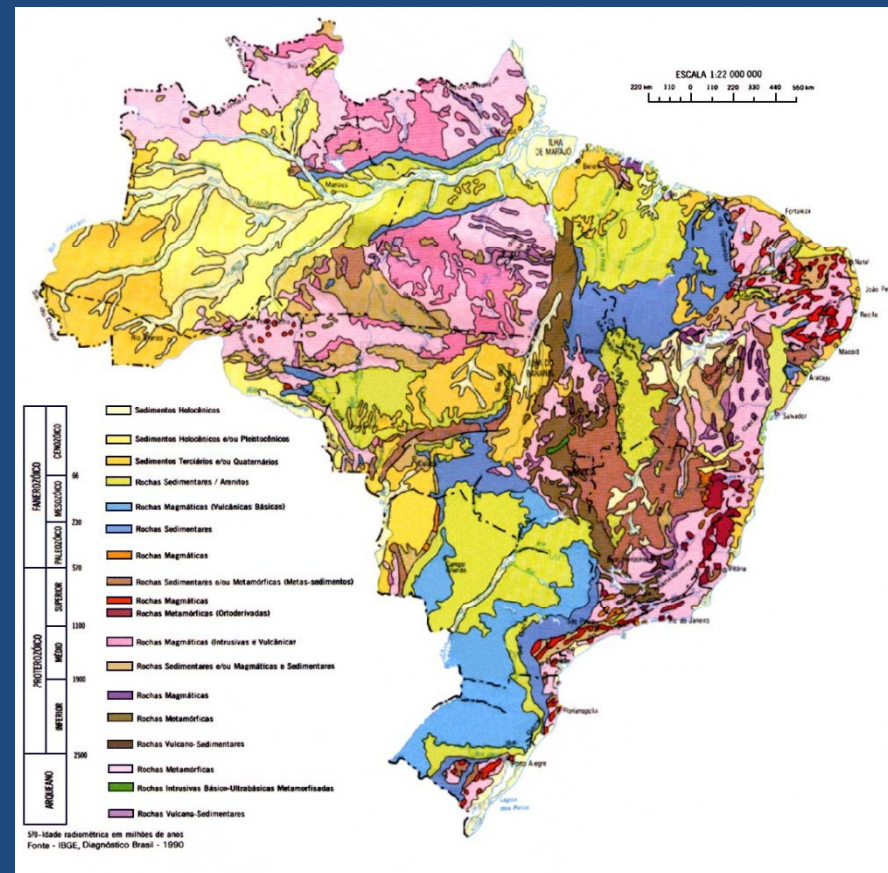
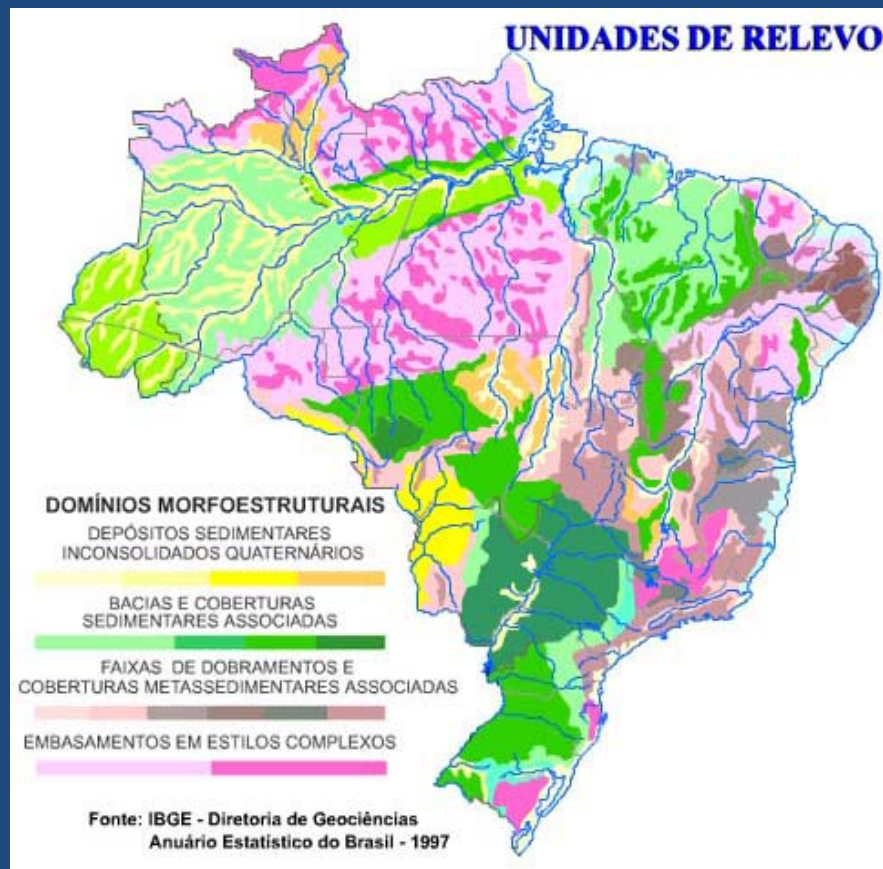
Um método: refletir sobre aquilo que se vê para inferir aquilo que não se vê.

- Paisagem (*landscape*): tudo que se relaciona às características superficiais de um terreno. É localizada na interfície da litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera;
- Morfoestrutura: consiste nas feições geomorfológicas correlacionadas exclusivamente às estruturas geológicas ⇒ morfotectônica
- Morfotectônica: “geomorfologia + tectônica”. São processos que agem de forma a criar estruturas morfológicas (morfoestruturas) em nível macrogeomorfológico.

Feições geomórficas nos Andes central (Chile)



Em geral há correspondência entre as unidades de relevo de uma determinada região e seu arcabouço geológico (como exemplo o Brasil)



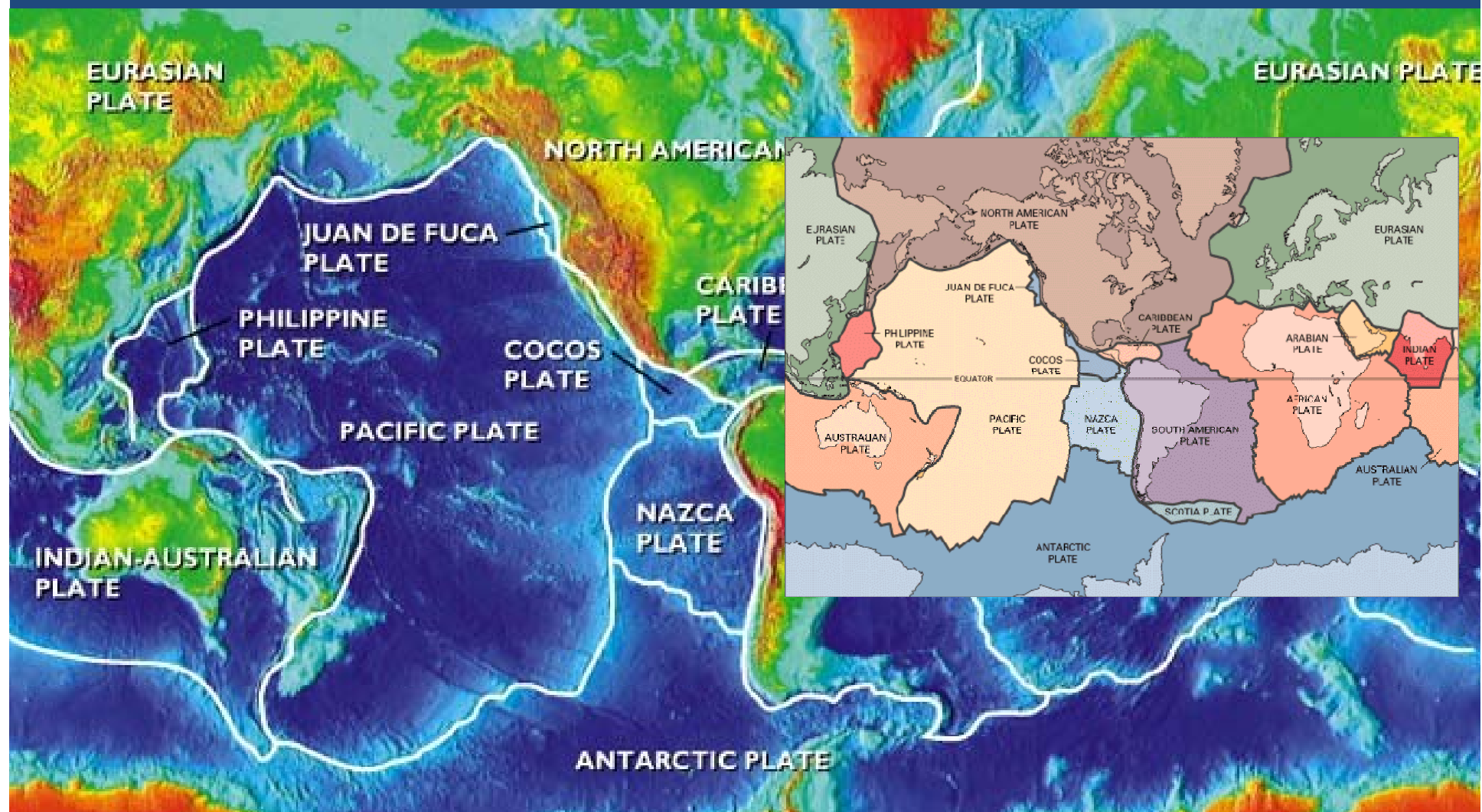
Estudos de macrogeomorfologia / morfotectônica

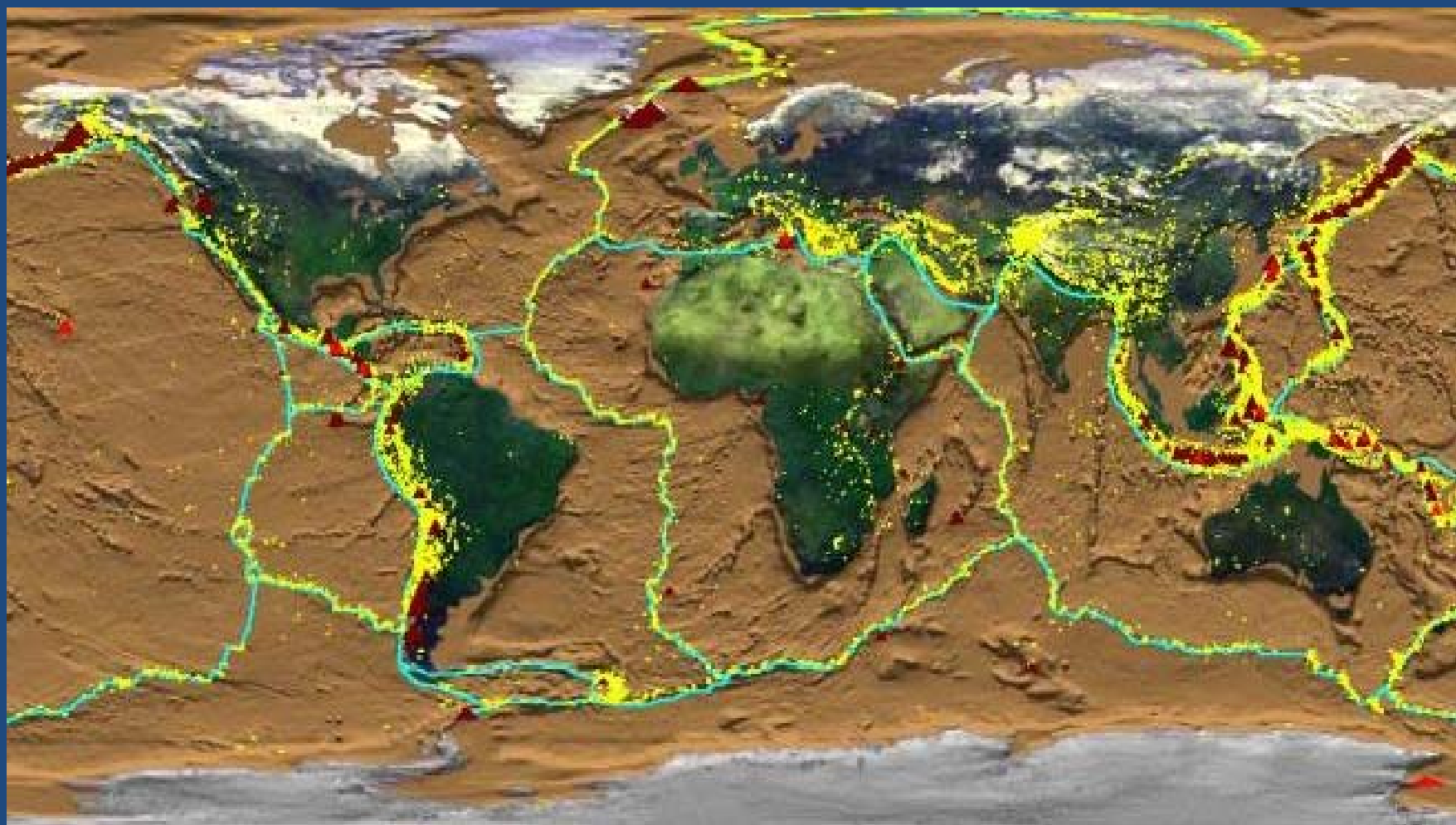
- A maior parte das estruturas morfológicas espetaculares da crosta terrestre, são consequência dos eventos tectônicos em bordas de placas (destruição ou criação de placa).

PLACAS TECTÔNICAS

- É conceito fundamental nas Geociências
- Teoria integrada a partir de vários ramos das geociências
- Inicialmente sugerida a partir da estratigrafia e da paleontologia, entre unidades geológicas semelhantes no Brasil e na África
- Completada a partir de outras evidências (principalmente geológicas e geofísicas)

Mosaico das Placas Tectônicas



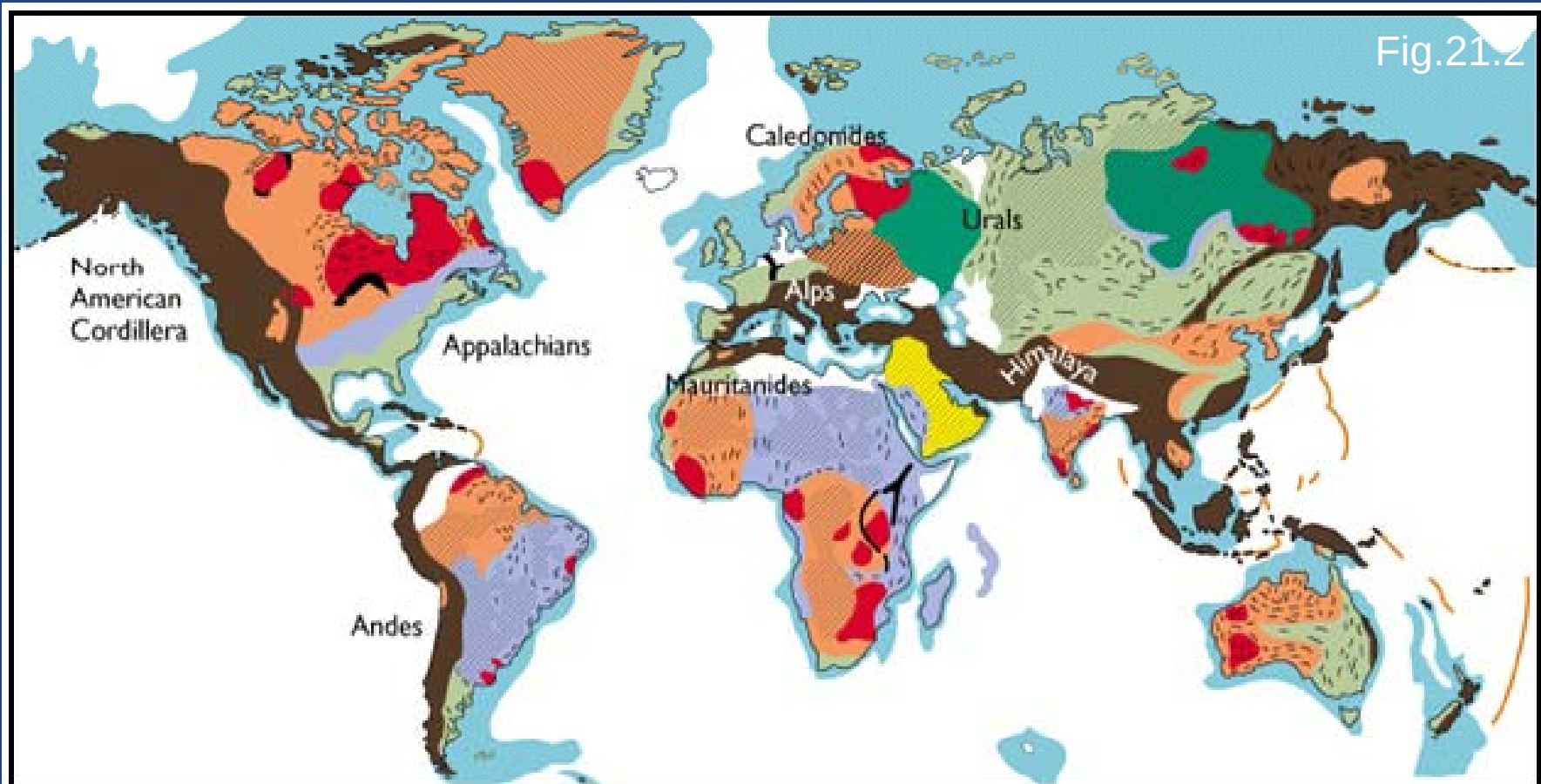


Os movimentos em bordas mais ativas marcam as áreas com maior atividade tectônica atual ou neotectônica.

Características gerais das Placas

- Grupo de rochas de diferentes origens movimentando-se na mesma direção.
- Pode ser composta por crosta oceânica e continental ou apenas por um tipo único de crosta.
- A crosta oceânica é formada por assembléia de rochas derivadas de lavas basálticas (máficas e/ou ultramáficas –MORB *middle ocean ridge basalts*).
- A crosta continental é formada por assembléia de rochas ígneas e/ou metamórficas de composição genérica granítica ou granitóides. Geralmente é recoberta por rochas de médio a baixo grau metamórfico e/ou sedimentos litificados ou não.

Idade da crosta continental



Áreas azuis marcam a crosta
continental submersa

Time span (billions of years ago)

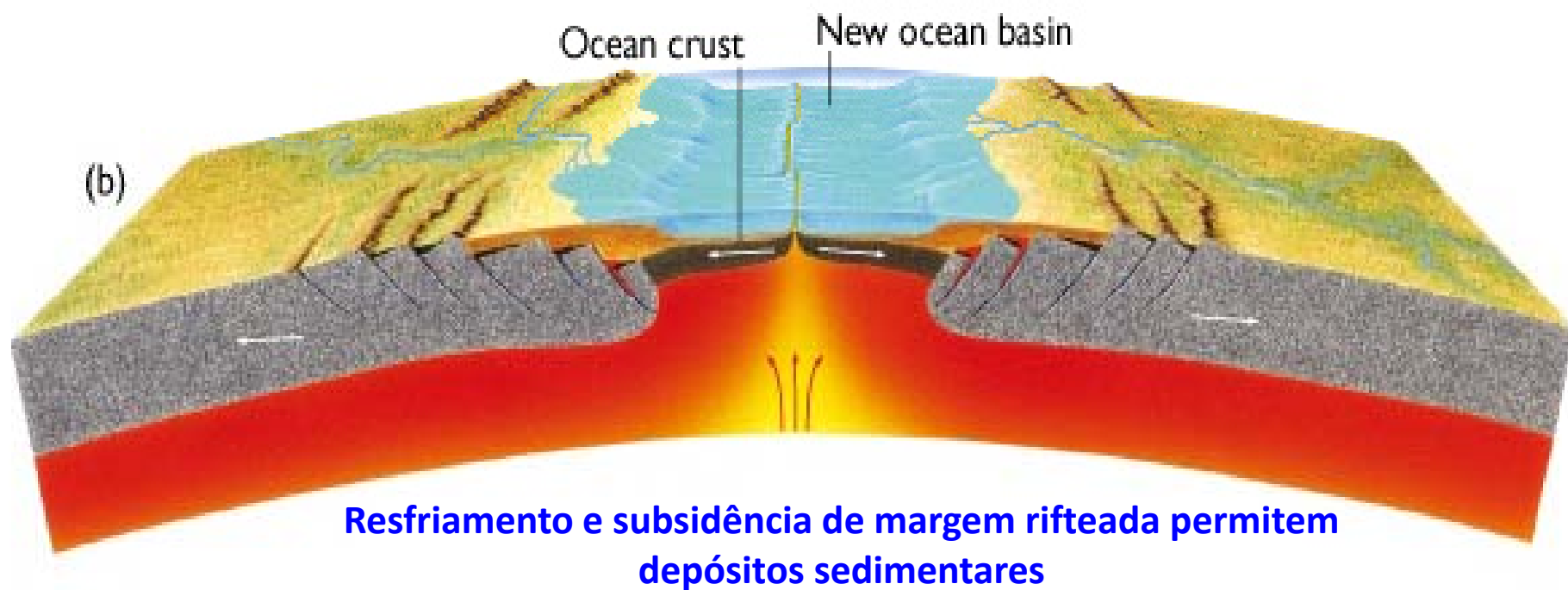
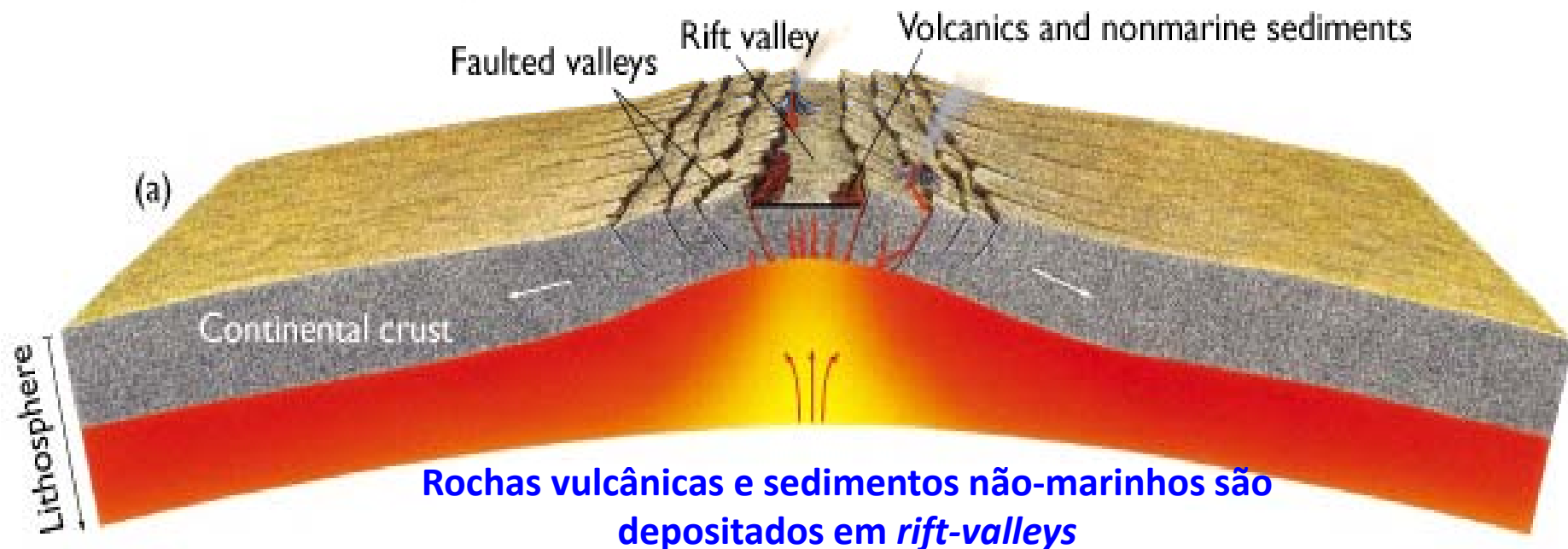


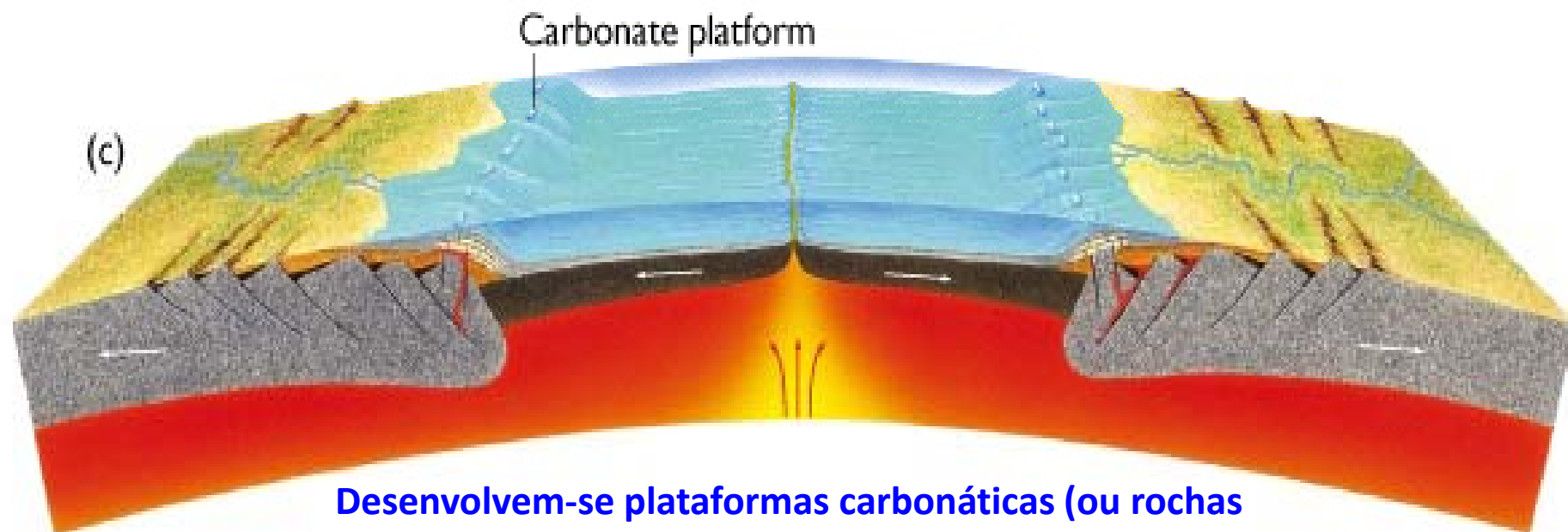
CICLO DE WILSON

Placas Tectônicas aparecem e desaparecem em um ciclo (como num ciclo de vida humano, por exemplo).

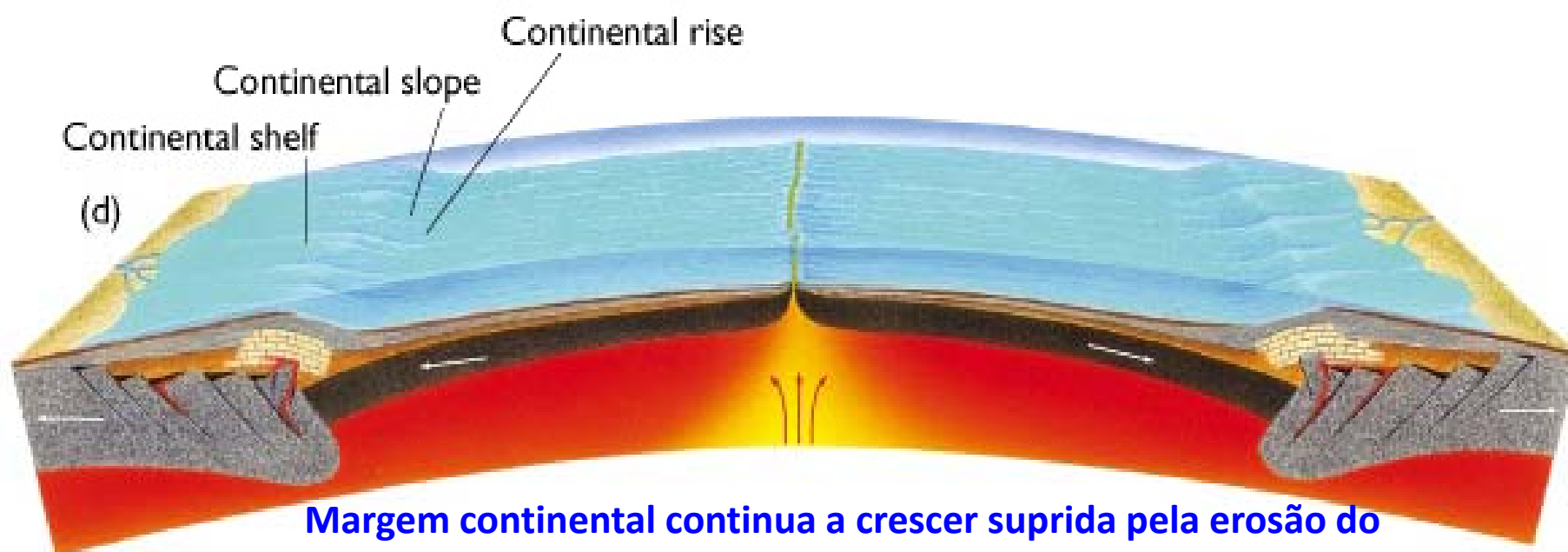
Há seis estágios, que podem se repetir ou serem abortados em uma fase qualquer:

- 1) **Estágio embrionário**: inicia o rifteamento com uma junção tríplice (a partir de um hot-spot) (Ex. Leste africano)
- 2) **Estágio juvenil**: inicia a abertura de um novo oceano, com derramamento de lavas básicas tipo MORB (ou mantélicas) (Ex. Mar Vermelho)
- 3) **Estágio de maturidade**: ocorre o alargamento da placa oceânica com afinamento da crosta oceânica (Ex. Oceano Atlântico)





Desenvolvem-se plataformas carbonáticas (ou rochas carbonatadas)

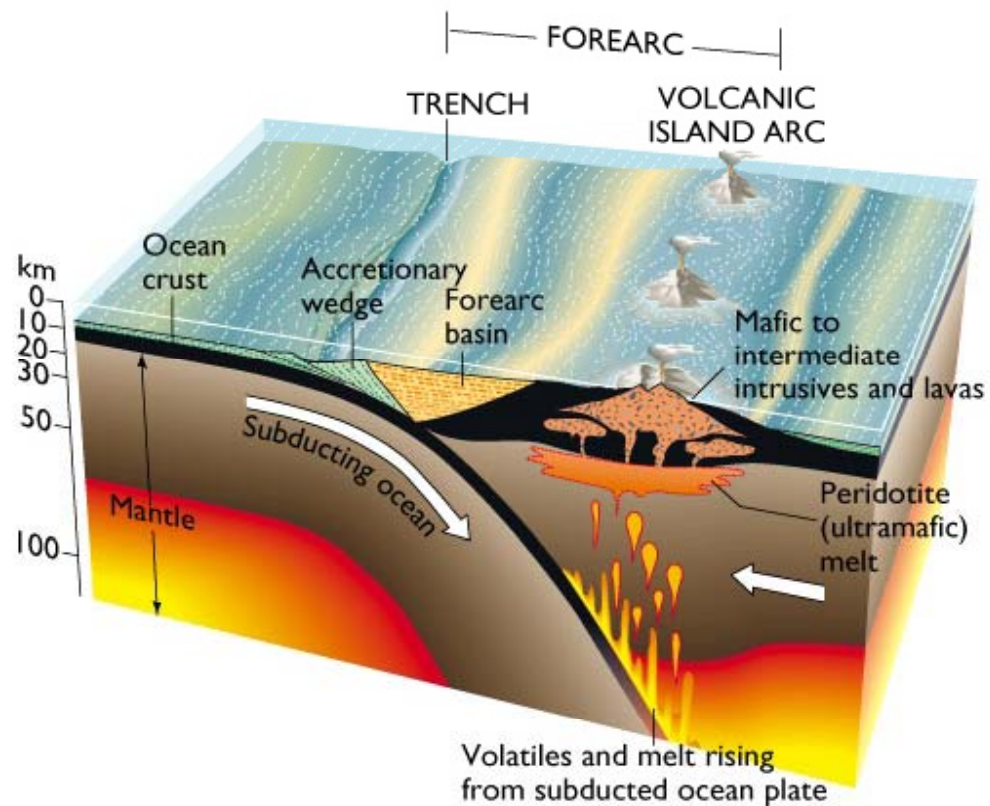


Margem continental continua a crescer suprida pela erosão do continente

No Aptiano (entre 125 e 112 ma atrás) avança a fragmentação do Gondwana, iniciando a formação do Atlântico Sul (é deste período a formação das bacias marginais brasileiras e o pré-sal)

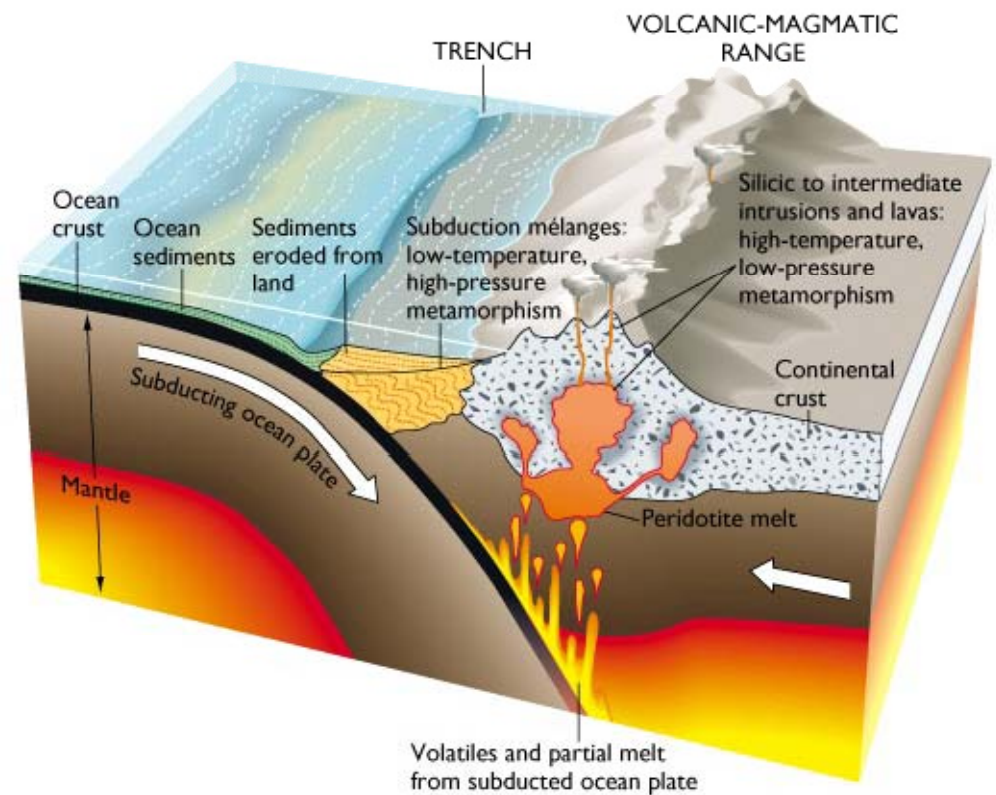


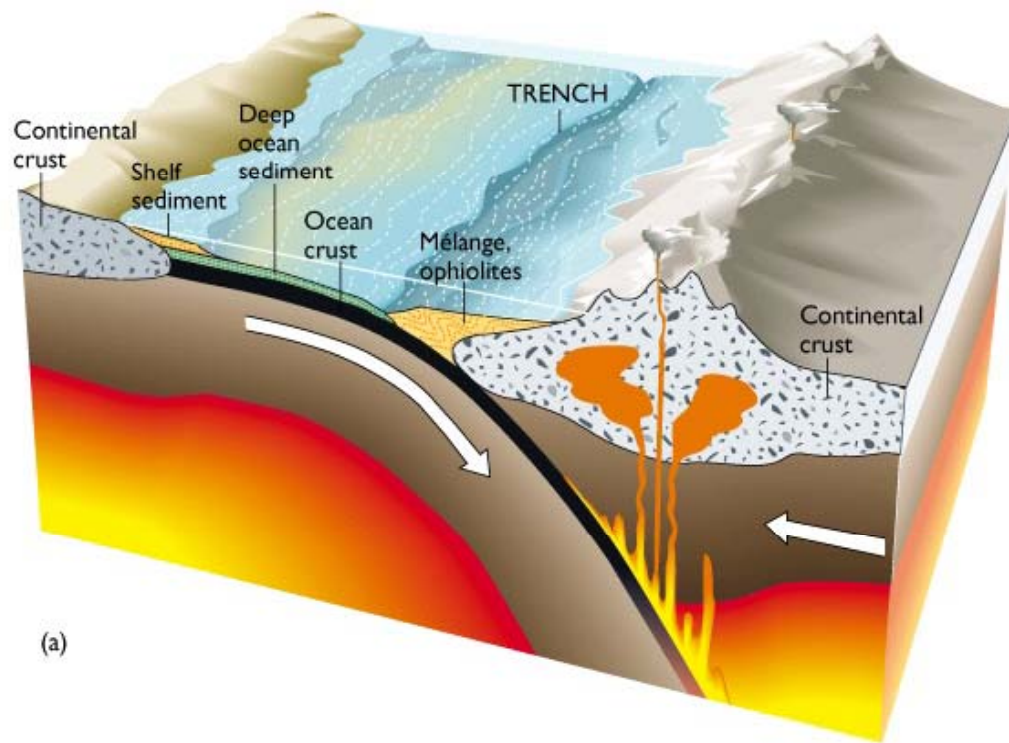
- 4) **Estágio de senilidade**: o alargamento do oceano é máximo e já começa a subducção (do tipo B - zona de Benioff) e a destruição de placa oceânica (Ex. Oceano Pacífico)
- 5) **Estágio terminal**: há aproximação de duas massas continentais (em regiões opostas de uma placa oceânica. A crosta oceânica está em processo de subducção total e o edifício orogenético começa a ficar mais alto e mais largo (Ex. Mar Mediterrâneo)
- 6) **Estágio de geosutura**: a crosta oceânica desaparece e as massas continentais colidem. O edifício orogenético se amplia e chega em sua largura máxima. O movimento é travado e há acresção continental, com agregação de faixas de terrenos exóticos ao terreno original (Ex. Cadeia Himalaiana / Índia). Há espessamento da crosta.



Regiões de borda convergente do tipo oceano - oceano

Regiões de borda convergente do tipo oceano-continente

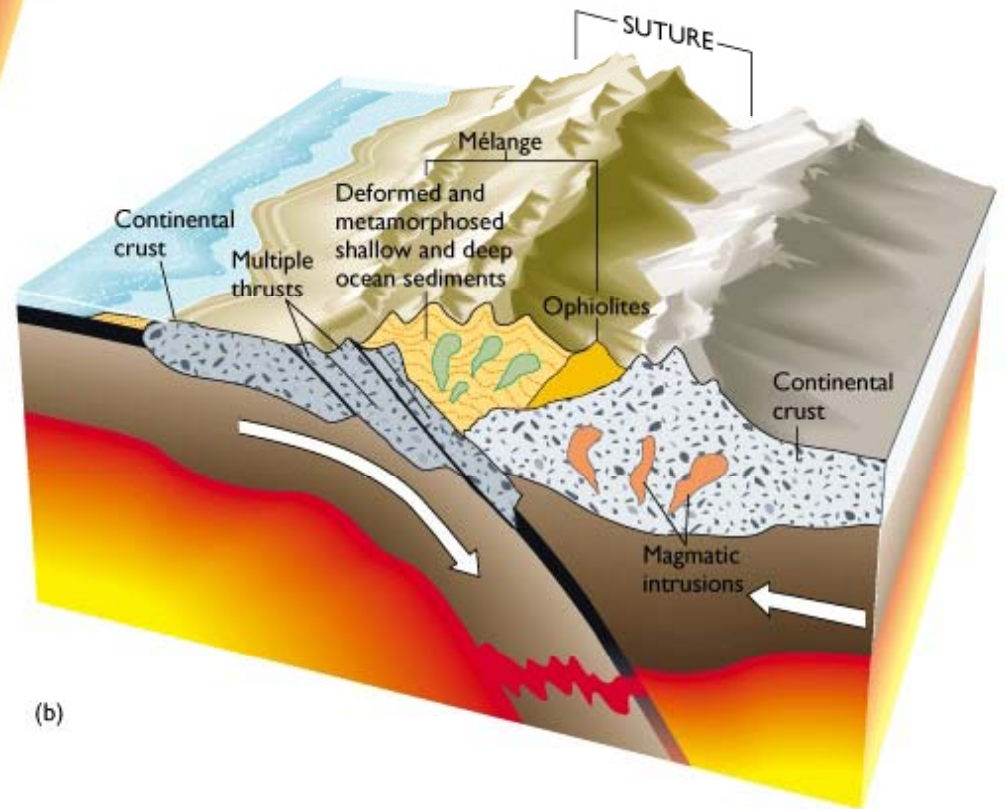




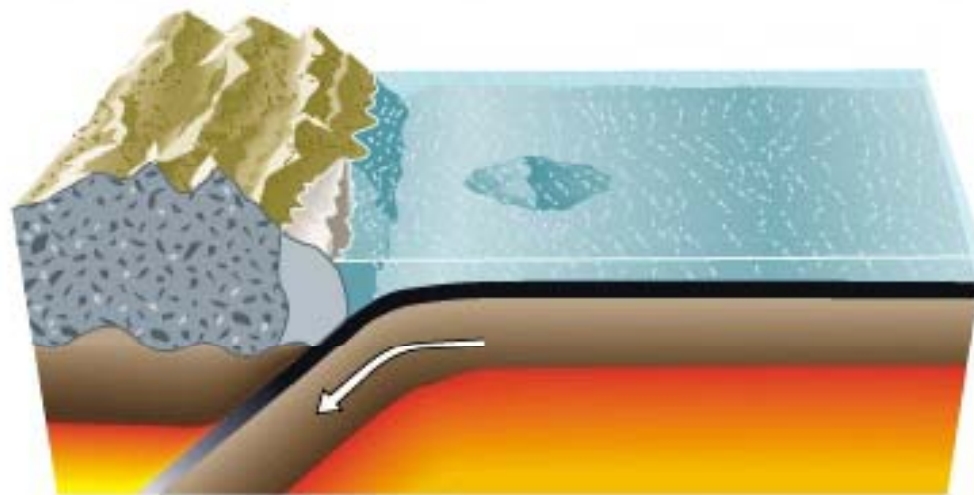
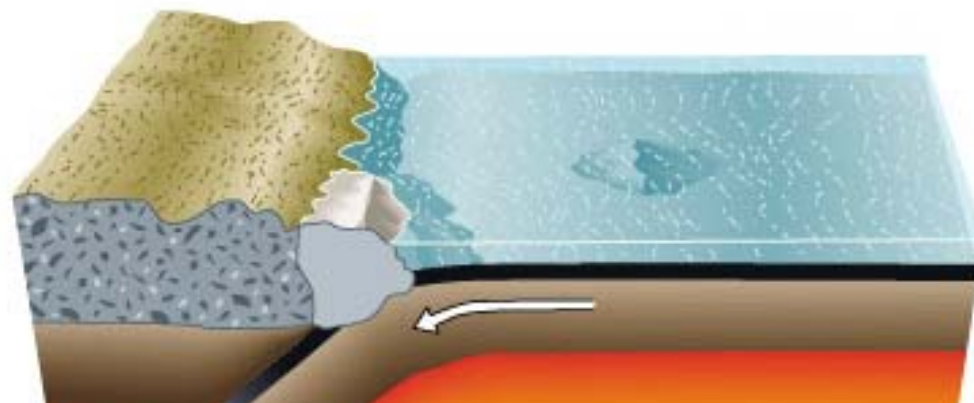
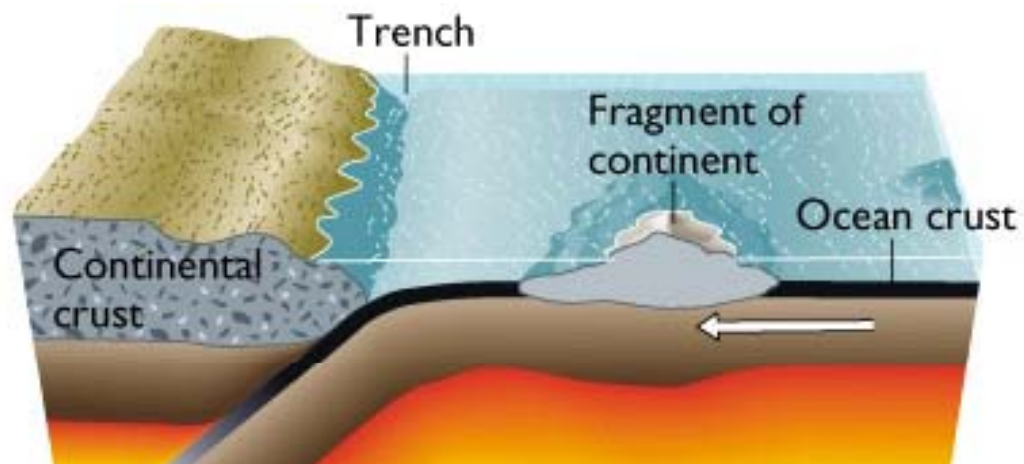
(a)

Continuidade da
subducção

Colisão continente– continente



(b)



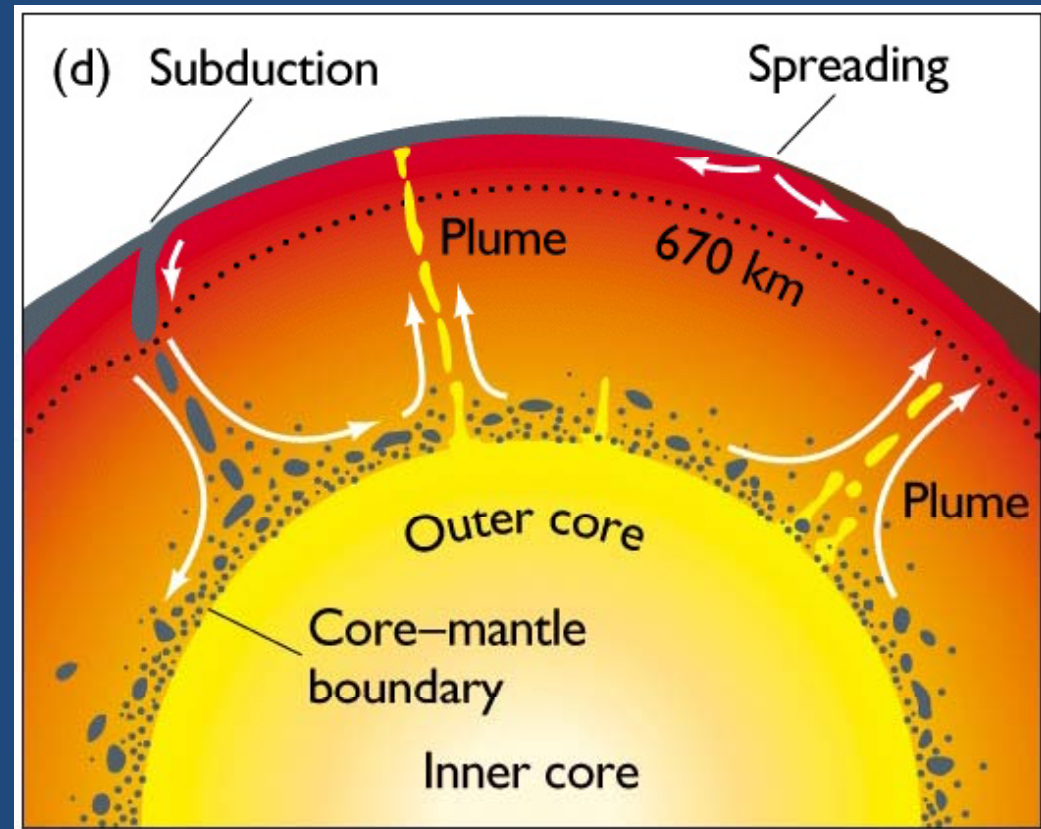
Aproximação de um arco
ou microcontinente

Colisão

Acresção de uma
microplaca (e/ou terreno
exótico)

Mecanismo (motor) de movimento das Placas Tectônicas

- Convecção do manto
- Fricção na base da litosfera transfere energia da astenosfera à litosfera
- Células de convecção podem girar na astenosfera entre 4 e 6 vezes
- Empuxo da trincheira
- Empurrão da cadeia



TIPOS DE BORDAS DE PLACAS

- **Divergentes (ou de criação):** cadeias meso-oceânicas
- **Convergentes (ou de destruição):** zonas de colisão; zonas de arcos vulcânicos
- **Transformantes (ou conservativas):** Falha de Santo André

Nova crosta é criada nas cadeias oceânica e crostas antigas são destruídas (recicladas) nas zonas de subducção (*i.e.*, a Terra não está em expansão)

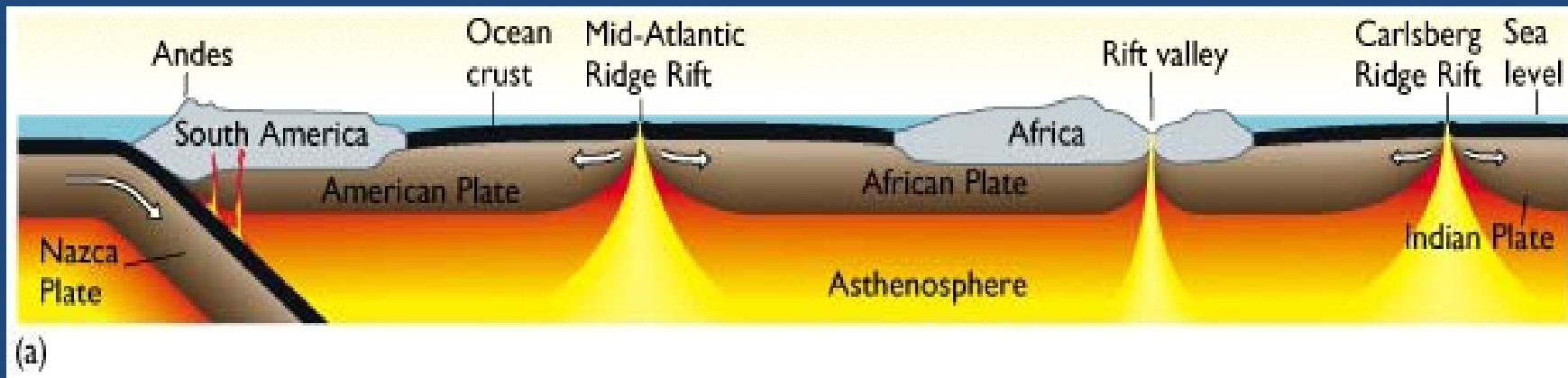
- **Densidades importantes:**
 - Crosta continental $\approx 2.8 \text{ g/cm}^3$
 - Crosta oceânica $\approx 3.2 \text{ g/cm}^3$
 - Astenosfera $\approx 3.3 \text{ g/cm}^3$

O-C
convergente

O-O
divergente

C-C
divergente

O-O
divergente



O-O
convergente

O-O
divergente

O-C
convergente



Fig. 20.8a,b

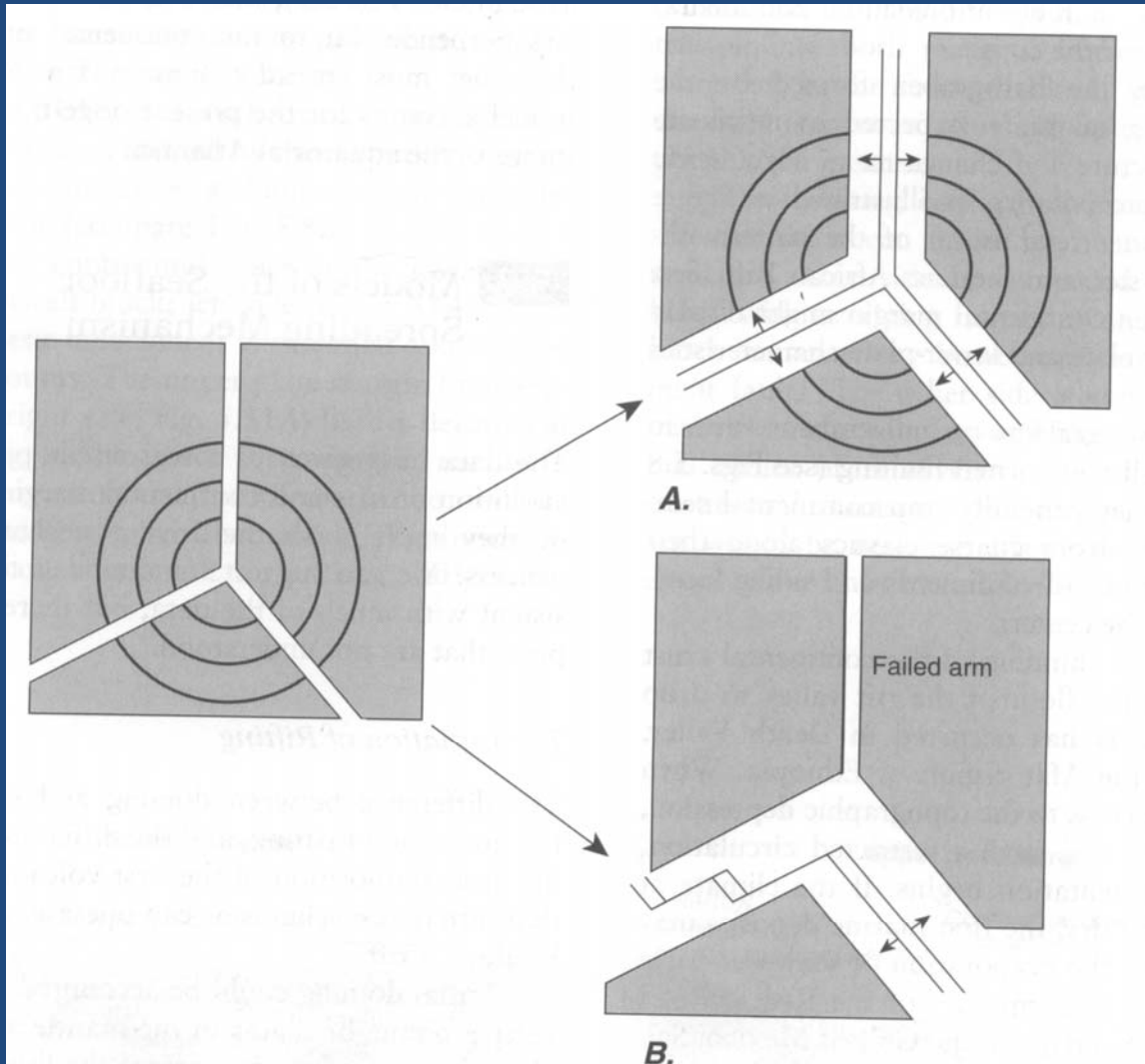
Estruturas em bordas de placas

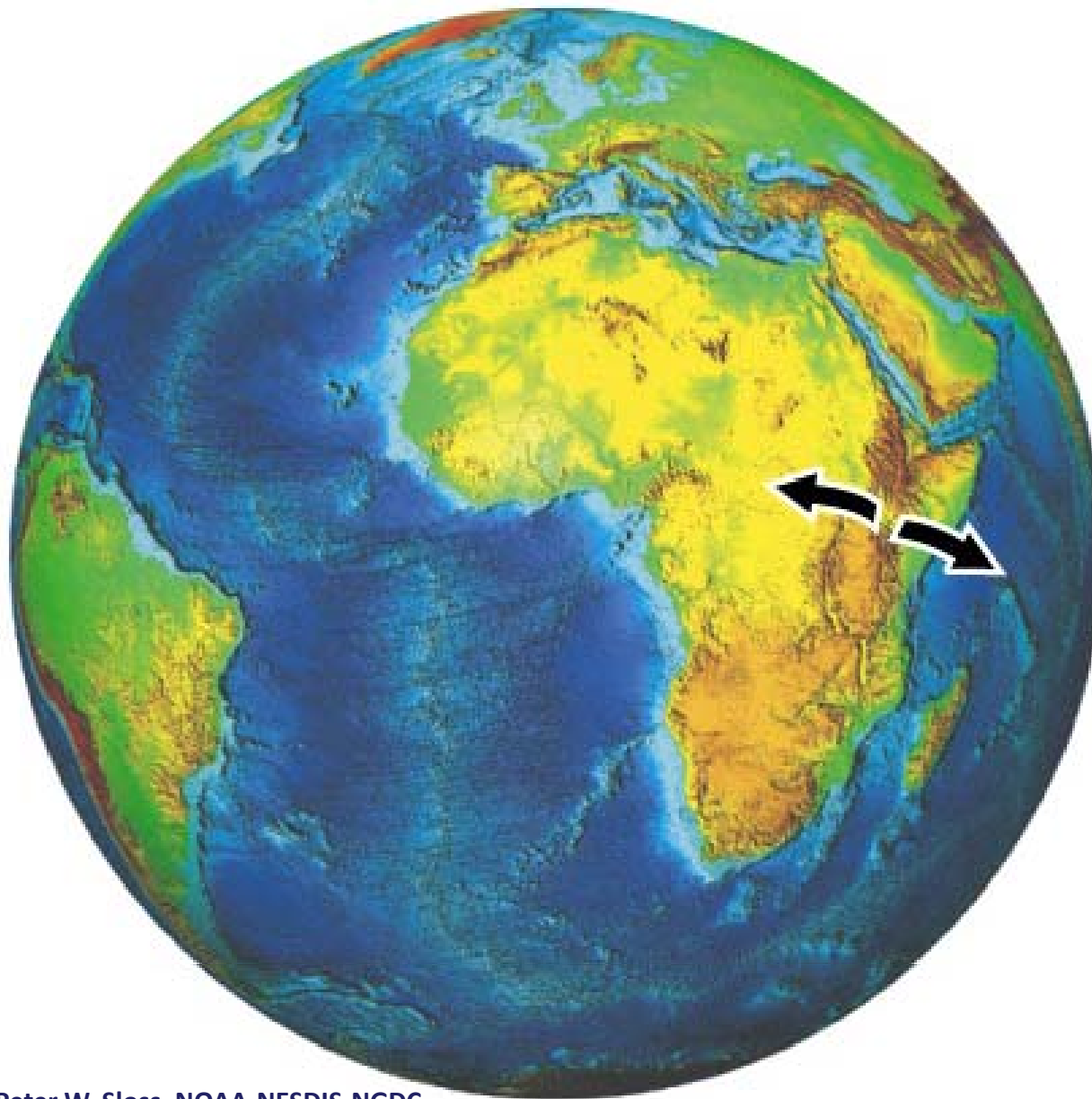
- Para a boa caracterização **morfoestrutural** e **morfotectônica** de uma região qualquer é de suma importância o entendimento inicial das estruturas geológicas.
- As estruturas em geral controlam as feições geomorfológicas, as quais posteriormente serão submetidas a processos de “**esculturação**” pelos fatores climáticos.

Estruturas em borda de placas divergentes

Junção Tríplice

inicia dentro de um continente, gerando um ***rifte*** (dois braços se abrem ao mesmo tempo enquanto um terceiro é abortado) que se alarga até tornar-se uma ***bacia oceânica***

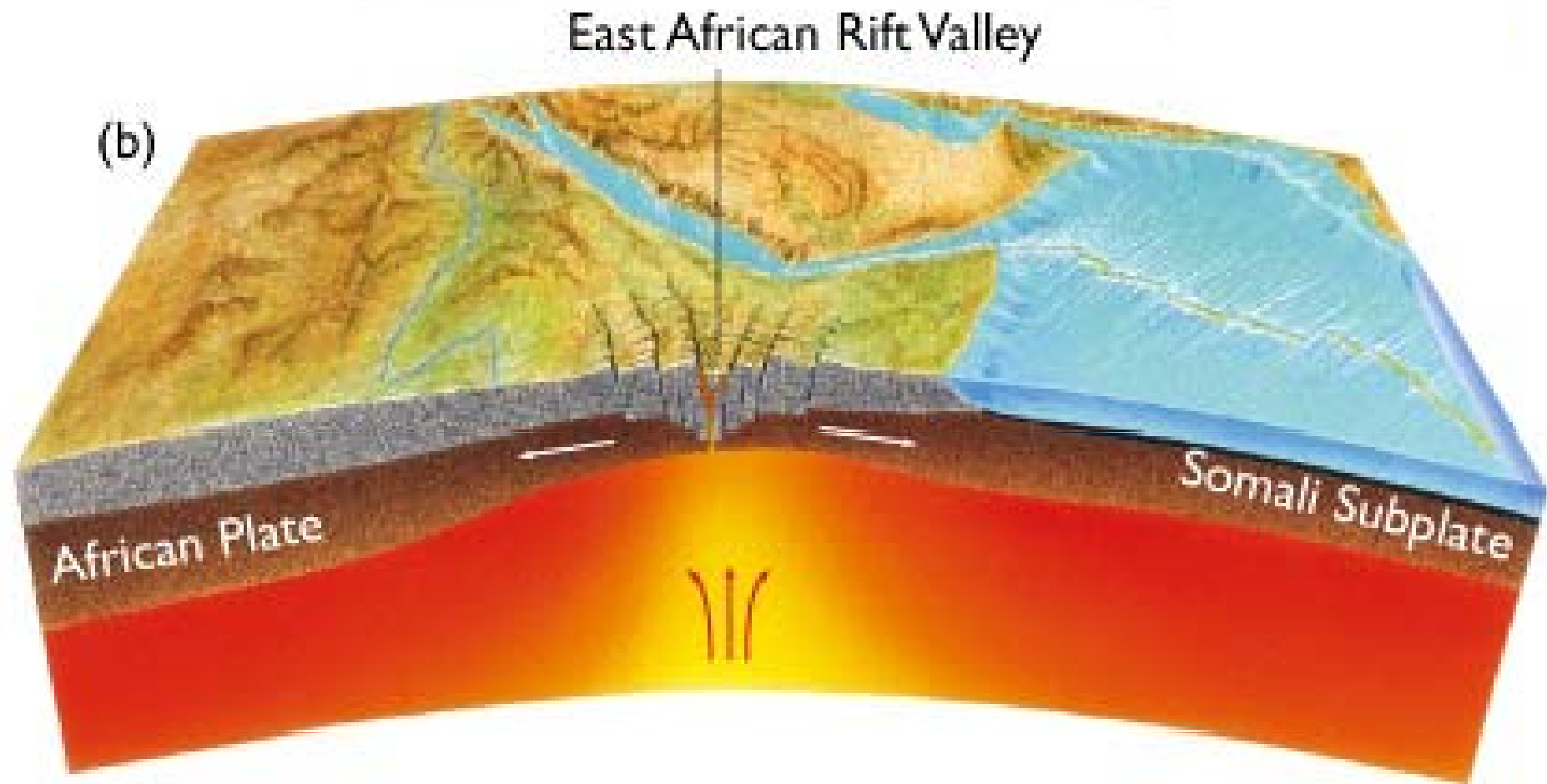




Leste da África, Rifte de Rio Grande

- Início da formação de um oceano (pode não se completar)
- Tipos de rochas: basaltos e sedimentos arenosos

Formação de um rifte no interior de um continente

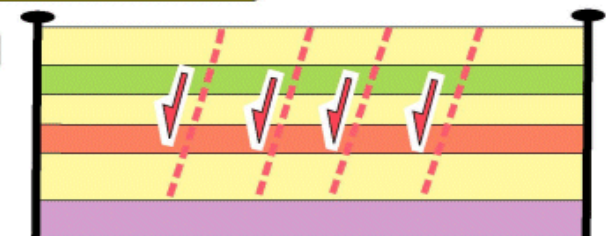




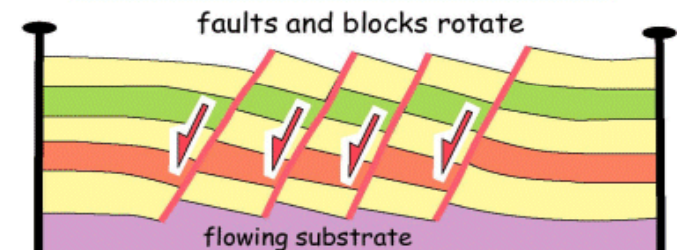
Planar Normal Faults

[return to menu](#)

Domino blocks



[example](#)



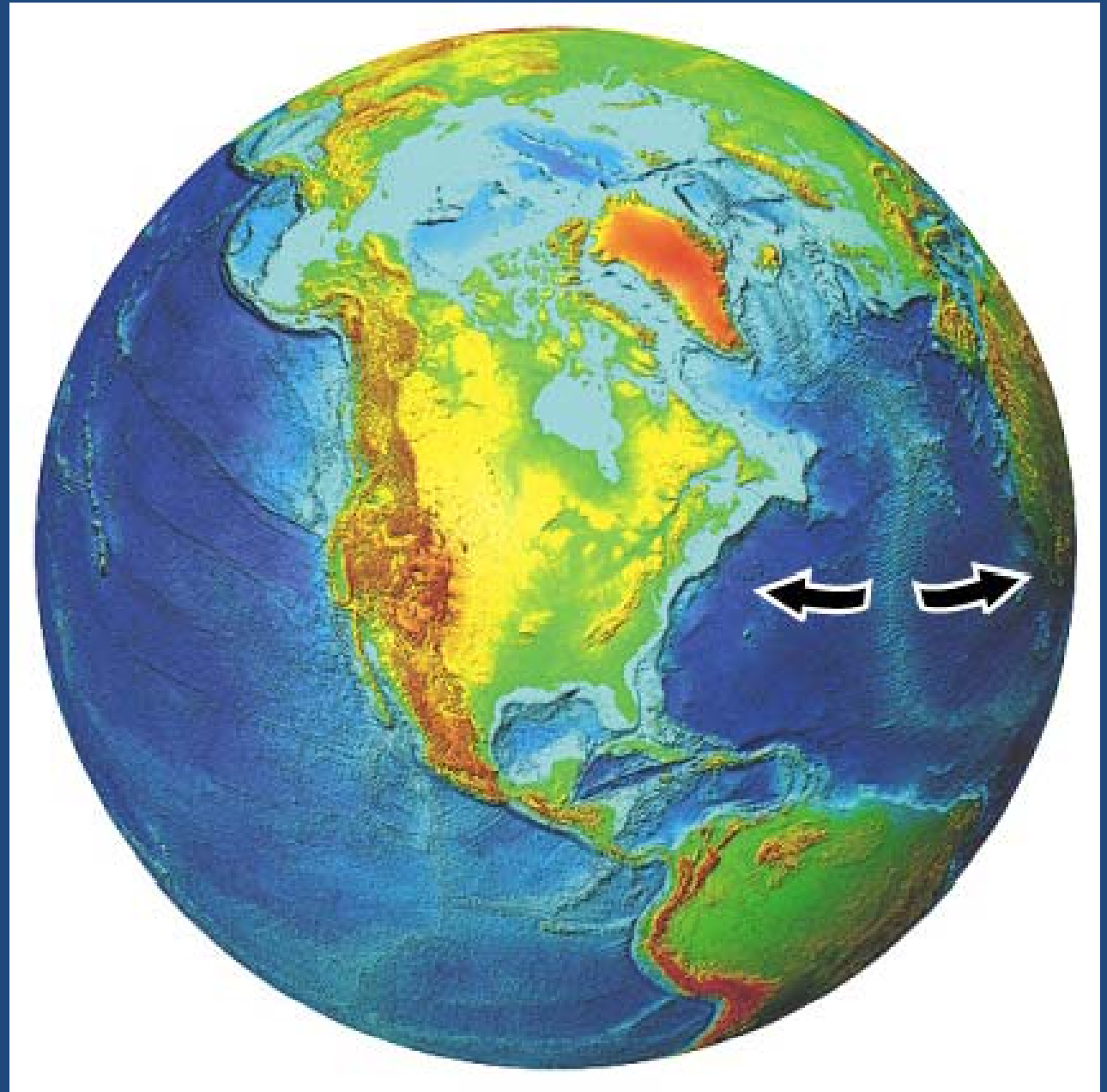
Serra do Mar, uma típica expressão geomórfica de rifte em borda divergente (já evoluída).



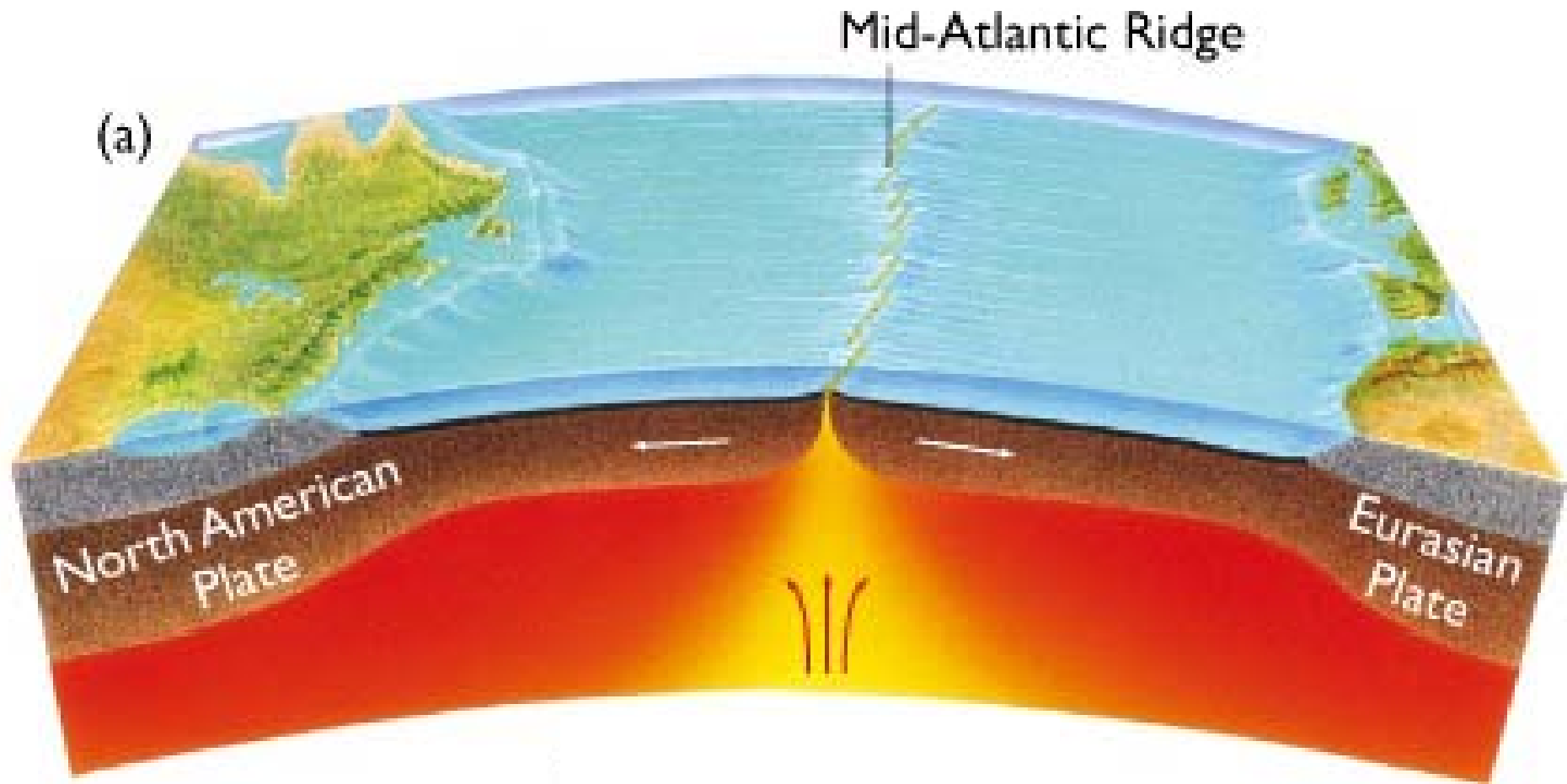
Foto: E. Salamuni

Cadeias meso-oceânicas

- *Rifte-valey* Central (amplitude é inversamente proporcional à taxa de abertura / alargamento)
- Sismos com focos rasos
- Quase exclusivamente basáltica



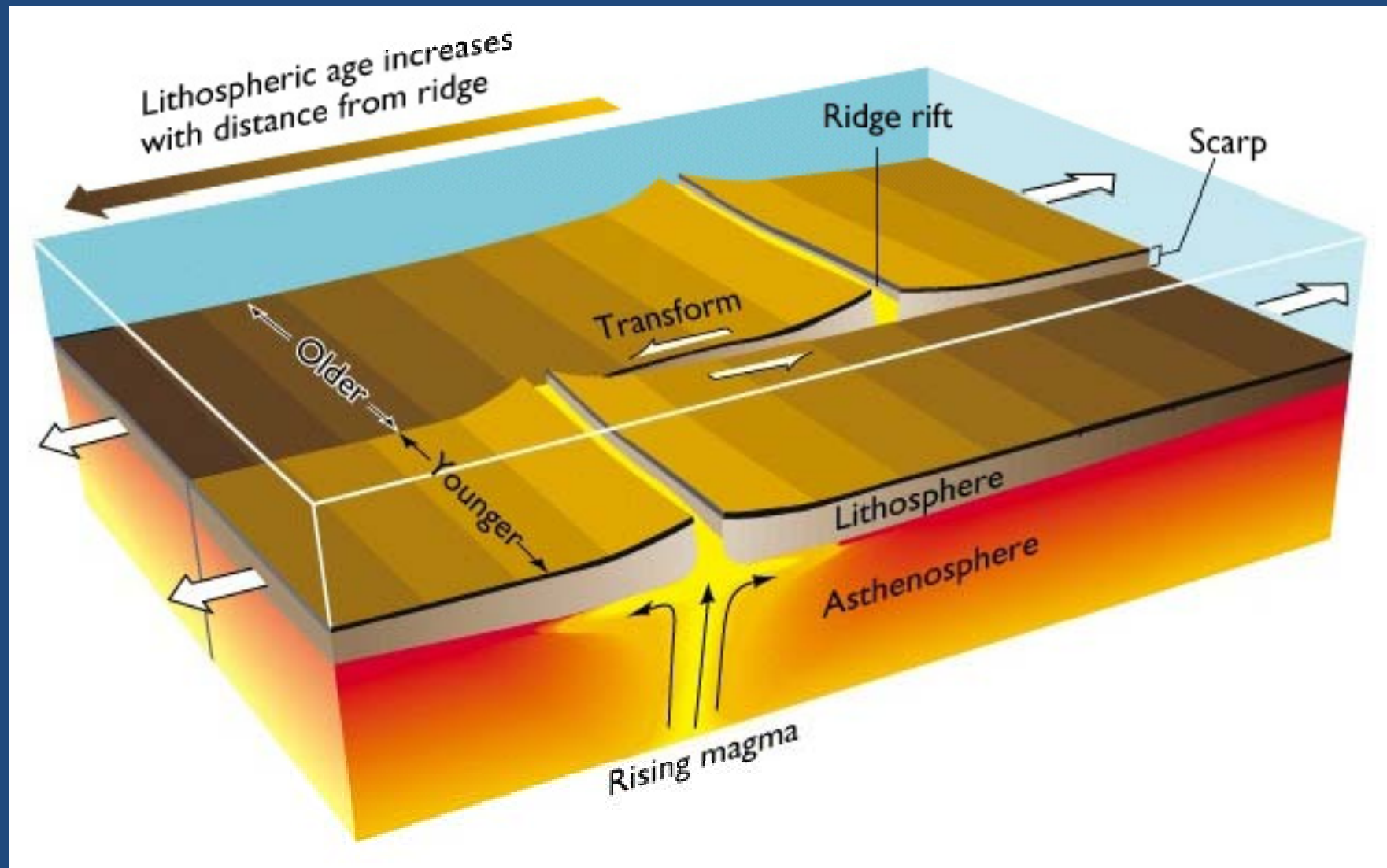
Rifteamento e crescimento do assoalho oceânico

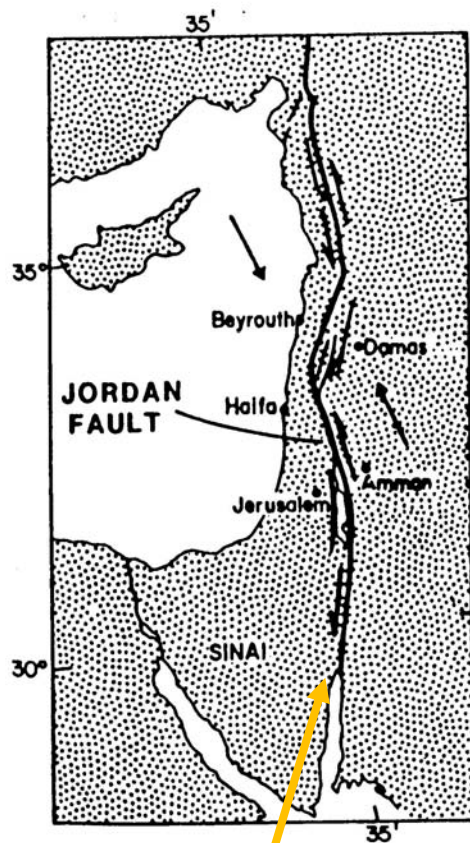


Estruturas em bordas de placas transformantes

- Grandes falhas que seccionam apenas a crosta oceânica.
- O movimento é do tipo *strike-slip* (direcional). Quando os continentes, após colisão continental transformam-se em falhas transcorrentes.
- Sismos fracos e geralmente rasos.
- Há muito pouca ou nenhuma atividade magmática.
- São chamadas de bordas conservativas

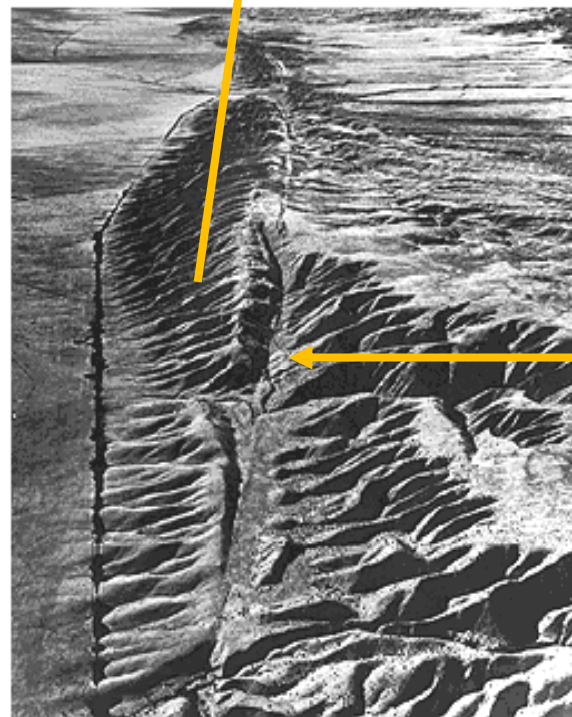
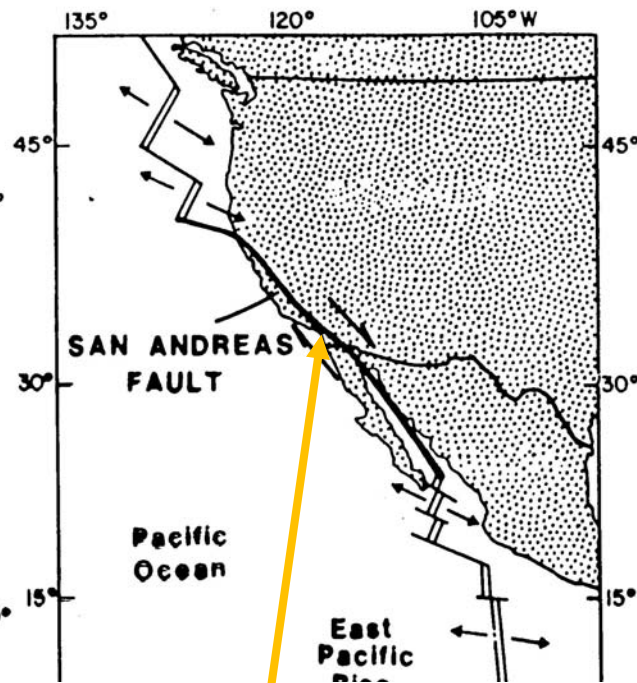
Centros de crescimento são deslocados pela borda transformante



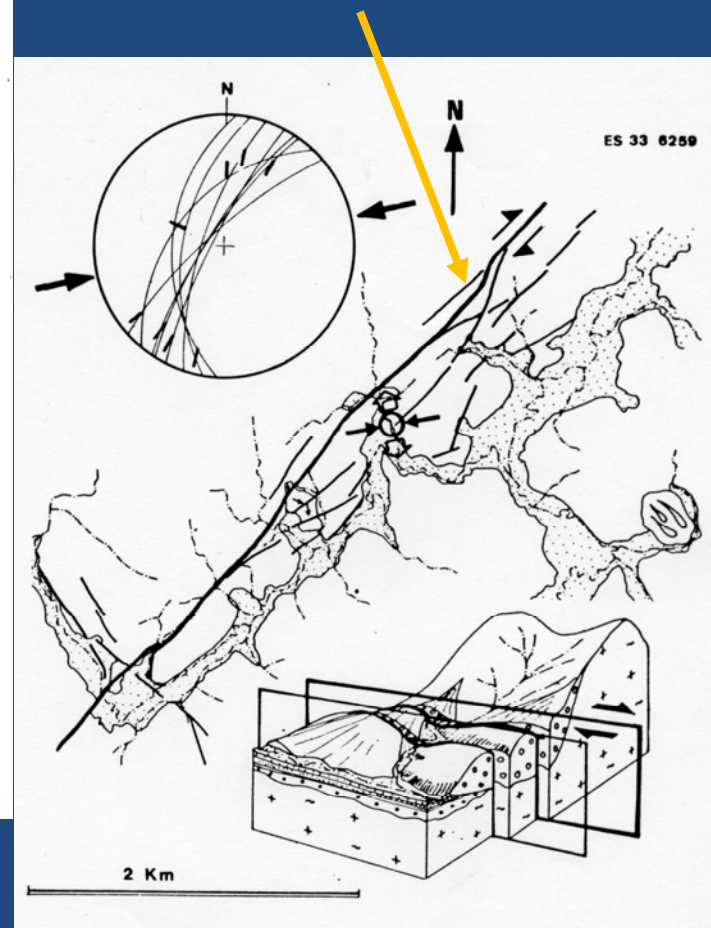


A

Falha transformante/
transcorrente do rio Jordão



Falha transcorrente



Falha transformante/
transcorrente de Santo André

Estruturas em borda de placa convergente

Há pelo menos três tipos de bordas convergentes:

oceano–oceano

Filipinas

oceano–continente

Andes

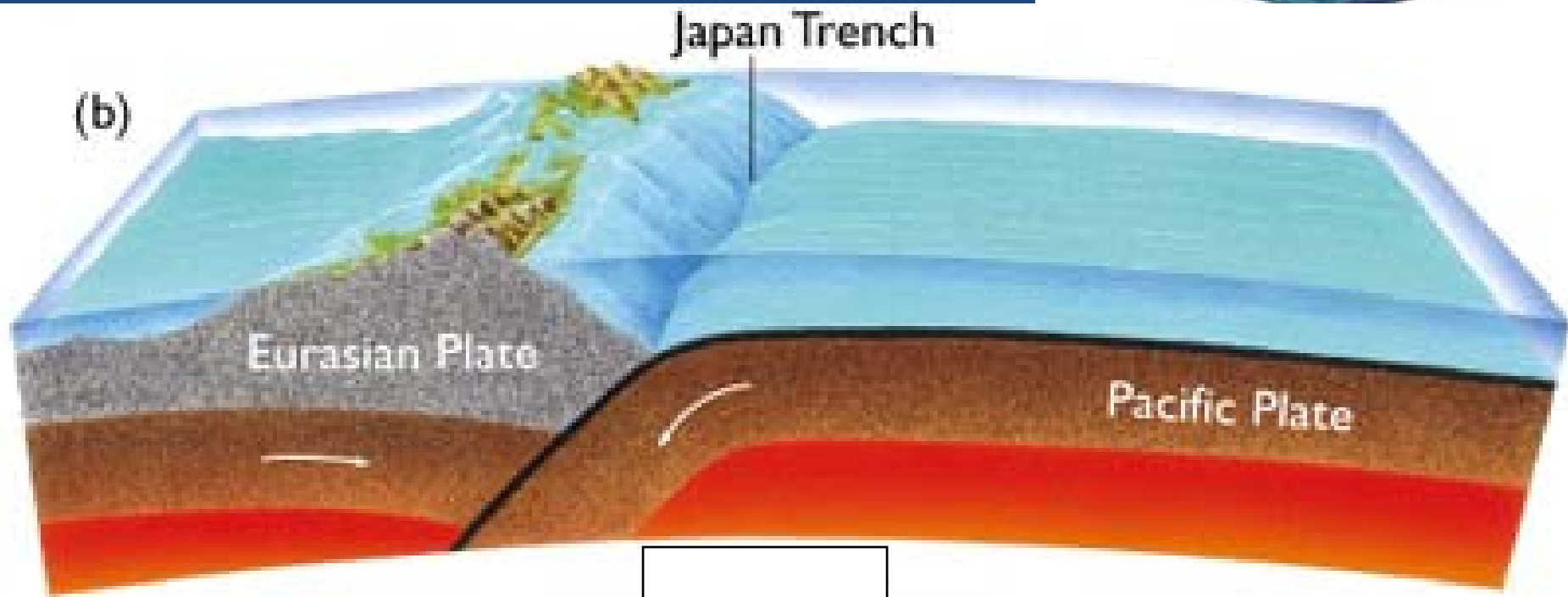
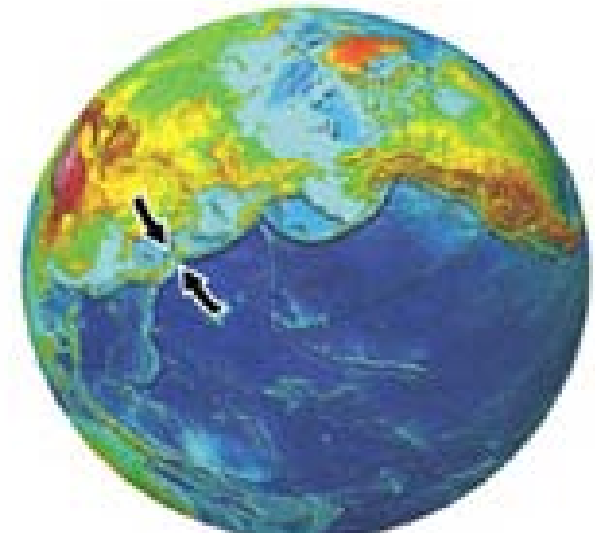
continente–continente

Himalaia

Zona de subducção Oceano - Oceano

Arcos de Ilhas:

- Cinturão Tectônico de intensos sismos.
- Alto fluxo de calor, arco com vulcões ativos (andesítico).
- Bordejado por uma trincheira submarina.



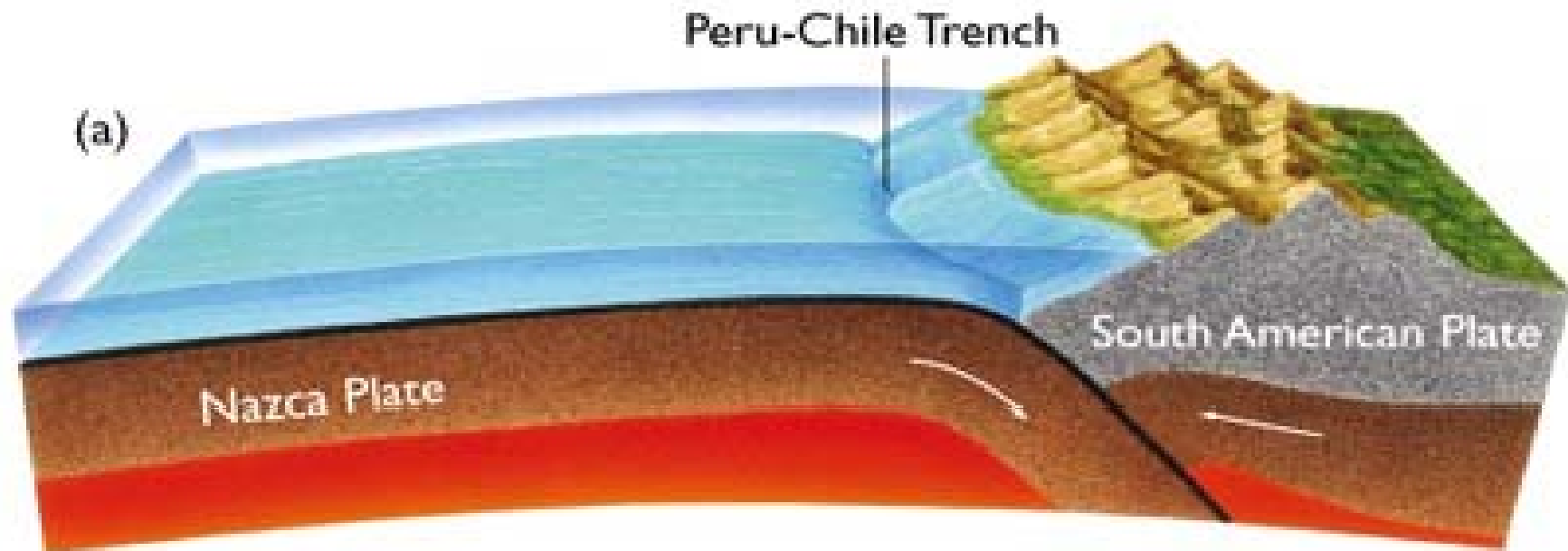
Zona de subducção Oceano-Contidente (Placa de Nazca – Placa Sulamericana)

- Arcos Continentais:

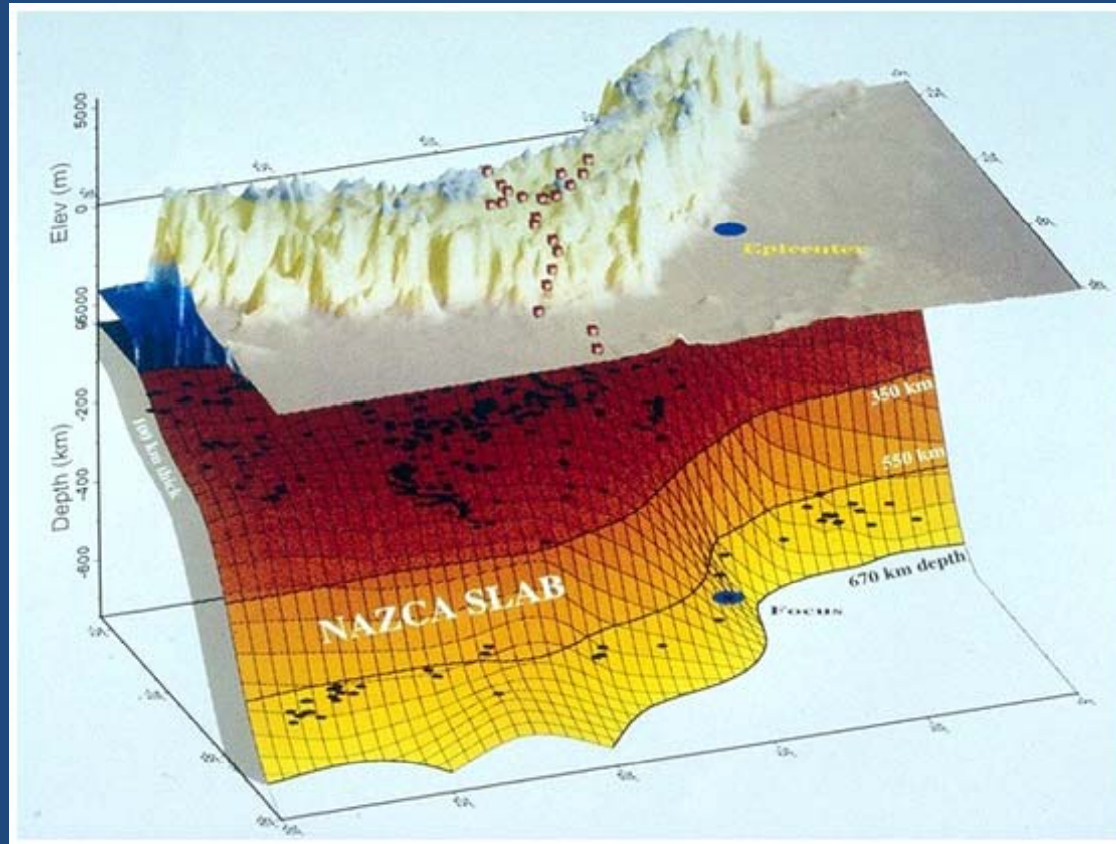
Vulcões ativos (andesito e riolito)

Geralmente acompanhado por compressão da crosta superior

Nos limites da convergência, a colisão é responsável pela subducção ($\pm$ cavalgamento).



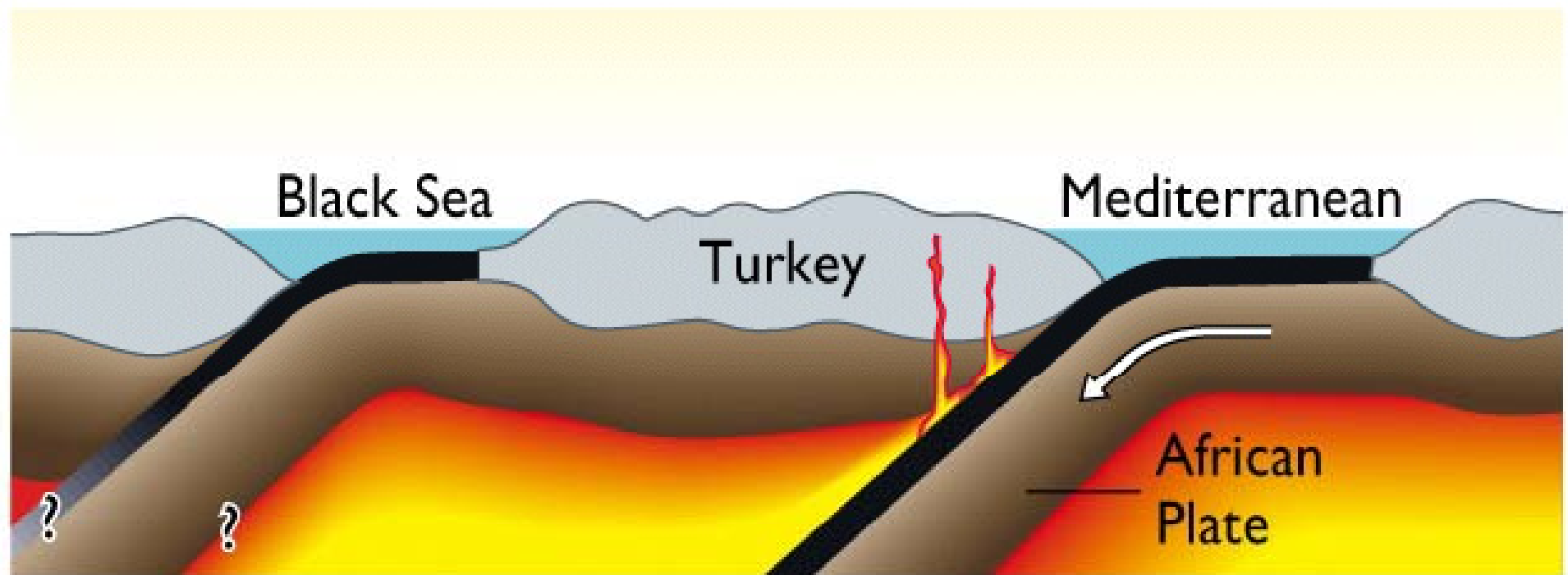
Formação de grandes edifícios orogenéticos (orógenos = montanhas): grandes expressões geomórficas em zonas de subducção.



Orogenia: soma das forças tectônicas (*i.e.*, deformação, magmatismo, metamorfismo, erosão) que produzem cadeias de montanhas.

Bordas convergentes oceano–continente

(Placa Africana – Placa Euro-Asiana)



(c)

Bordas convergentes Continente–Continente

Nos limites continente–continente a convergência é acomodada por:

- *Dobras* (encurtamento e espessamento da crosta)
- *Falhas transcorrentes* • *Subducção* intracontinental

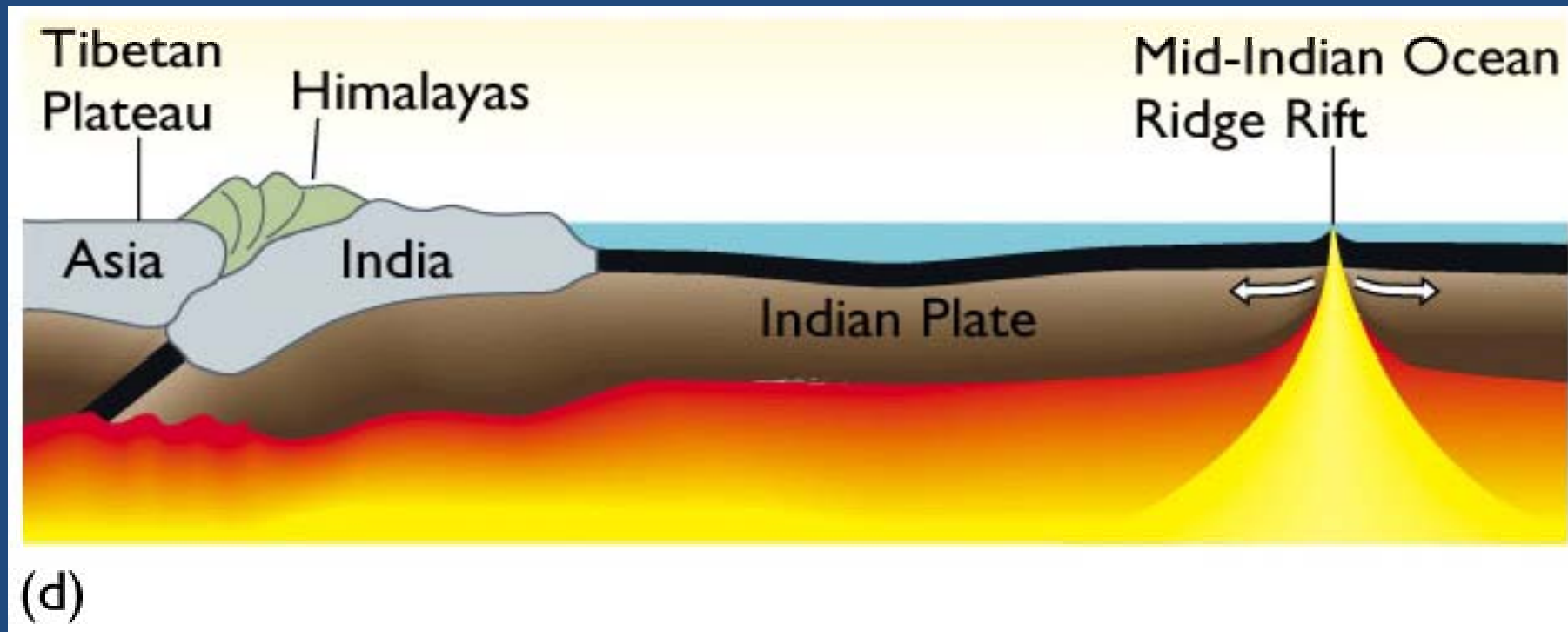




FIGURA 109-O SISTEMA HIMALAIAANO. A PLACA INDU(1) É DELIMITADA A LESTE E OESTE PELAS ZONAS TRANSFORMANTES DE QUETTA-CHAMAN(2) E SITTANG(3), E SE DESLOCA PARA O NORTE, MERGULHANDO SOB A ÁSIA, SENDO O LIMITE MARCADO PELA SUTURA INDUS/TSANG-PO (4). O LIMITE SUL DA CADEIA HIMALAIAANA É MARCADO PELO EMPURRÃO FRONTAL(5). AO NORTE APARECE O DOMÍNIO QUE SE DESLOCA PARA LESTE ATRAVÉS DE ZONAS TRANSCORRENTES, COMO A DE ALTYN TAGH (6). MAIS AO NORTE, APARECE O DOMÍNIO SOB DISTENSÃO (SHAN-SI, 7 E BAIKAL, 8).

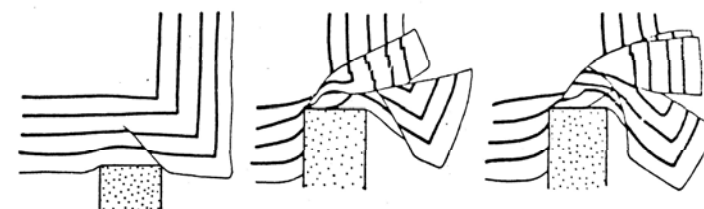
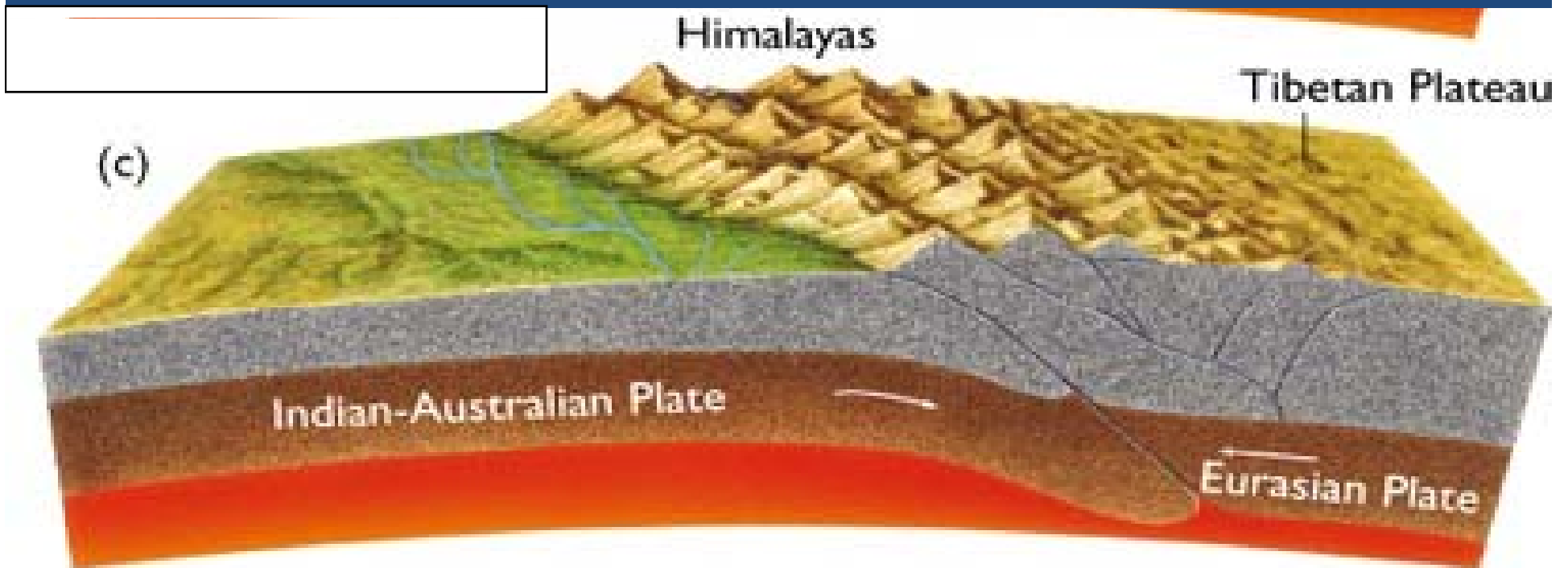


FIGURA 110-MODELO DE ENDENTAÇÃO. SIMULAÇÃO DE DEFORMAÇÃO PROGRESSIVA POR MOVIMENTO DE BLOCO(EM PONTILHADO) EM MASSA DE PLÁSTICINA. NOTAR QUE A MASSA É EXTRUDIDA PARA A DIREITA POR TRANSCORRÊNCIAS.

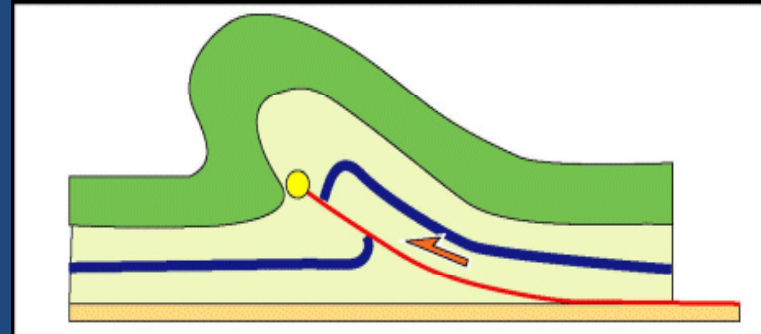
Sistema Himalaiano: formação de falhas de cavalgamento (empurrões) e transcorrentes

Himalaia e o Platô do Tibet

- Produto da colisão entre a Índia e a Ásia.
- Colisão inicial começa há 45 Ma, e continua até o presente.
- Antes da colisão, o sudeste da Ásia a região era semelhante aos Andes de hoje.
- Formação de grandes cavalgamentos e empurrões



Falhas inversas ou de cavalgamento



Dobras falhas

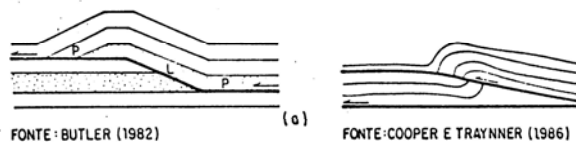


FIGURA 116 - DEFLEXÕES DAS ZONAS DE EMPURRÃO. EM (a), P-PATAI DEGRAU; L-LANÇO OU RAMP; EM (b), ZONA DE CAVALGAMENTO SOBRE SUPERFÍCIE INCLINADA.

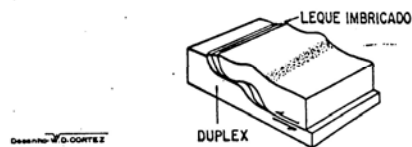


FIGURA 117 - ESQUEMA DE UM SISTEMA DE CAVALGAMENTO EM UM LEQUE IMBRICADO E UM DUPLEX. O DUPLEX É ACOMODADO EM VÁRIAS ACIMA, PODENDO ATÉ TER EXPRESSÃO TOPOGRÁFICA.

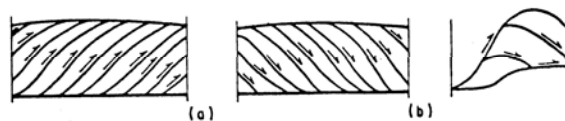
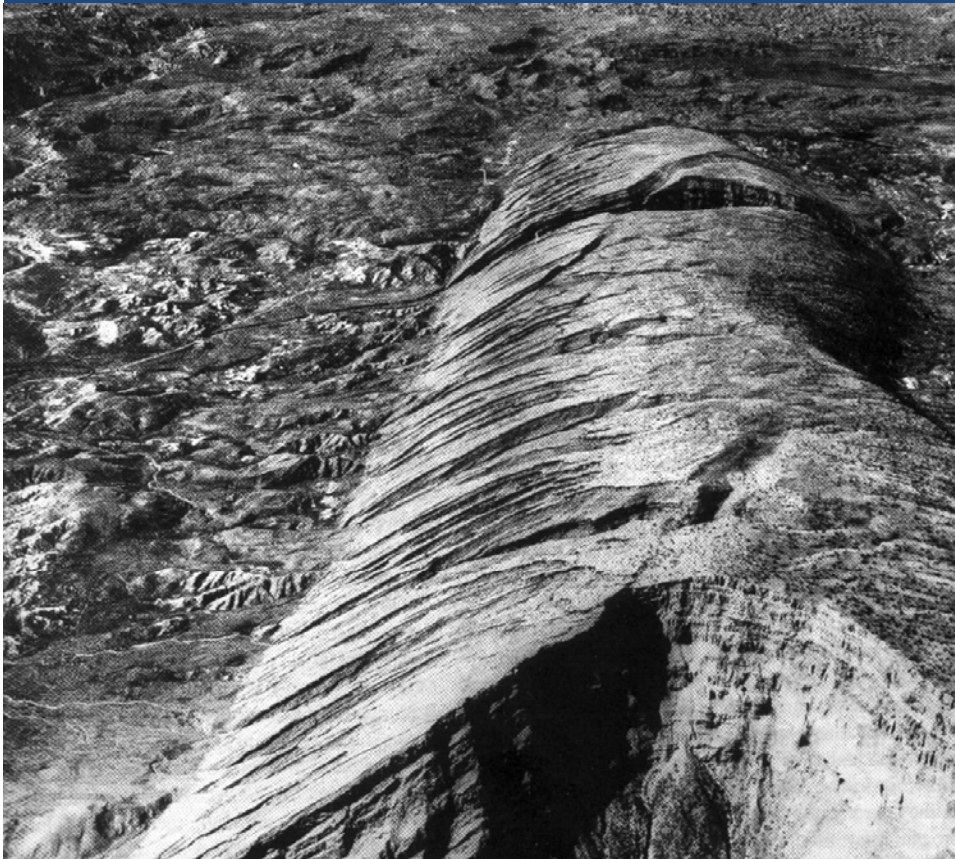


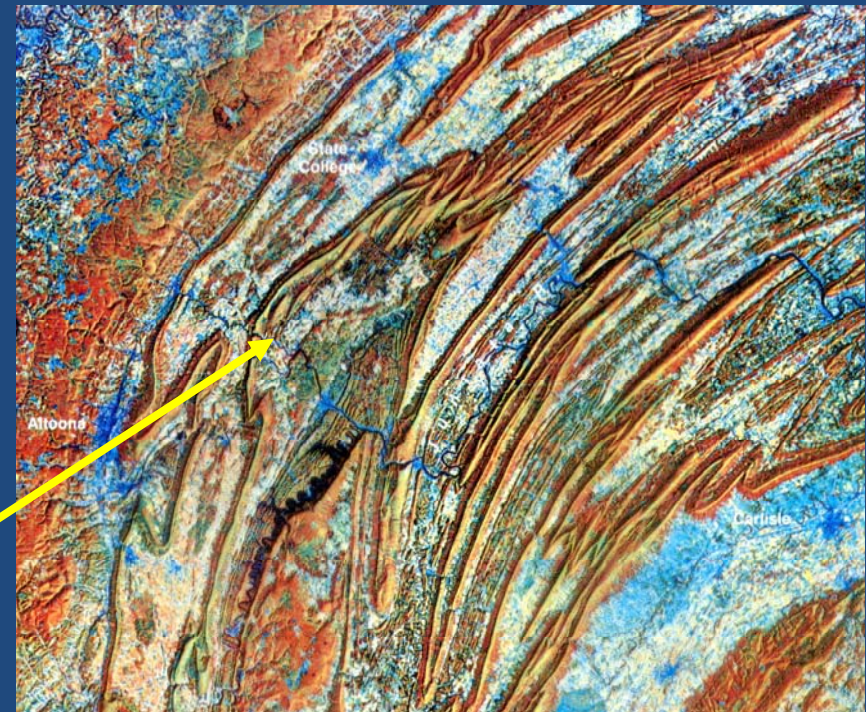
FIGURA 118 - DUPLEXES. EM (a), TIPO SINTÉTICO, COM AS LASCAS Mergulhando PARA A ZONA INTERNA (ESQUERDA); EM (b), TIPO ANTITÉTICO, COM AS LASCAS Mergulhando PARA A ZONA EXTERNA (DIREITA); LHA ANTIFORMAL.



Sistemas de dobras em orógenos terrenos Alpinos



terrenos Apalachianos

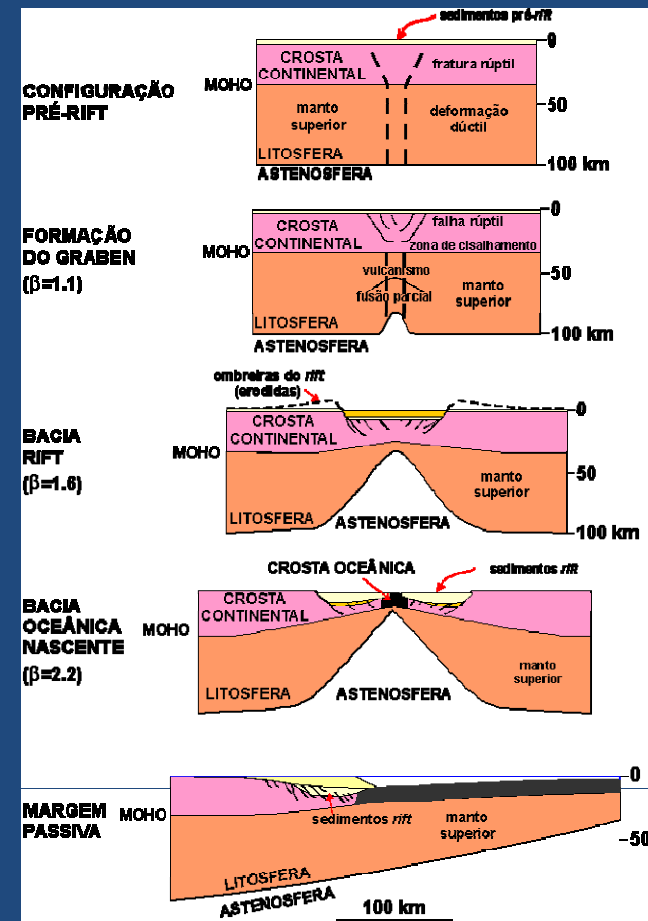
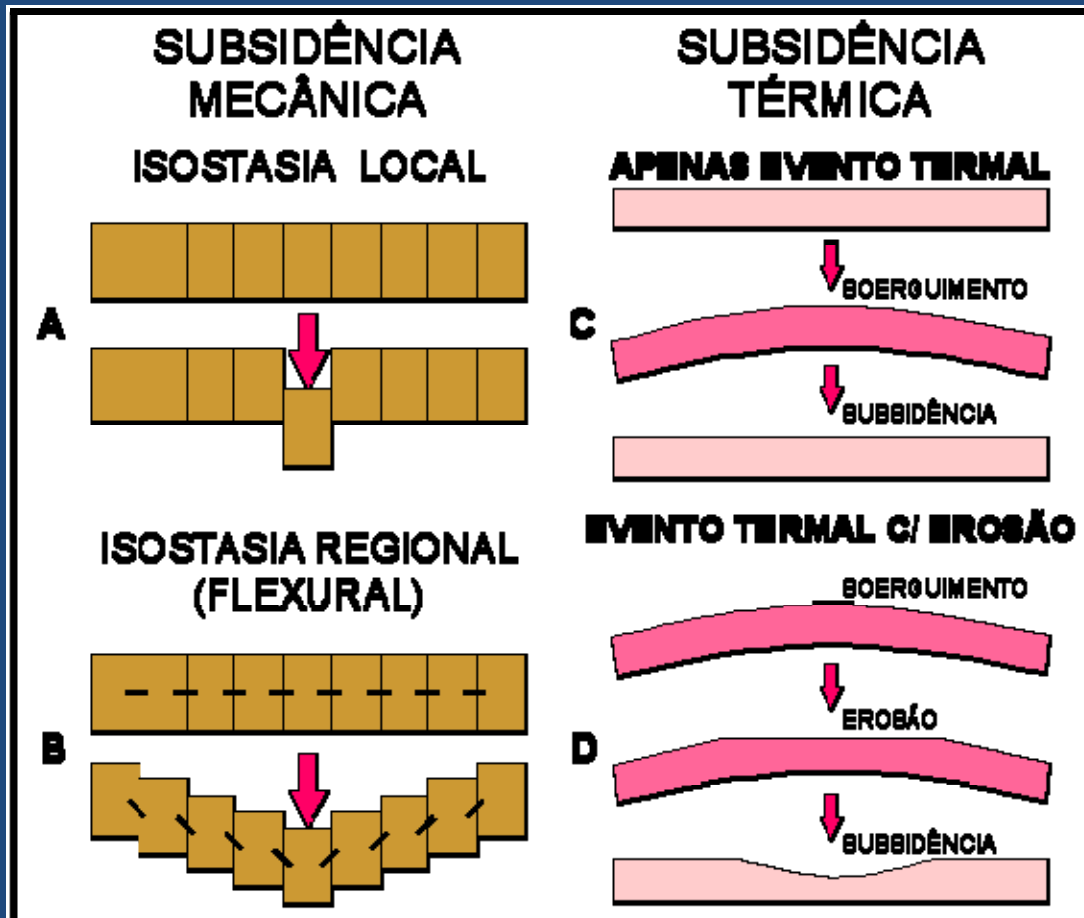


BACIAS SEDIMENTARES

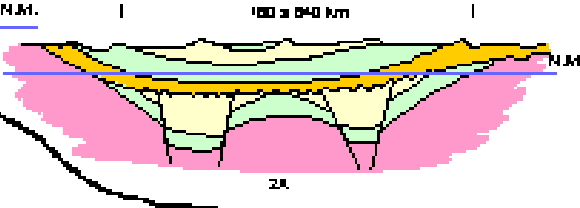
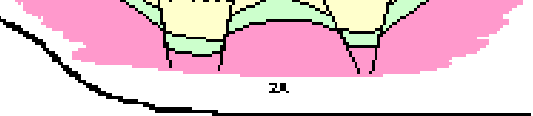
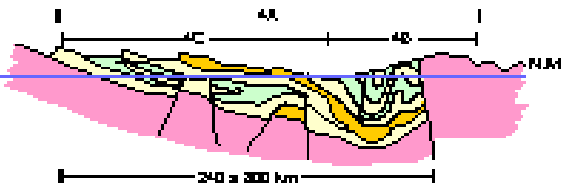
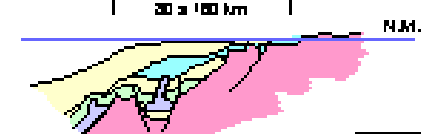
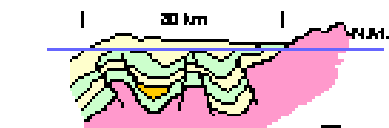
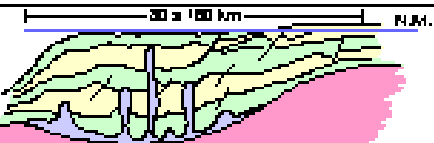
- Depressão decorrente da subsidência do terreno, que passa a receber sedimentos provenientes das áreas altas que a circundam.
- Nem sempre apresentam forma de “prato” ou “bacia”, podendo assumir formas bastantes variadas em superfície e subsuperfície.
- Geralmente apresentam espesso pacote sedimentar no seu interior, que tende a diminuir de espessura ao se aproximar das bordas. O mergulho das camadas se faz da periferia para o centro.
- As bacias sedimentares preservam registros detalhados do ambiente e dos processos tectônicos que lhe deram origem e forma.

- Em geral as bacias sedimentares invertidas (estão emersas e já não funcionam como bacias propriamente ditas), apresentam-se como planícies e planaltos, com relevo tabuliforme, sulcadas por linhas de drenagem que estão as dissecando.
- As grandes bacias são importantes megaestruturas da crosta, que propiciaram inclusive mudanças nas suas condições. Por exemplo, as subsidências bastante profundas, somadas às zonas de falha, possibilitam manifestações magmáticas importantes.

Mecanismos de formação



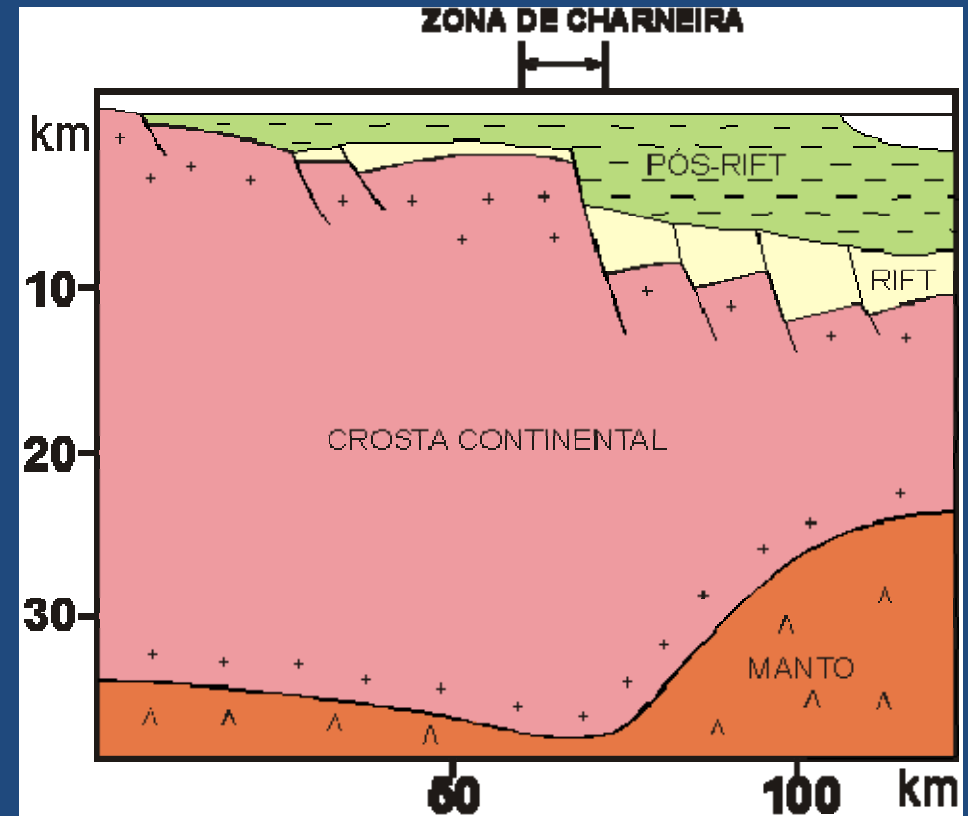
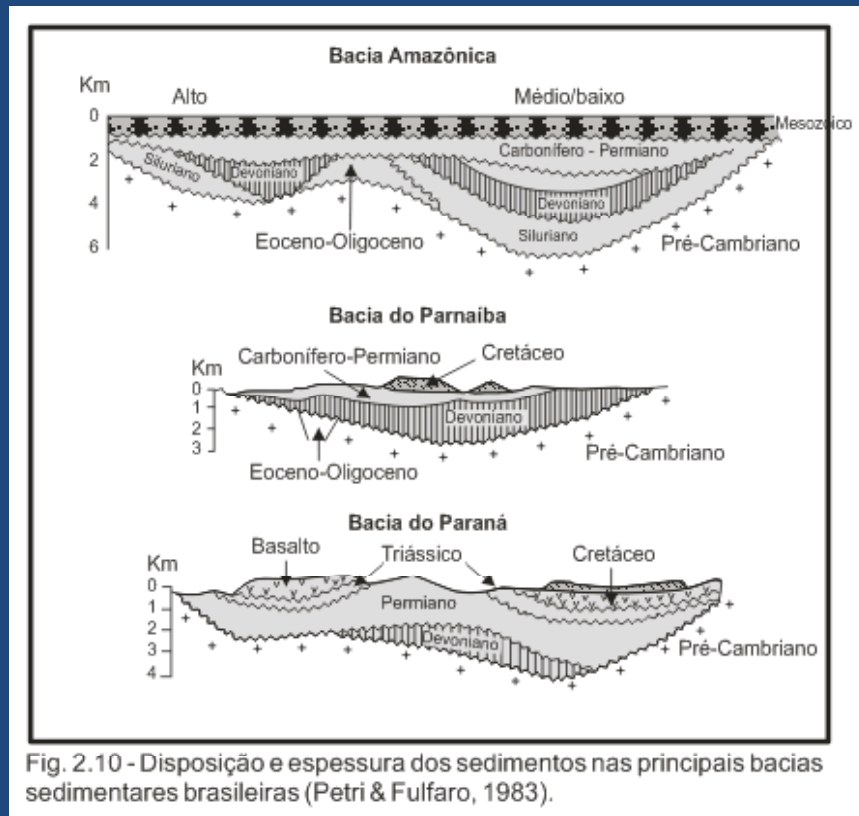
Classificação de Bacias

INTRACONTINENTAL	CRATÔNICA	TIPO I - INTERIOR SIMPLES	
		TIPO II - COMPOSTA - GRANDE - PEQUENA (2A - COMPLEXA?)	 
		TIPO III - RIFT	 
		TIPO IV - ÁREAS ABATIDAS EM ASSOCIAÇÃO COM PEQUENAS BACIAS OCEÂNICAS ("DOMMWARP") A - FECHADA B - EM FOSSA C - ABERTA	
EXTRACONTINENTAL	MARGINAL	TIPO V - "PULL-APART" - PARALELA - TRANSVERSAL	 
		TIPO VI - SUBDUÇÃO A - ANTEARCO B - RETROARCO C - NÃO-ARCO	 
		TIPO VII - MEDITERRÂNEA	 
		TIPO VIII - DELTA	

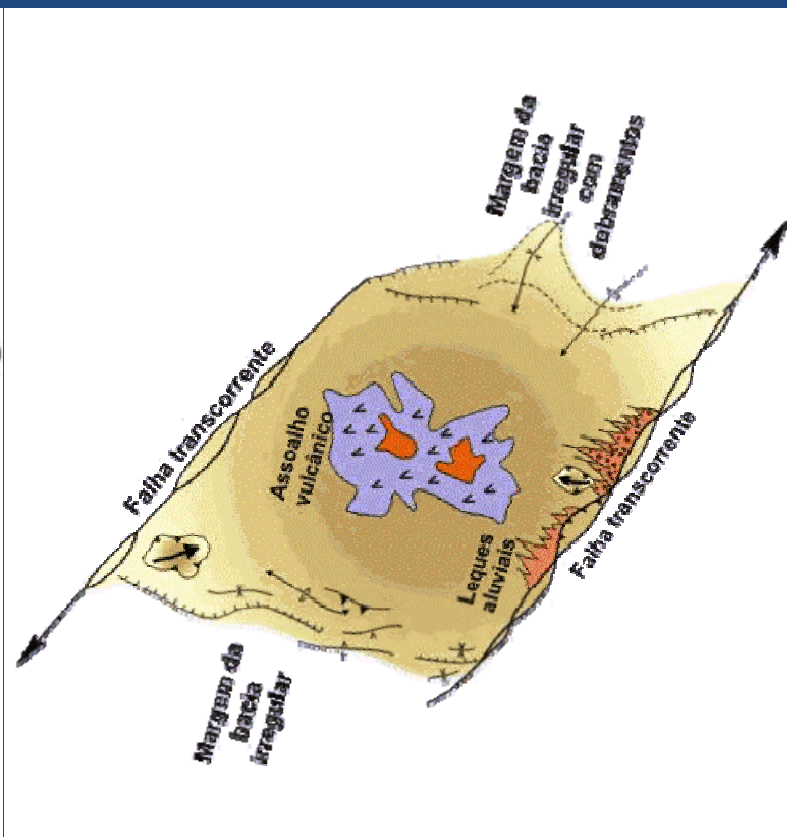
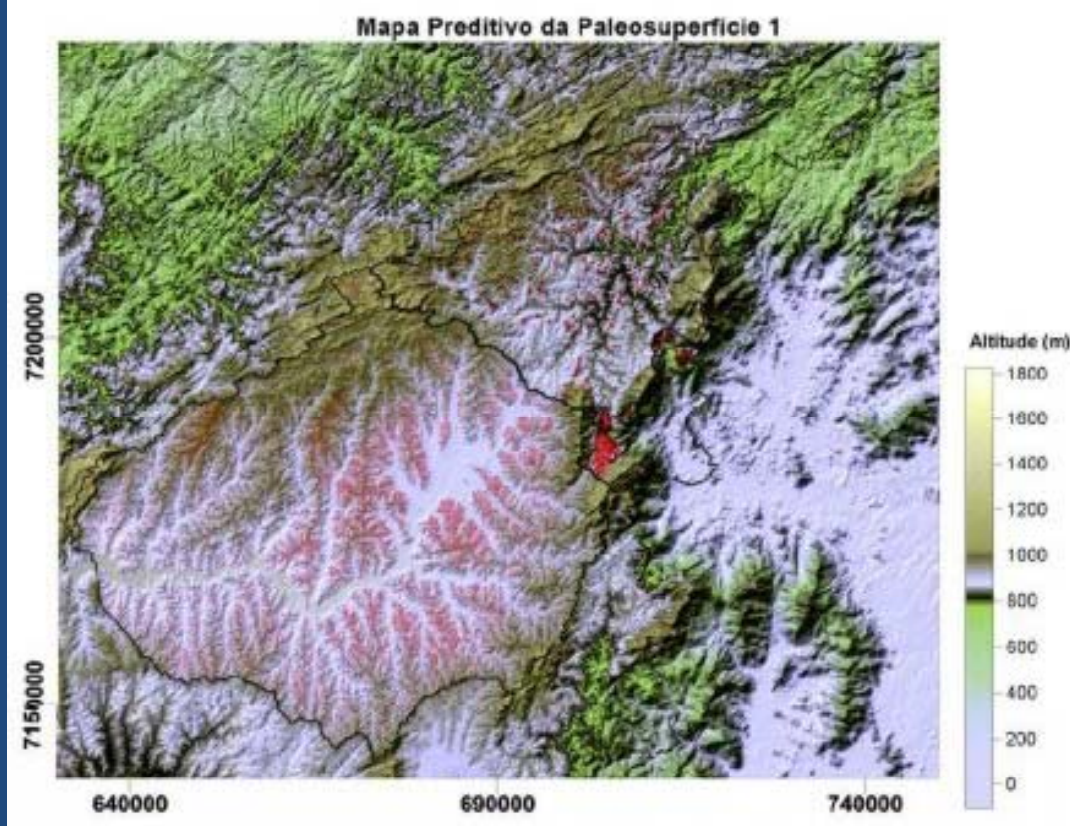
Principais bacias brasileiras



Perfis fundamentais das bacias brasileiras e modelos tectônicos



- (1) Perfis das bacias intracratônicas: Amazonas, Parnaíba Paraná e
- (2) perfil médio das bacias marginais



Bacia de Curitiba e sua possível evolução final (por ser muito rasa não admite vulcanismo)

Morfologia/relevo em bacias sedimentares

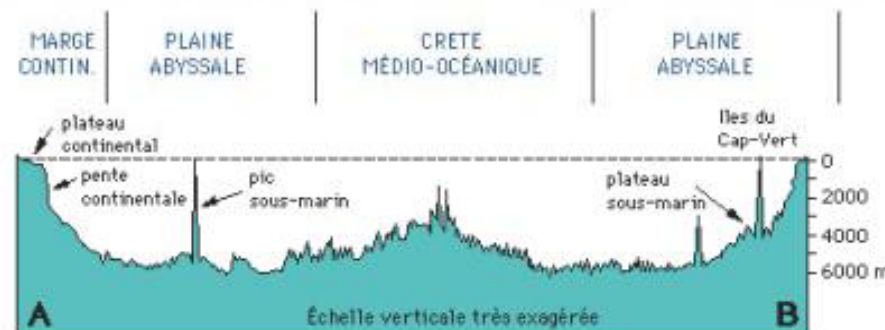
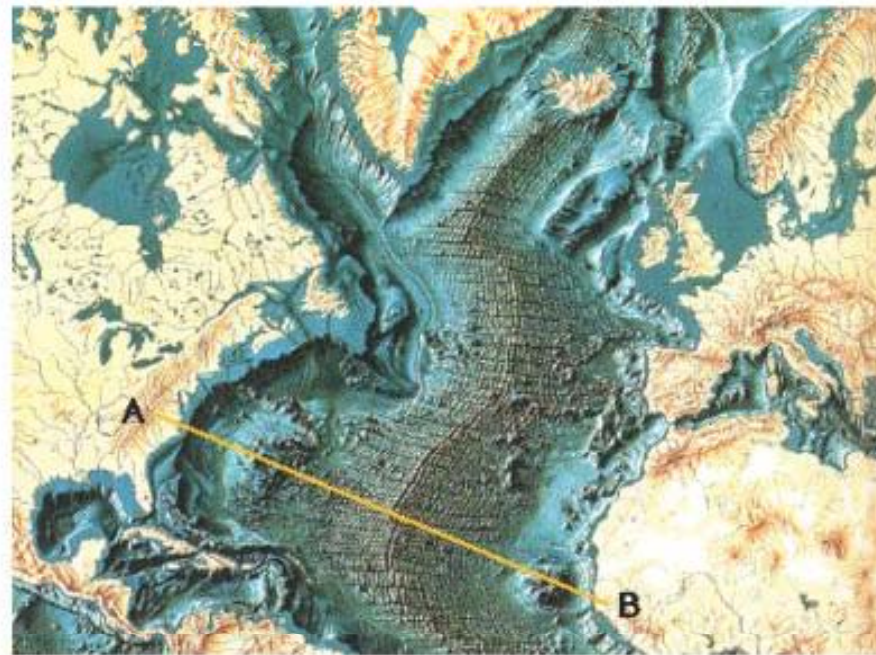


- Paisagem da Bacia do Paraná em Pitanga (relevo relativamente dissecado)

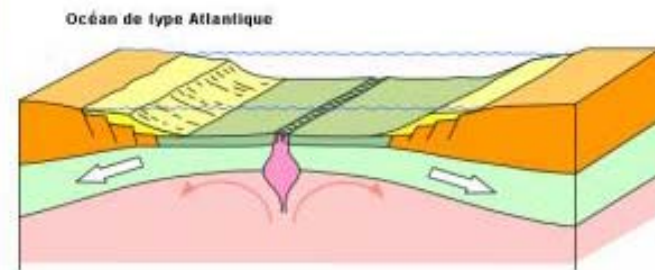


- Paisagem da Chapada Diamantina (relevo bastante dissecado)

Morfologia superficial da bacia do Oceano Atlântico norte



Ce profil à travers l'Atlantique - Nord va du Cap Hatteras (USA) au Cap Vert (Afrique); il montre les principaux éléments du relief des fonds océaniques. Il n'y manque que les fosses profondes (jusqu'à 11 000 m) qu'on retrouve au pourtour du Pacifique.



Oceano Atlântico, e seu perfil topográfico.