

Aula 1 – chegando em um ponto comum

Generalidades sobre o planeta Terra

Fundamentos

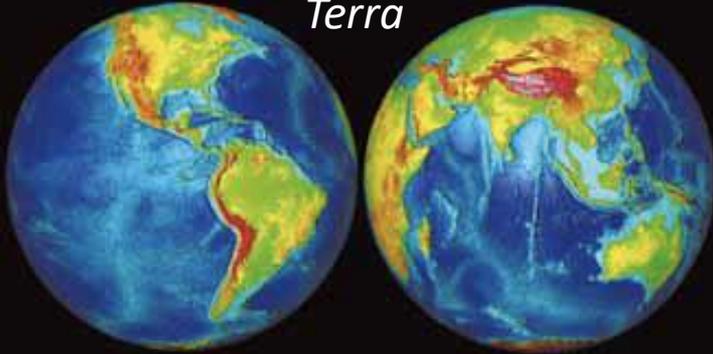
Estrutura e Composição da Terra



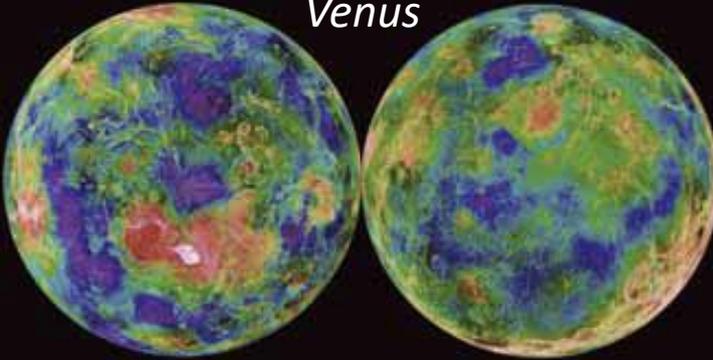
Quais as diferenças entre a Terra e os outros planetas e satélites vizinhos do Sistema Solar?
Qual a estrutura da Terra, e quais os motores da tectônica de placas?

Baseado no Cap. 1 de Rogers (2007). Our dynamic planet: Earth and life;
Material da disciplina AGG0309, da Profa. Leila Marques;
Material dos profs. da disciplina preparados para esta e outras disciplinas e cursos.

Terra

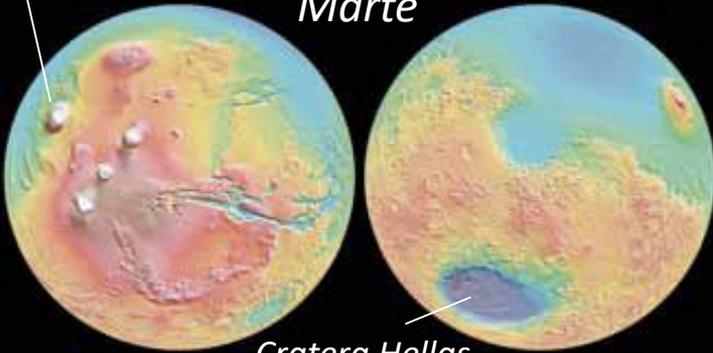


Venus

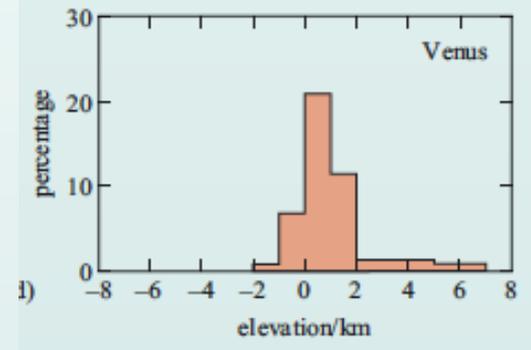
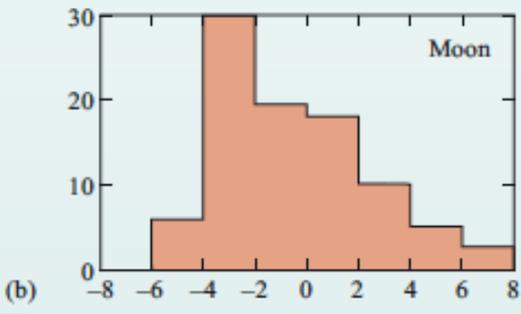
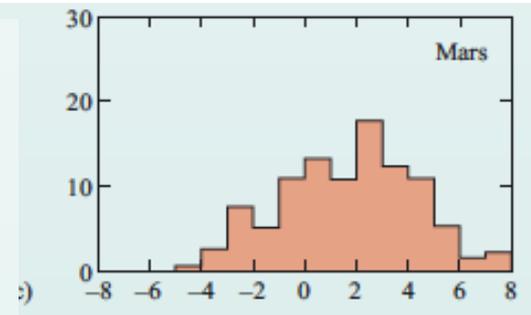
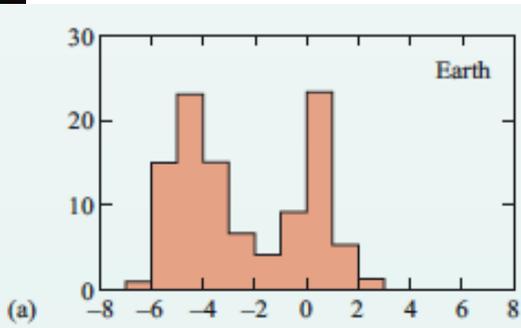
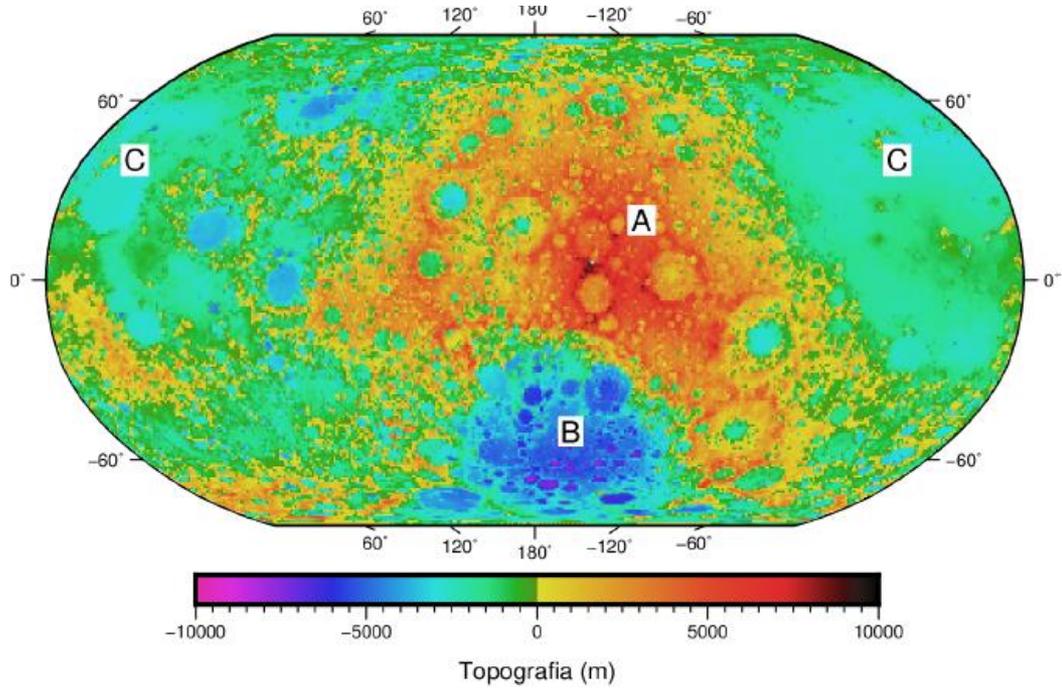


Mt. Olympus

Marte



Cratera Hellas



✓ Quantidade de crateras na superfície

Não há crateras na Terra?

Há vulcanismo em outros planetas?

Implicações para a idade da superfície da Terra?

✓ Relevo (hipsometria) bimodal

Presença de dois tipos de substrato:

- oceânico (< 0 km)
- Continental (> 0 km)

✓ Presença de água líquida

Por que não há água líquida em outros planetas e satélites?

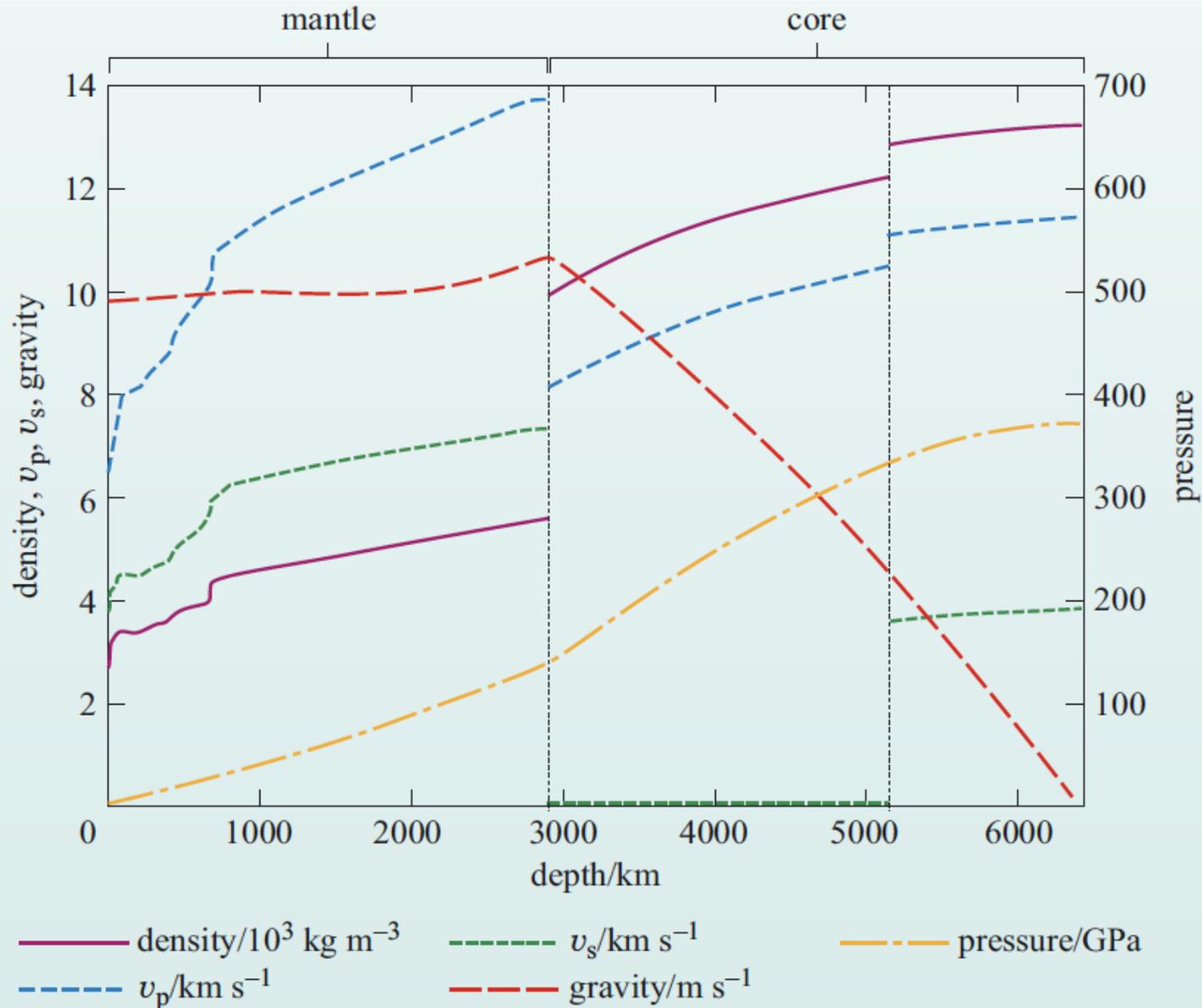
✓ Tectônica de Placas

Quais os argumentos para eliminar a existência de tectônica de placas nos outros planetas e satélites?

✓ Presença de vida

Outras características: atmosfera rica em oxigênio; ciclo hidrológico ativo; forte campo magnético; rotação rápida em torno de um eixo perpendicular à eclíptica.

Modelo de referência da Terra (*ou Terra 1D*).



O interior da Terra

$$v_p = \left(\frac{K + \frac{4\mu}{3}}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \quad v_s = \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$$

ρ = densidade

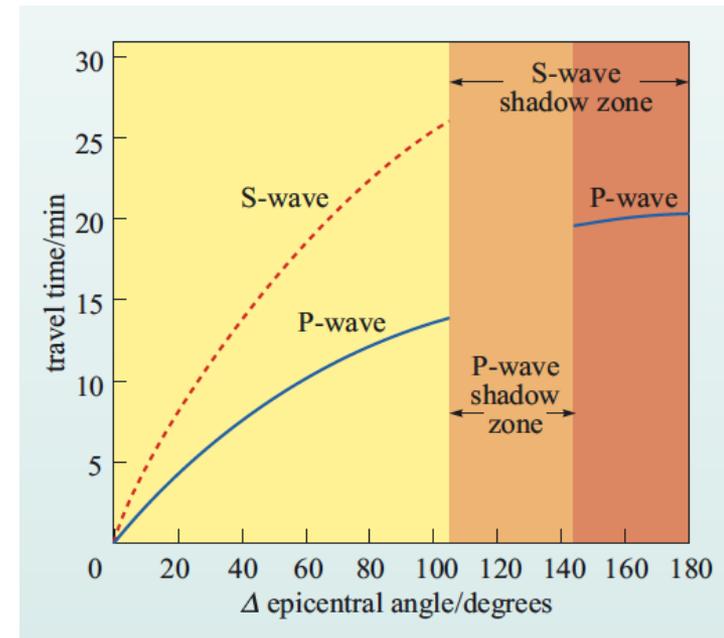
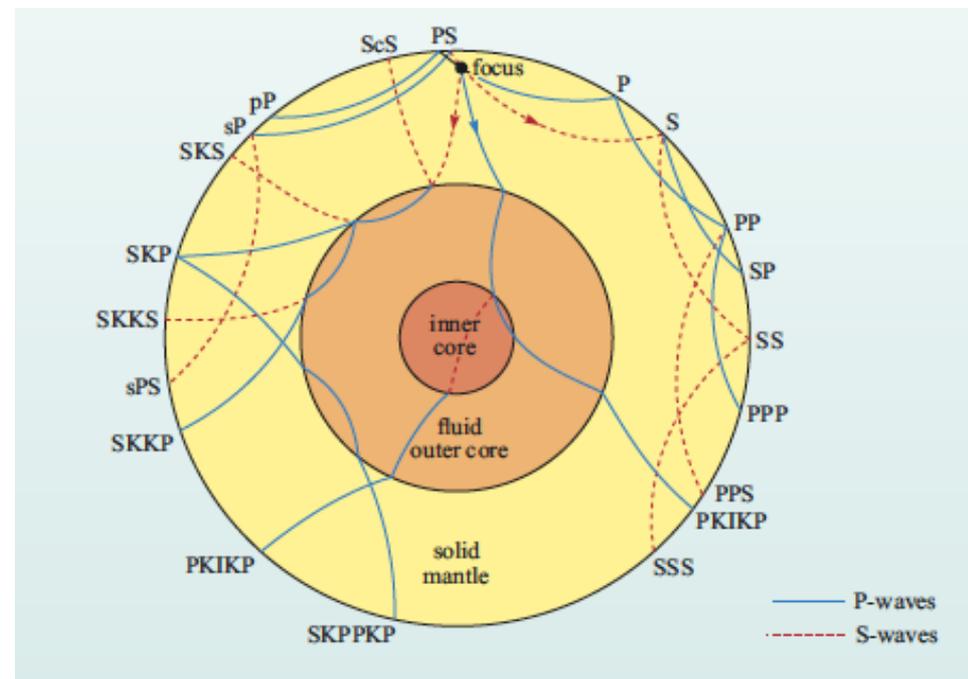
μ = modulo de cisalhamento

K = modulo de compressibilidade (bulk module)

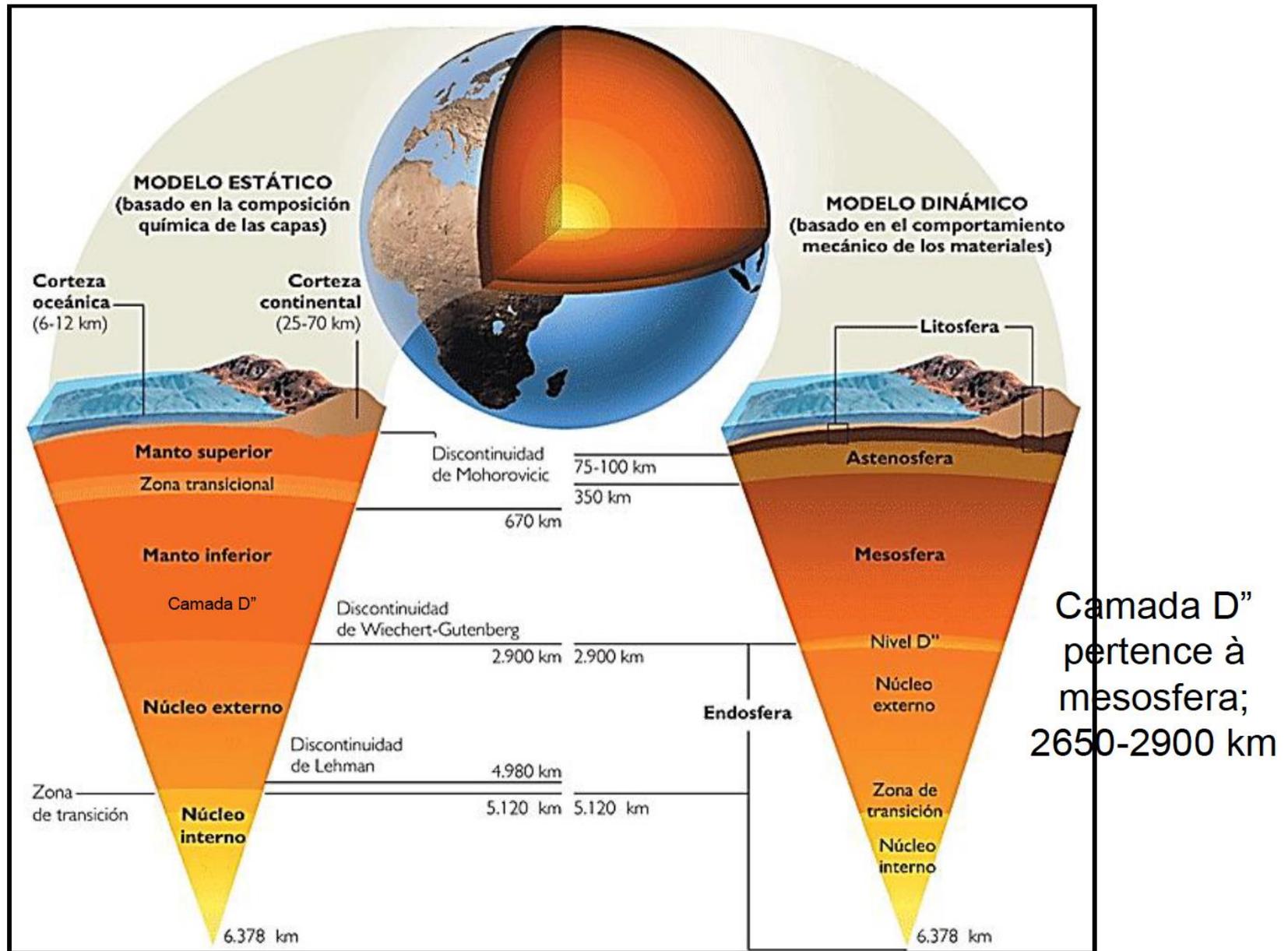
Por que v_p é sempre maior que v_s ?

Qual o comportamento de v_p e v_s em sólidos e líquidos?

Por que existe um intervalo, entre 105° e 142° de um epicentro, onde não há registro de ondas P nem de ondas S ?



Divisão composicional (estática) e mecânica (dinâmica)



Estrutura Física ou Estática da Terra

- Mudanças nas características químicas:

- Núcleo:

- interno (sólido): 1220 km de raio

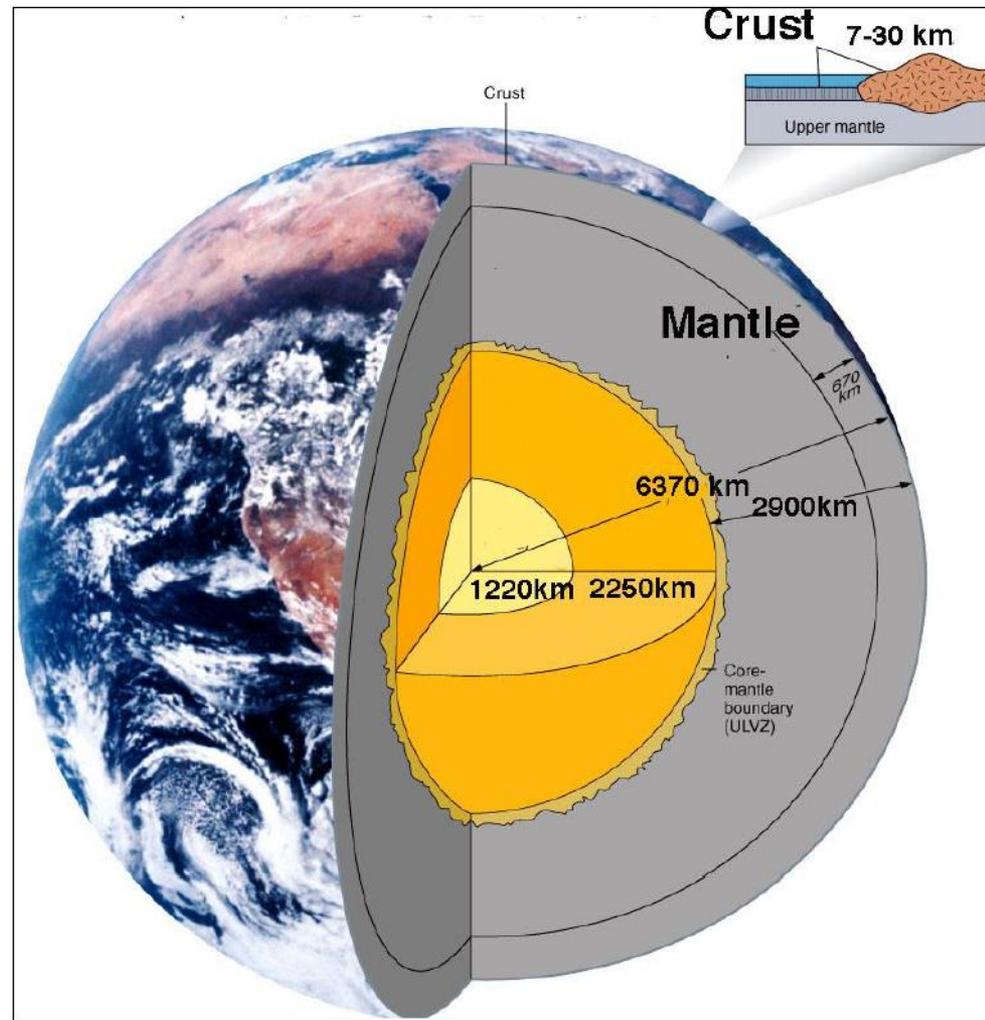
- externo (líquido): 2250 km de raio

- Manto (sólido): 6 - 7 km a 2.900 km (sob oceanos); 35 km a 2.900 km sob continentes

- Crosta (sólida):

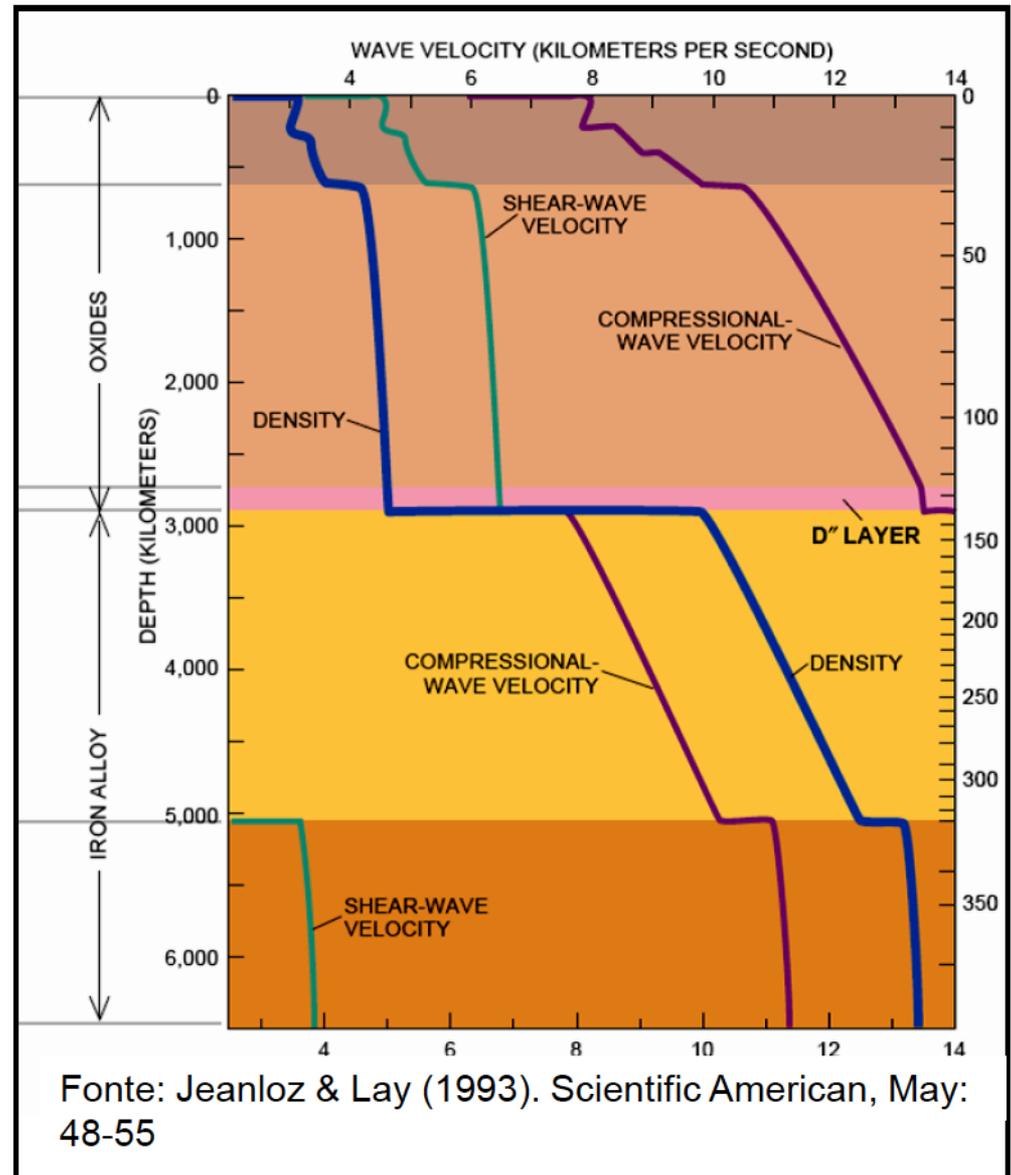
- oceânica 6 - 7 km de espessura

- continental: 35 km de espessura



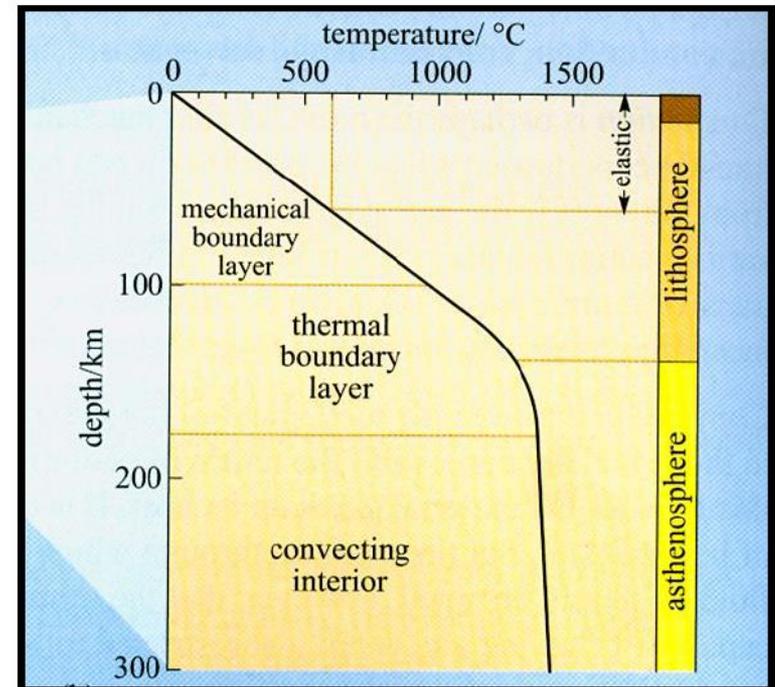
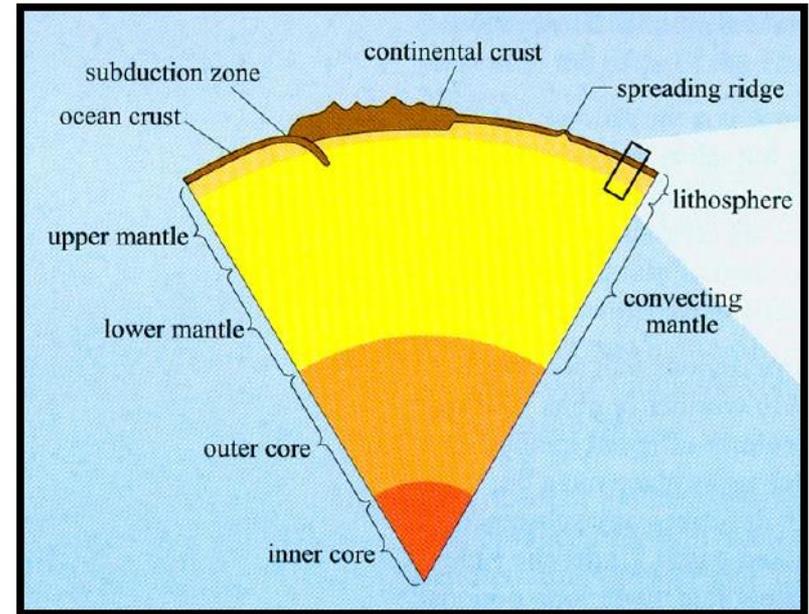
Estrutura Física ou Estática da Terra

- Núcleo: 2.900 - 6.370 km
- Manto: 6- 7 km a 2.900 km (sob oceanos); 35 km a 2.900 km (sob continentes); manto superior 400 km, zona de transição (400 -600 km) e manto inferior (660-2800 km) **inclui acamada D''** (2700-2900 km)
- Crosta: oceânica 6 - 7 km; crosta continental: 35 km
- Descontinuidades: caracterizadas por **mudanças químicas** (às vezes associadas a mudanças físicas)

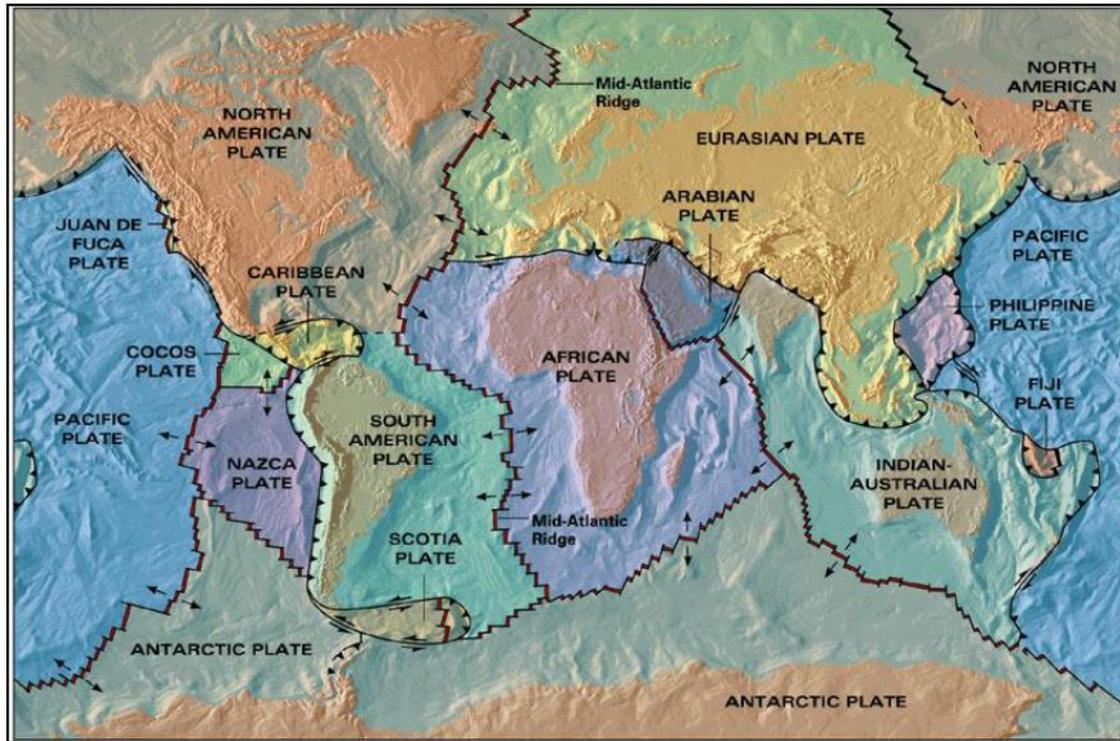


Estrutura Dinâmica da Terra

- Mudanças nas propriedades **mecânicas**:
- **Litosfera**: crosta e parte do manto superior
- **Astenosfera**: manto superior
- **Mesosfera**: manto inferior; maior viscosidade (convecção?)
- **Endosfera**: núcleo externo e núcleo interno

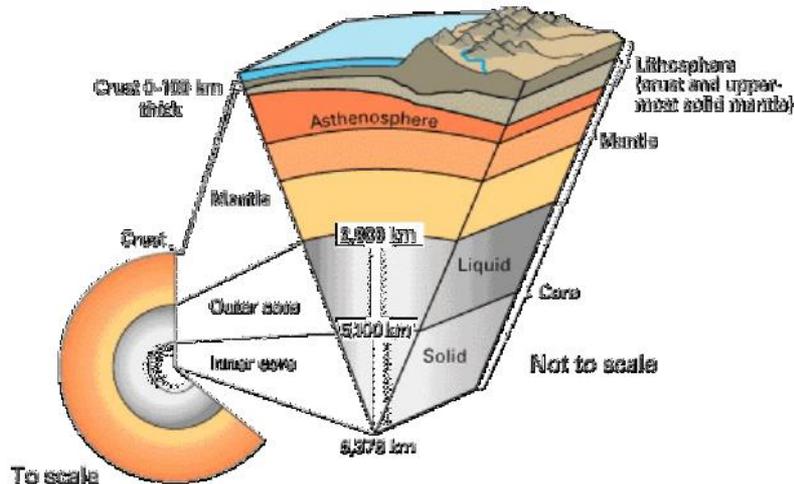


Estrutura Dinâmica da Terra

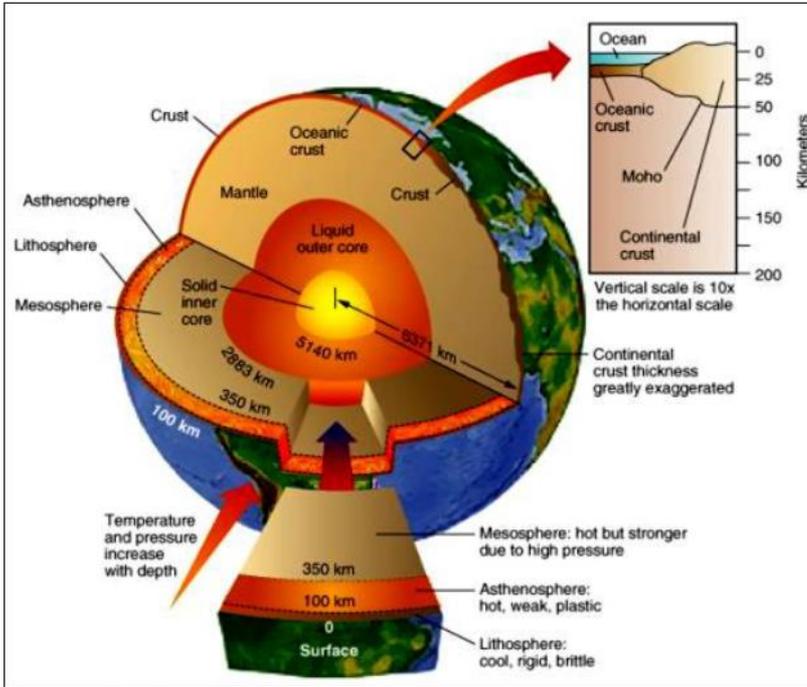


Litosfera:

- camada externa móvel- inclui crosta e parte do manto superior;
- espessura variável: 100 km (bacias oceânicas); 100-200 km (áreas continentais)
- comportamento rígido resistindo a pressões de $\approx 1\text{kbar}$ durante $\Delta t > 10^9$ anos;
- região relativamente fria \Rightarrow calor transferido por condução;
- base: isoterma de 1200 - 1300 °C



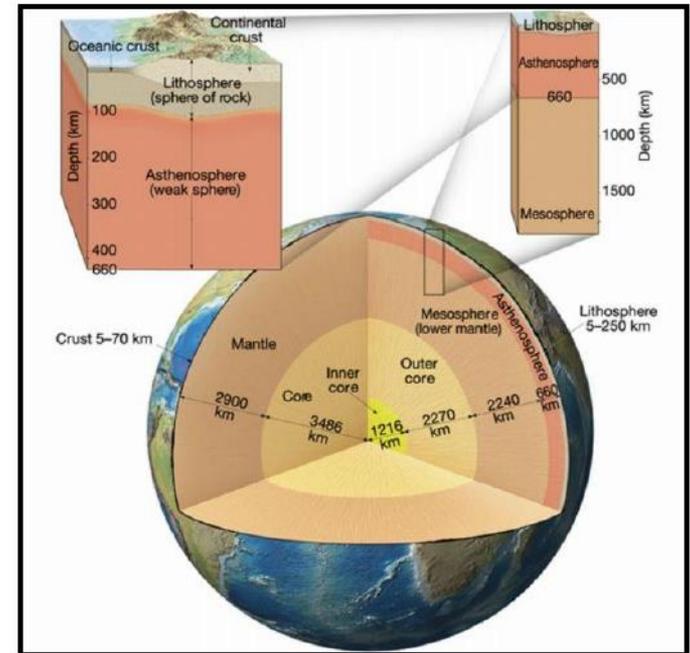
Estrutura Dinâmica da Terra



Astenosfera:

- comportamento viscoso (tempo geológico) \Rightarrow compensação isostática;
- deforma-se quando sujeita a esforços de longa duração \Rightarrow arrasto no estado sólido;
- sólido elástico para a passagem de ondas sísmicas

- topo: coincide com a ZBV em regiões sub-oceânicas (50-100 km); em áreas continentais : 100 -250 km
- base: 250-350 vs. 700 km???
- transporte de calor: principalmente por convecção



Estrutura Dinâmica da Terra

Mesosfera:

- base: 2900 km
- corresponde ao manto inferior
- alta viscosidade mesmo no tempo geológico podendo inibir a convecção

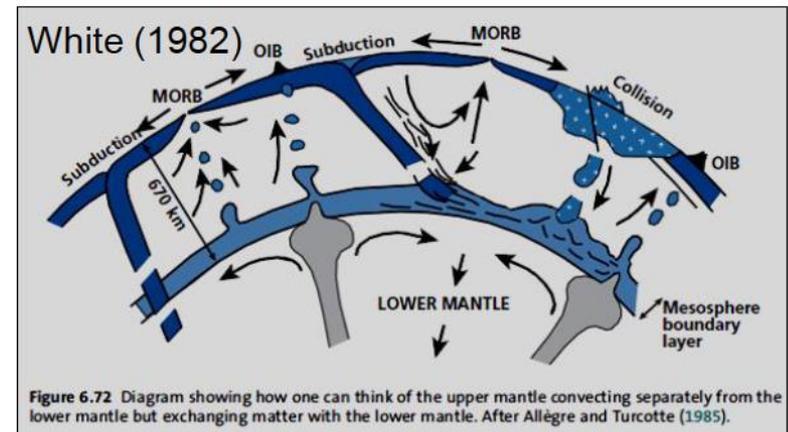
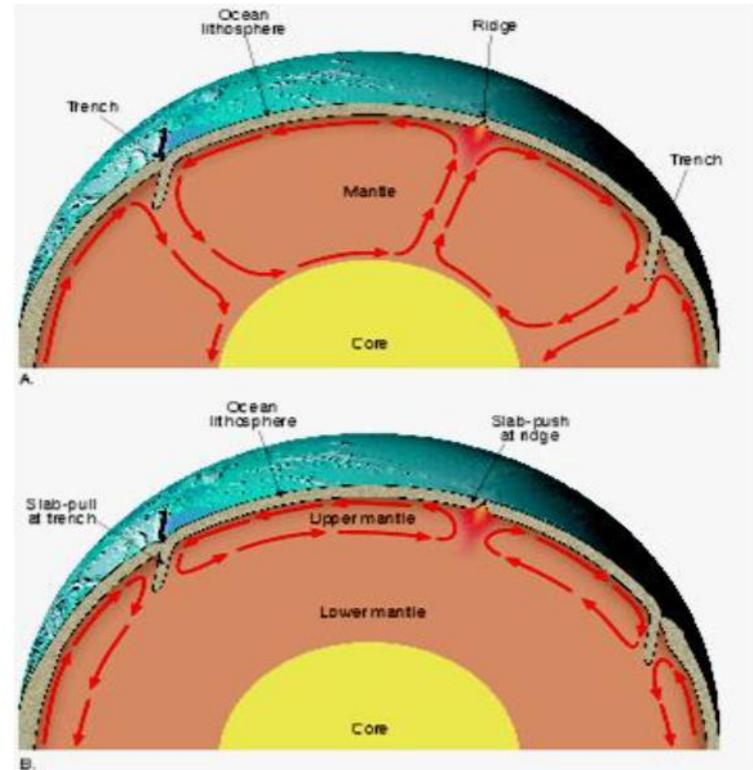
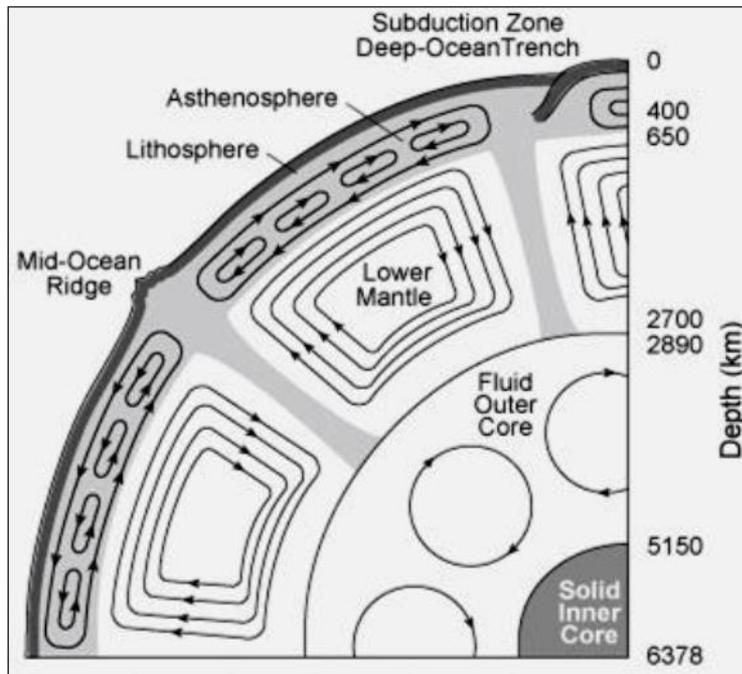
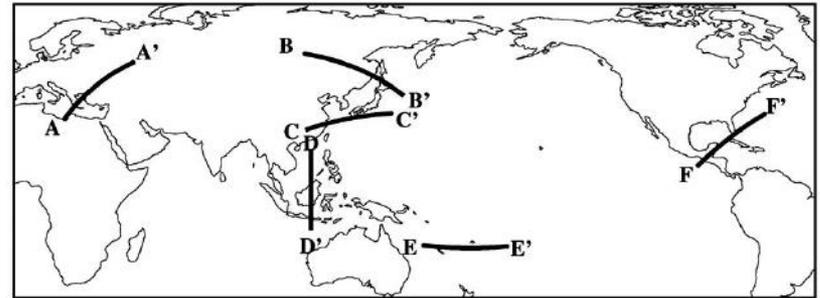
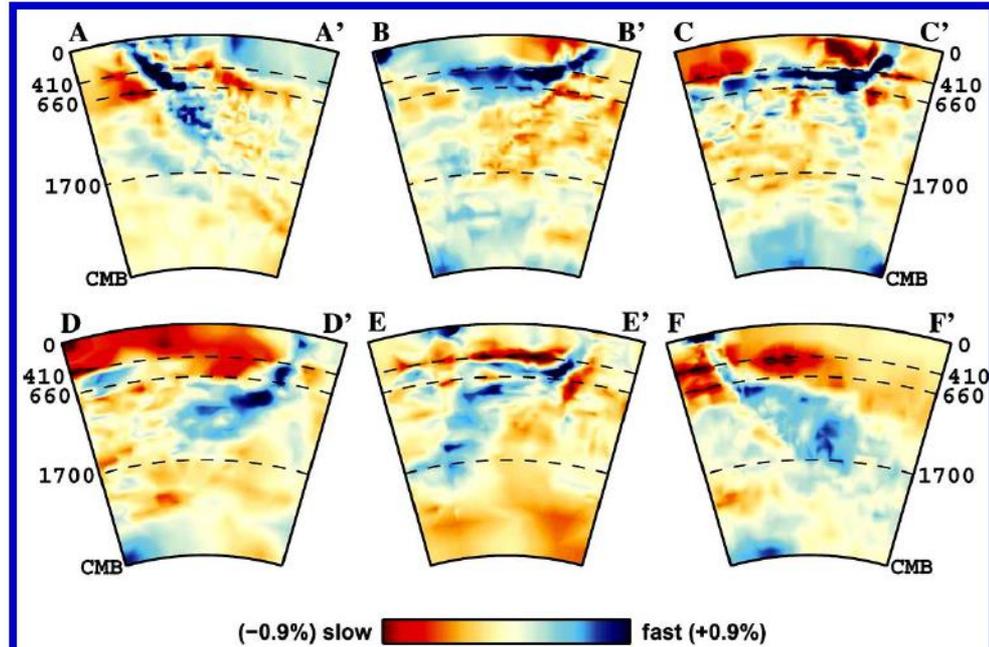
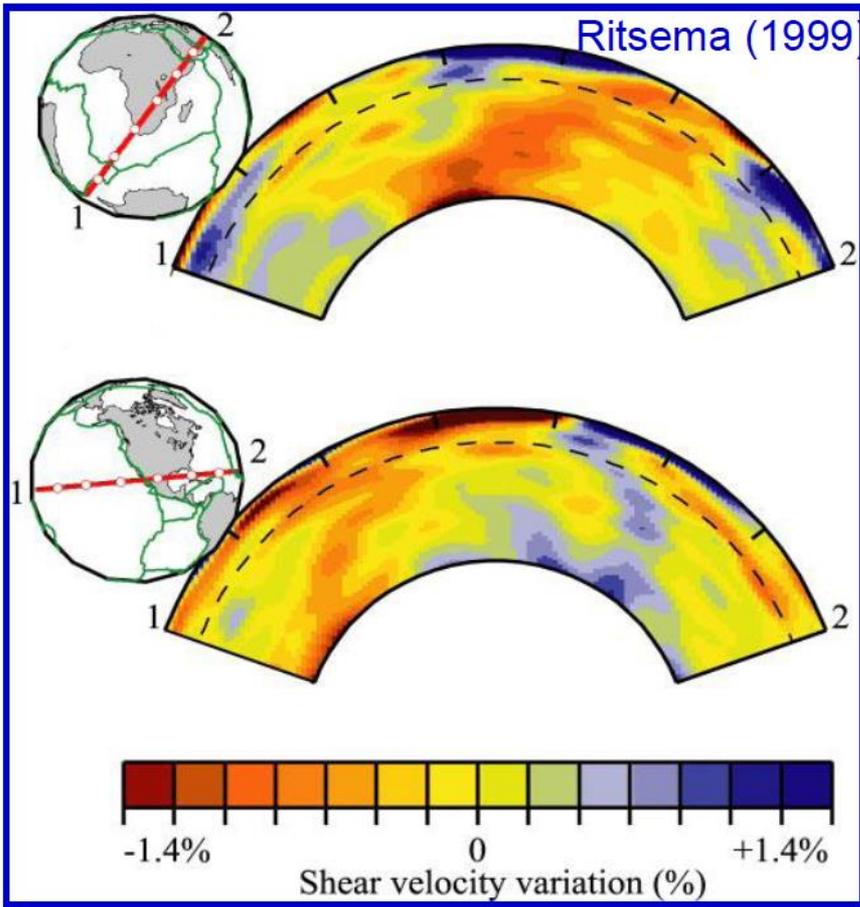


Figure 6.72 Diagram showing how one can think of the upper mantle convecting separately from the lower mantle but exchanging matter with the lower mantle. After Allègre and Turcotte (1985).

Estrutura Dinâmica da Terra



Romanowics (2003)

- litosfera subductada: pode ultrapassar 660 km; chega a atingir ~1700 km
- anomalias de baixa velocidade no manto profundo: Pacífico e África

Síntese I

A Terra tem características diferentes dos outros planetas vizinhos: menor quantidade de crateras na superfície; relevo bimodal (oceanos, continents); água líquida; tectônica de placas; presença de vida; atmosfera rica em oxigênio; ciclo hidrológico ativo; forte campo magnético; rotação rápida em torno de um eixo perpendicular à eclíptica.

A Terra apresenta uma divisão química ou composicional: crosta (silicática, de composição granítica a granodiorítica), manto (silicático, de composição peridotítica), núcleo (formado por uma liga de Fe-Ni; externo = líquido, interno = sólido).

A Terra apresenta uma divisão dinâmica: litosfera, astenosfera, mesosfera (Manto Inferior), endosfera (Núcleo). O limite entre a litosfera e a astenosfera é a isoterma de 1300 °C; a astenosfera é marcada nos dados sísmicos por uma zona de baixa velocidade

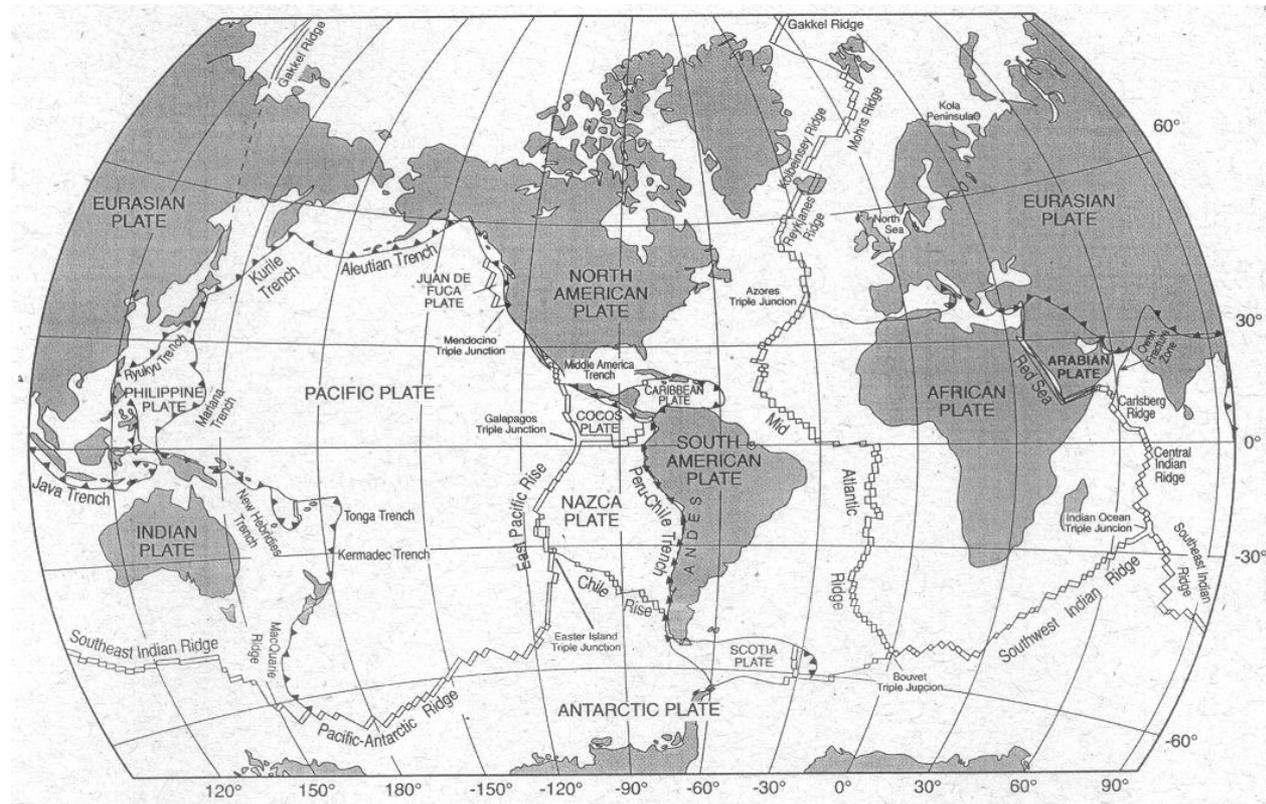
Dados de tomografia sísmica sugerem que existe comunicação entre as diferentes camadas da Terra, com material litosférico (placas oceânicas) atingindo a interface Manto-Núcleo, e material da interface Manto-Núcleo sendo alçado até a superfície.

Aula 1 – chegando em um ponto comum

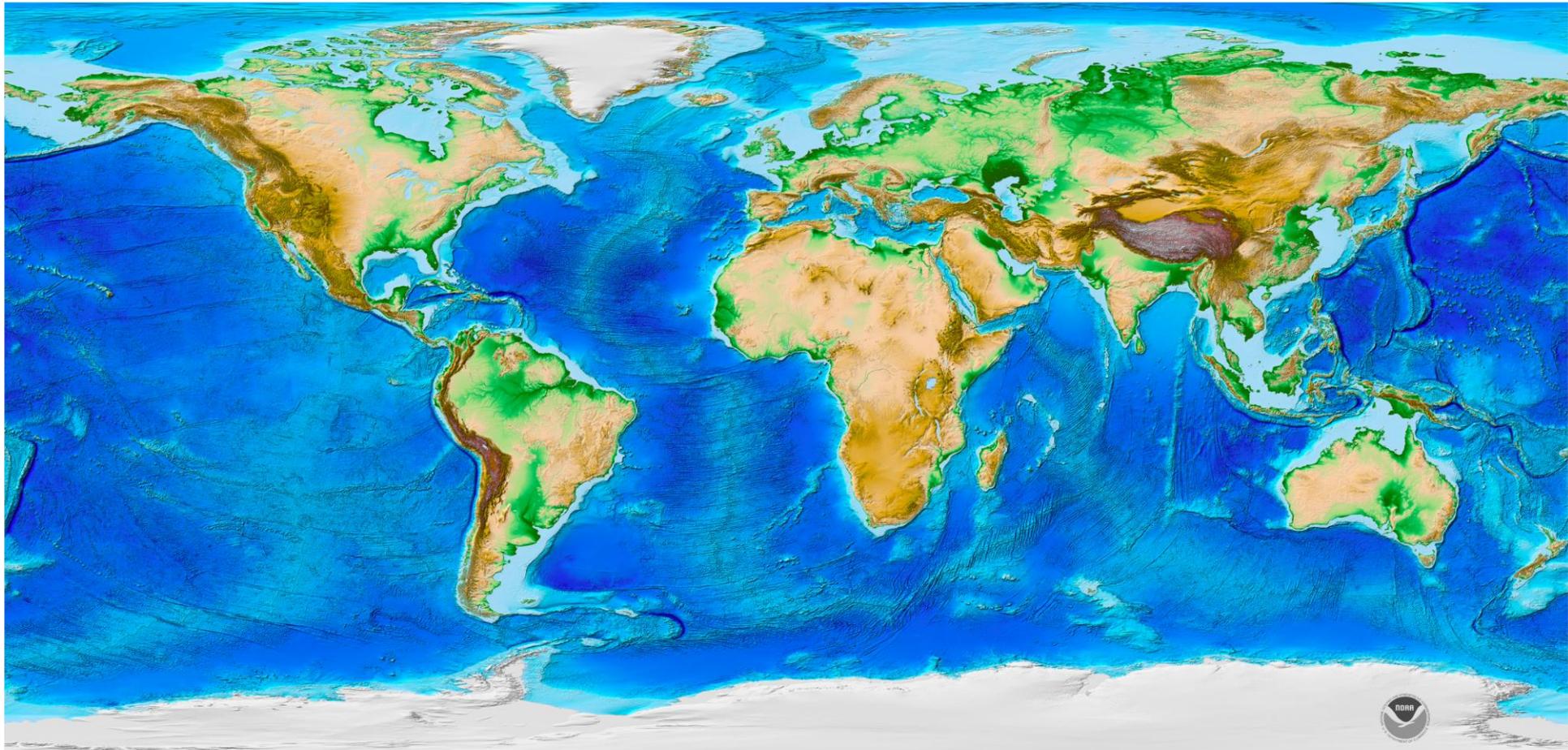
A Placa da América do Sul:
Reconhecendo as primeiras
características

Tamanho da placa

- Qual é a área da placa sul-americana?
- Qual é a área continental e qual é área oceânica? Faça um cálculo aproximado, lembre-se que 1° equivale a 111,11 km.

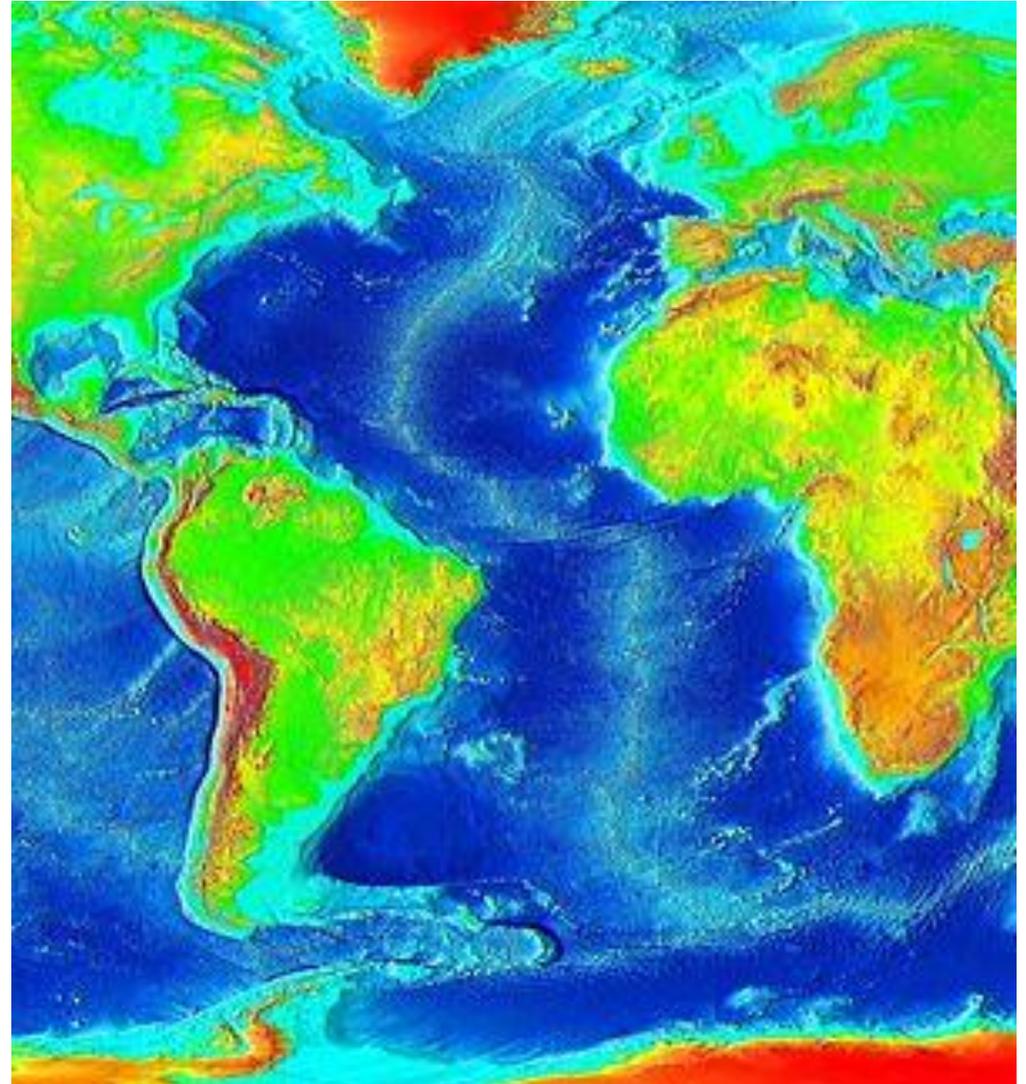
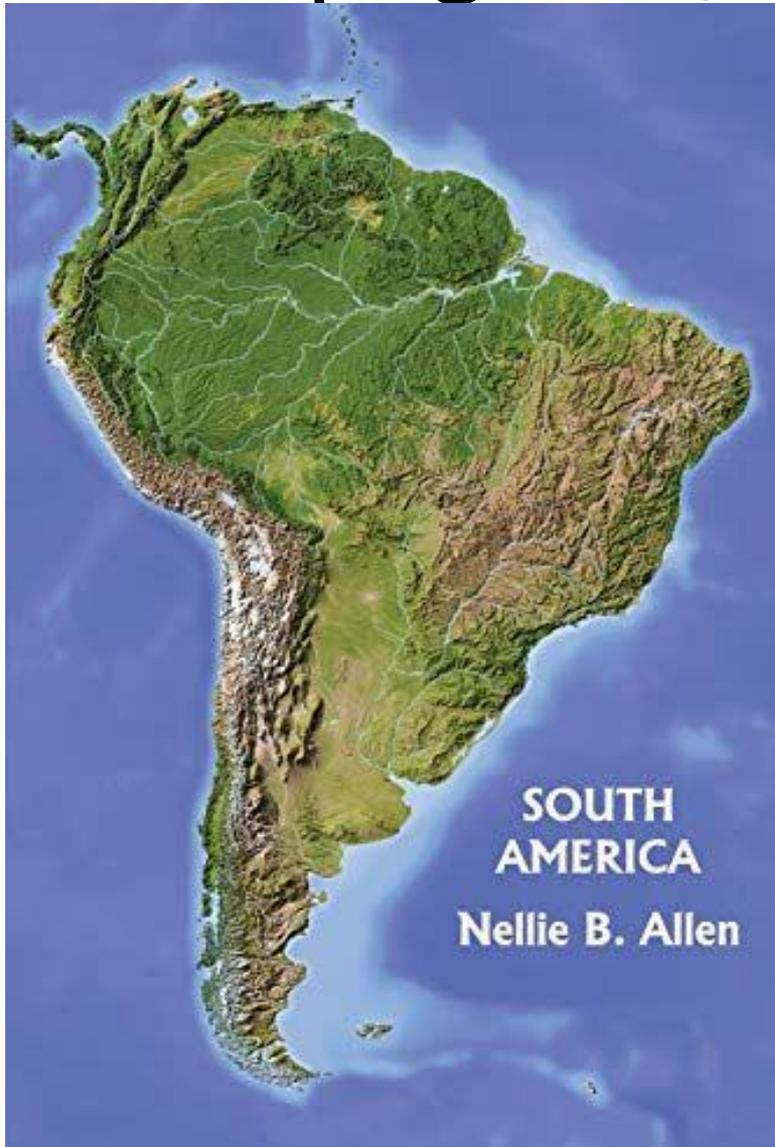


Topografia da placa



Topografia dos continentes e oceanos
(modelo ETOPO 1, resolução de 1')

Topografia/batimetria da placa



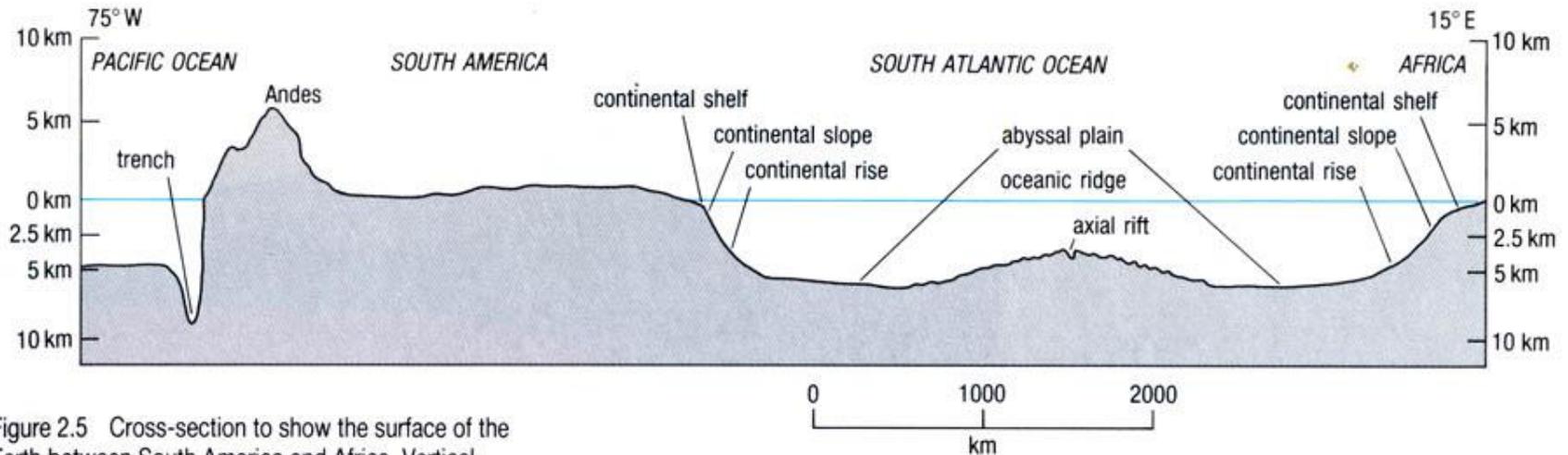
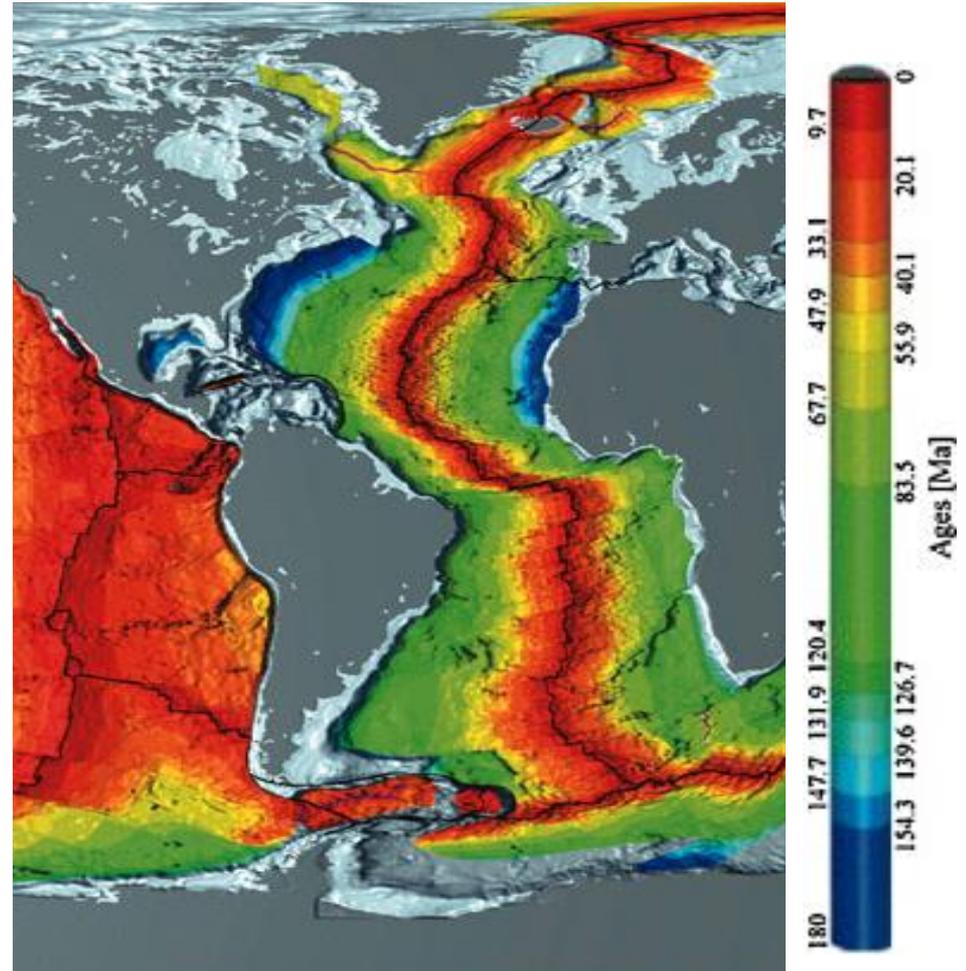
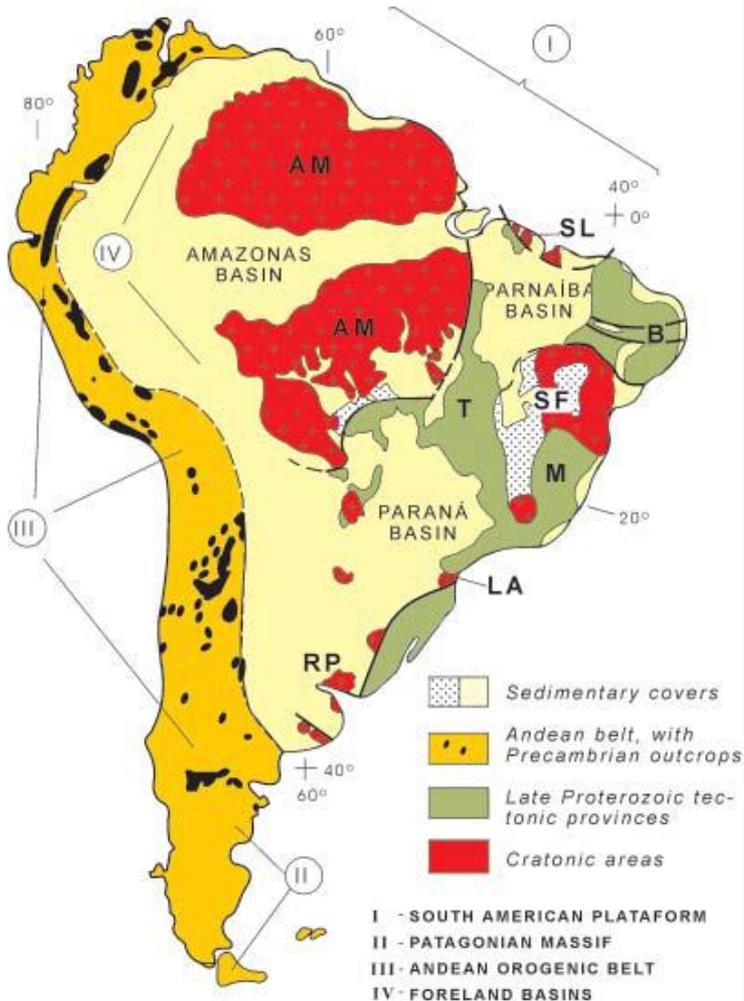


Figure 2.5 Cross-section to show the surface of the Earth between South America and Africa. Vertical exaggeration $\times 100$.

- O que chama a atenção no relevo da parte oceânica da placa da AS?
- O que chama a atenção no relevo da parte continental da placa da AS?
- Que feições estão relacionadas às margens tectônicas atuais da placa?
- Que feições poderiam estar relacionadas à margens tectônicas pretéritas da placa AS? Essas feições você encontra na parte continental ou oceânica?

Idade da placa da América do Sul

CRUSTAL PROVINCES OF SOUTH AMERICA



Idade da placa da América do Sul

- Como se comparam as idades da parte continental e da parte oceânica da América do Sul?
- Isso se reflete na topografia e na geologia? Como?

Síntese II:

- Limite divergente: Limites com a placa da África e da Antártica. Feição principal Dorsal do Atlântico, borda leste e parte da sul; litosfera oceânica, da dorsal até a plataforma continental da parte continental. A borda divergente compreende cerca de 7000 km.
- Limite convergente: Placa sul-americana consumida, por processo de subducção (borda convergente): no extremo sul, sob a placa da Scotia, nas ilhas South Sandwich, e no extremo norte, sob a placa do Caribe, Antilhas, em porções bastante pequenas, cerca de 500 km. Na margem oeste encontra-se uma extensa zona de subducção (borda convergente, com cerca de 9000 km), onde a placa de Nazca e a placa da Antártica (no extremo sul do continente) entram sob a placa sul-americana. O resultado é a formação dos Andes, com vulcanismo e sismicidade elevada.
- Limite transformante: O limite norte, com a placa do Caribe, é por falha transformante dextral (borda transformante), mas a delimitação é bastante complexa. O limite norte com a placa da América do Norte é difuso e pouco definido. O limite sul, com a placa da Scotia, se dá por falhas transpressiva, isto é, falha transcorrente com uma pequena componente de convergência (borda transformante).
- Aproximadamente 49% de litosfera continental, com idades do arqueano até bacias mais recentes.
- 51% de litosfera oceânica, sendo 35% são formadas por material oceânico jovem (idade < 60 ma) e 16% por litosfera oceânica mais antiga.
- Elevação média em toda a placa é de cerca -2100 m. Nos oceanos, cerca de -3800 m e no continente de cerca de +600 m.