

Classificação de bacias sedimentares: mecanismos de subsidência e contexto tectônico

- Bacias sedimentares: áreas da superfície terrestre que sofrem ou sofreram subsidência continuada.
- Subsidência – resposta a uma mudança de estado na crosta ou na litosfera.
- Principal agente das mudanças de estado: Tectônica Global.
- A aula de hoje descreve os principais mecanismos de subsidência e sua relação com os principais ambientes tectônicos.

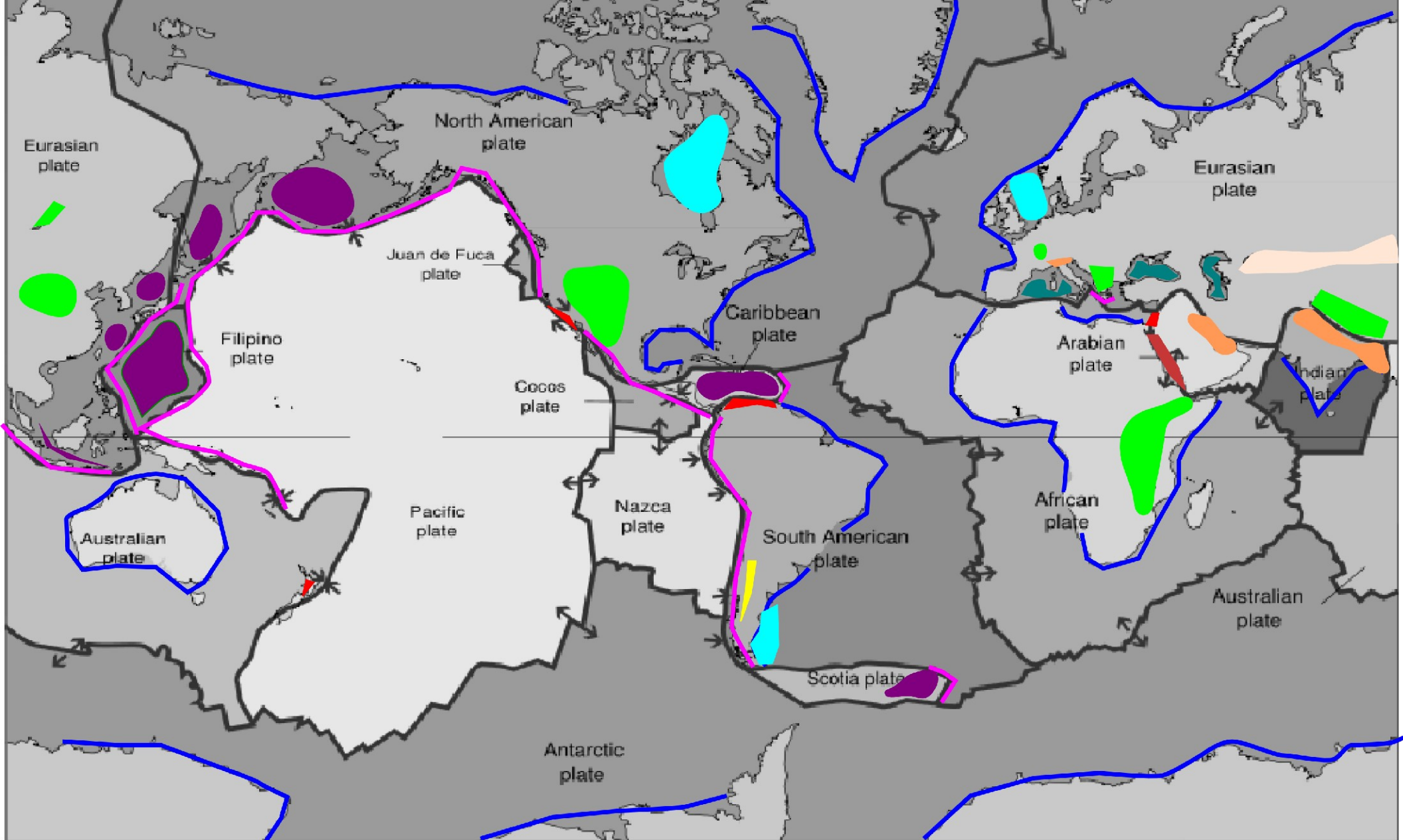
Um tipo de classificação, muito utilizado, agrupa as bacias sedimentares de acordo com seu contexto na Tectônica da Placas.

Em uma divisão maior, as bacias podem ser classificadas em:

- Bacias relacionadas a limites convergentes de placas
- Bacias relacionadas a limites divergentes de placas
- Bacias relacionadas a limites transformes de placas
- Bacias intra-placa

Em cada um desses contextos ocorre uma série de tipos de bacias.

Os principais tipos serão apresentados na aula de hoje, seguindo a classificação de Ingersoll & Busby (1995), modificada.



Margens Passivas

Bacias de Ante Arco

Províncias Distensionais

Bacias Periféircas de Antepaís

Sinéclises Intracratônicas

Bacias de Backarc

Bacias Proto-Oceânicas

Bacias Flexurais Intraplaca

Bacias Oceânicas Remanescentes

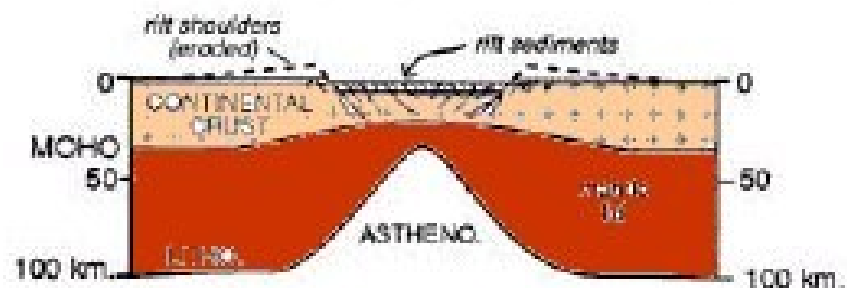
Bacias de Antepaís em Retroarco

Bacias Transcorrentes

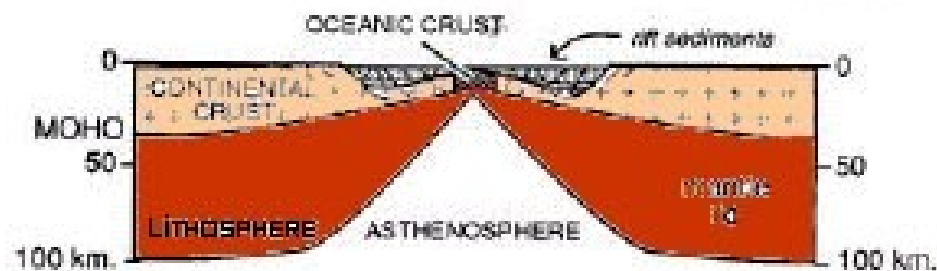
1. Bacias de contextos divergentes:

- Rifts intra-continentais: subsidência mecânica
- Bacias proto-oceânicas: subsidência mecânica + subsidência termal

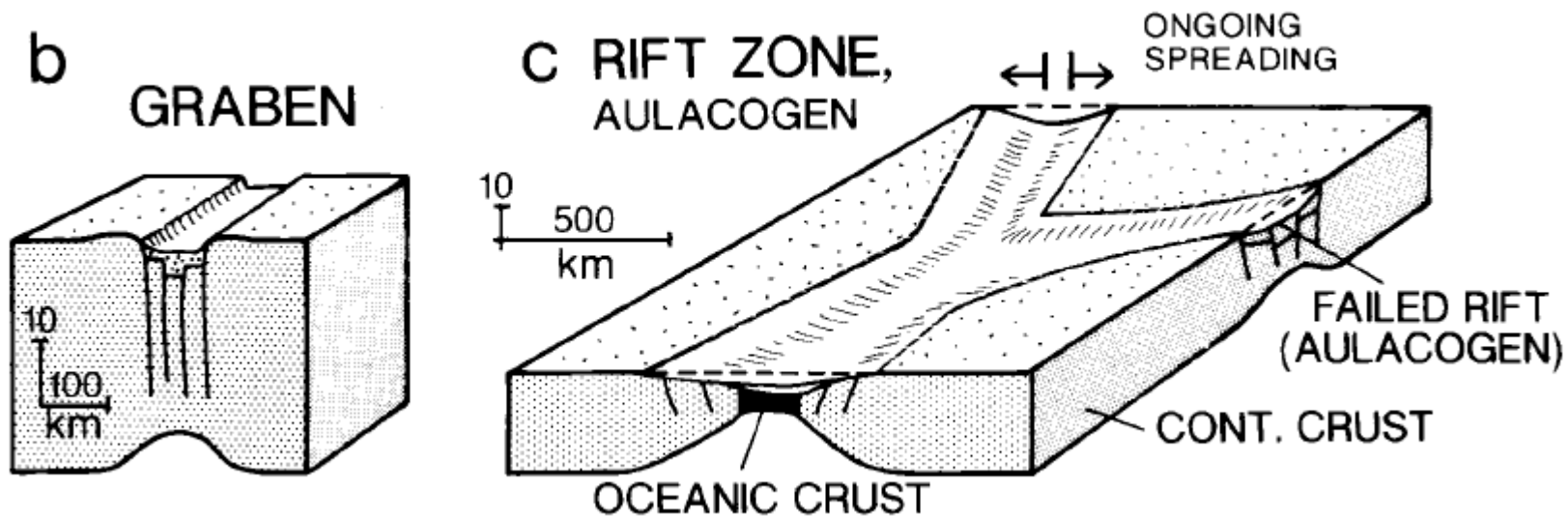
**RIFT
BASIN**
($\beta = 1.6$)



**NASCENT
OCEAN
BASIN**
($\beta = 2.2$)



Bacias de limites divergentes



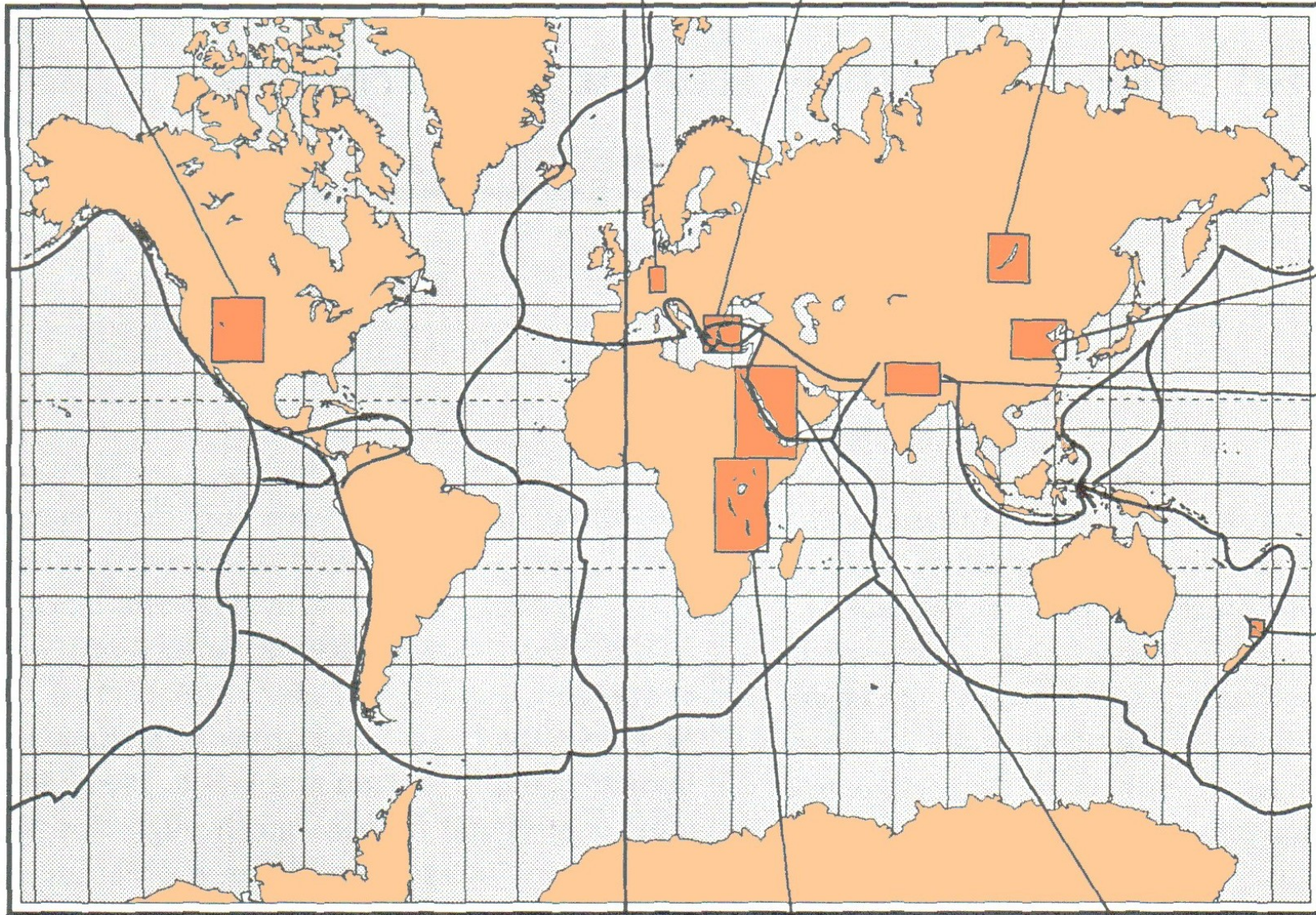
Einsele, G. 1992. Sedimentary Basins, Evolution Facies and Sediment Budget. 2 ed, Springer, 792 p.

Basin & Range Province,
Rio Grande

Rhine Graben

Aegean

Lake Baikal



Shaanxi,
Bohai

Tibetan
Plateau

North Island,
New Zealand

East African Rifts
(Kenyan, Ethiopian,
Western branches)

Gulf of Suez,
Red Sea,
Afar

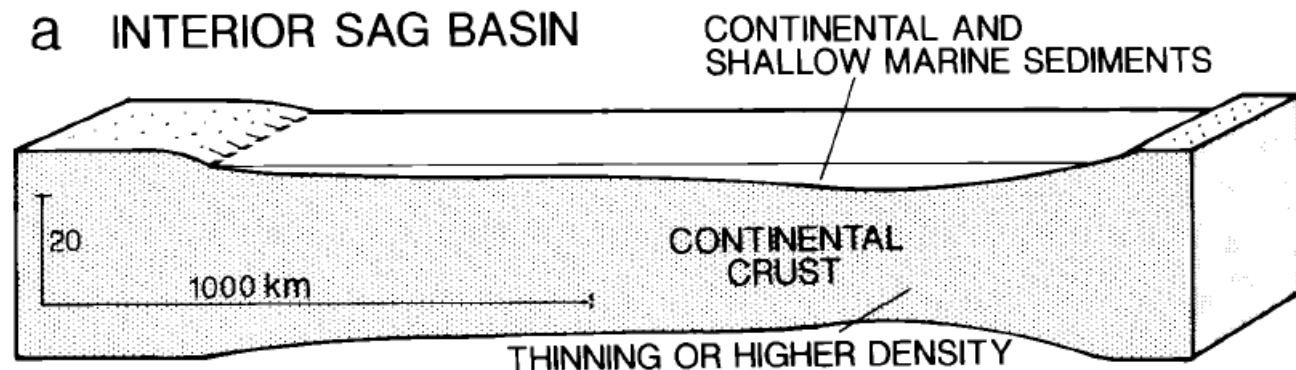
Bacias intra-placa:

- Margens Passivas: subsidência termal
- Bacias Intracratônicas: mecanismo incerto (termal, flaxural, topografia dinâmica)
- Bacias Oceânicas ativas: subsidência termal
- Bacias Oceânicas inativas: subsidência termal
- Rifts Intra-placa: subsidência mecânica

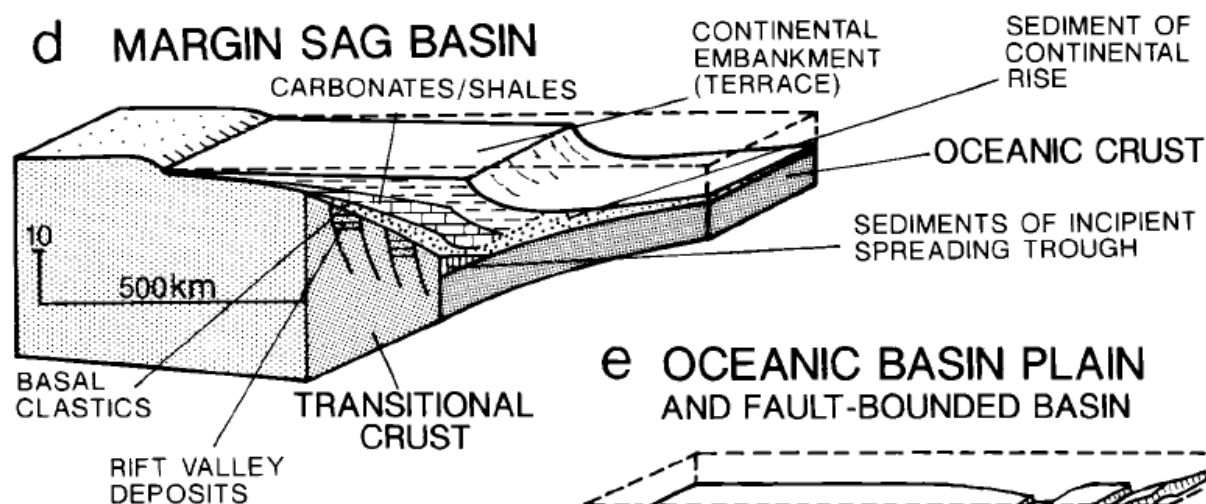
Bacias Intraplaca

GSA0477

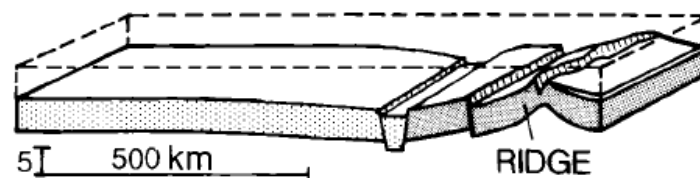
a INTERIOR SAG BASIN



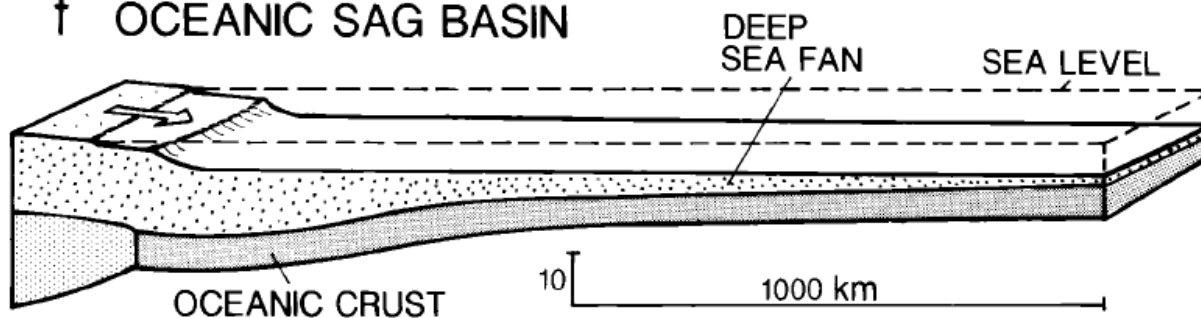
d MARGIN SAG BASIN



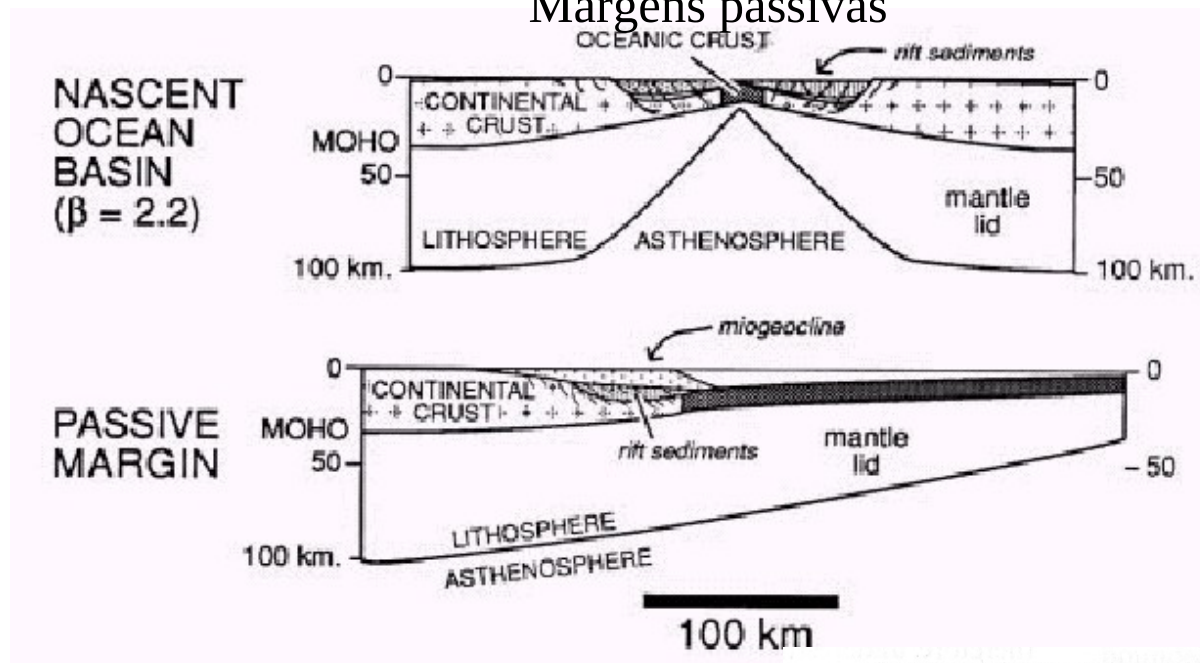
e OCEANIC BASIN PLAIN AND FAULT-BOUNDED BASIN



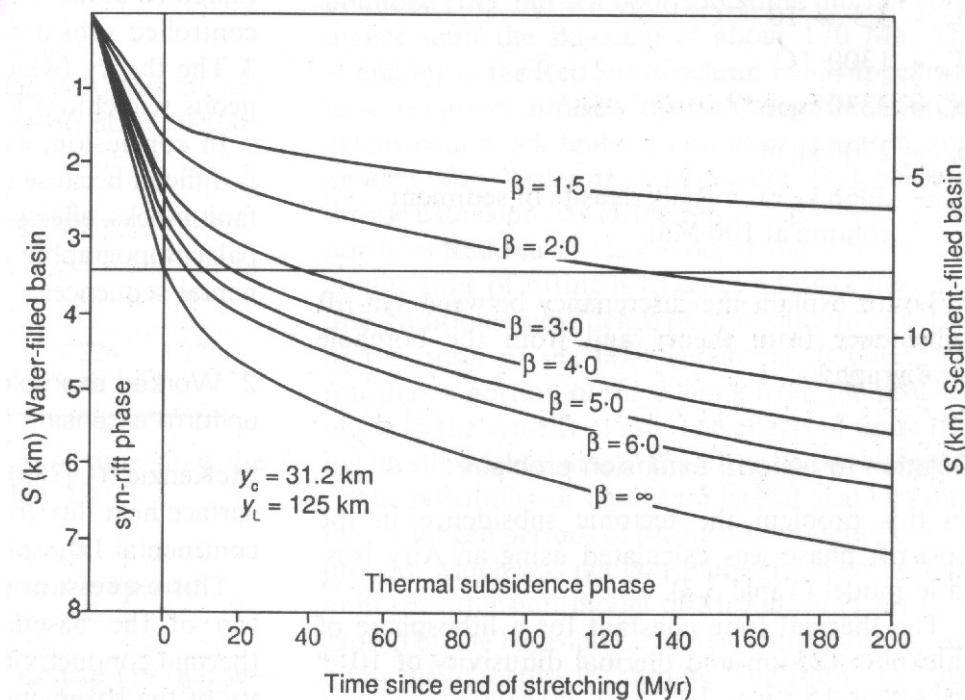
f OCEANIC SAG BASIN



Margens passivas



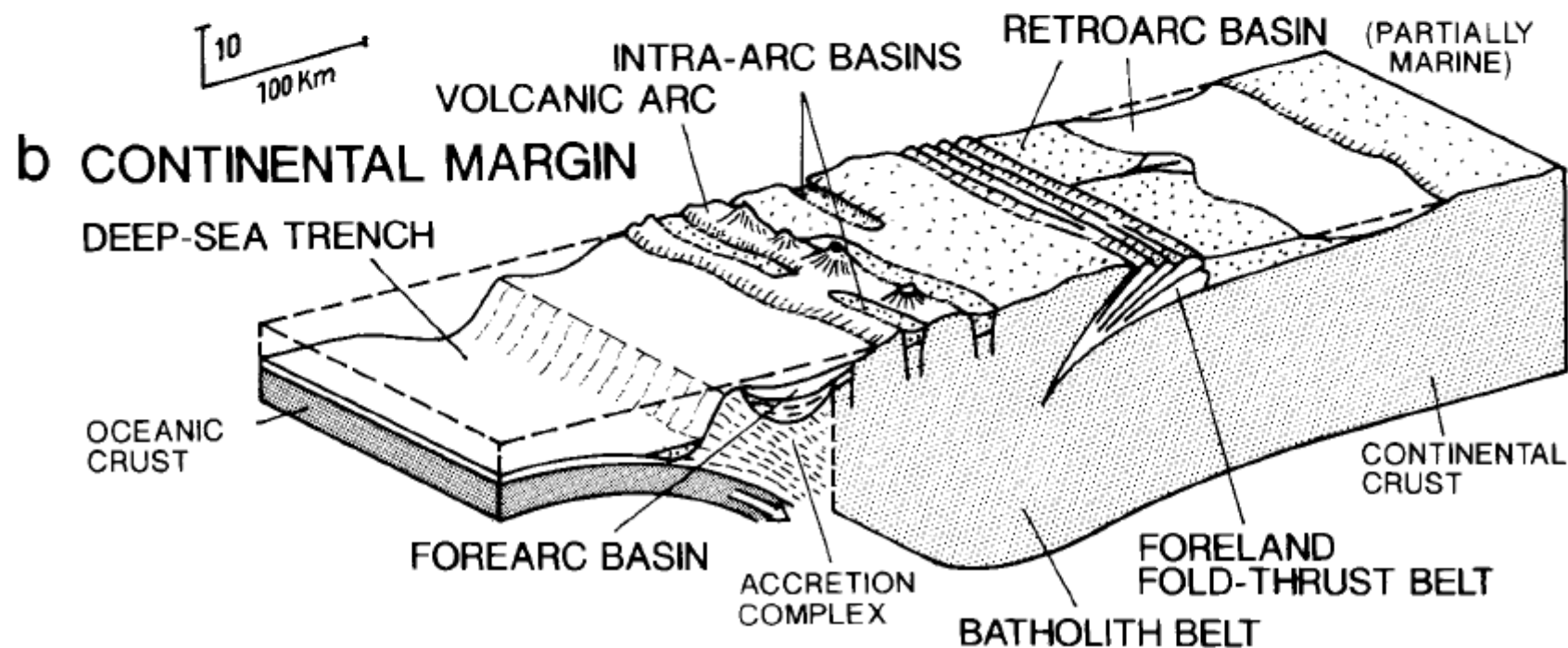
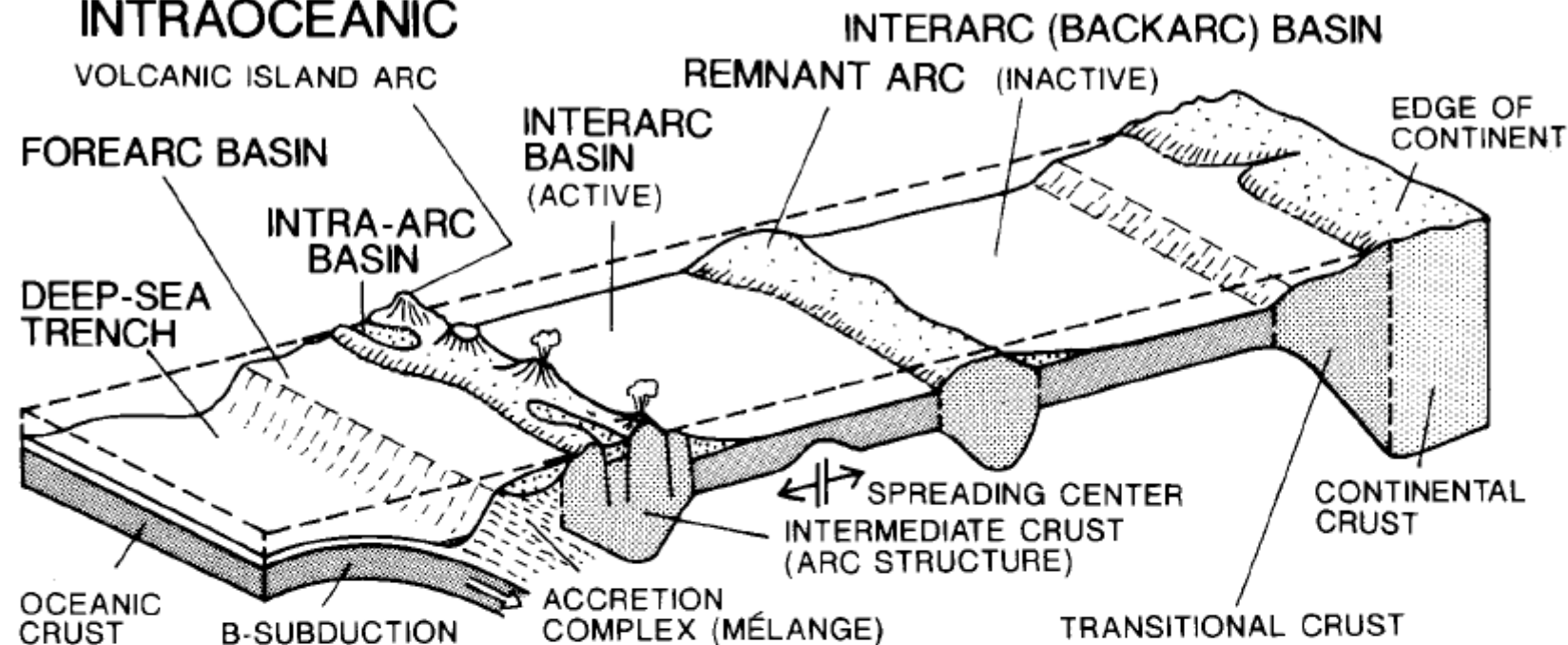
Porções mais distais da plataforma apresentam menor espessura de crosta após a distensão = maior fator beta = maior taxa de subsidência termal.



Bacias de contextos convergentes:

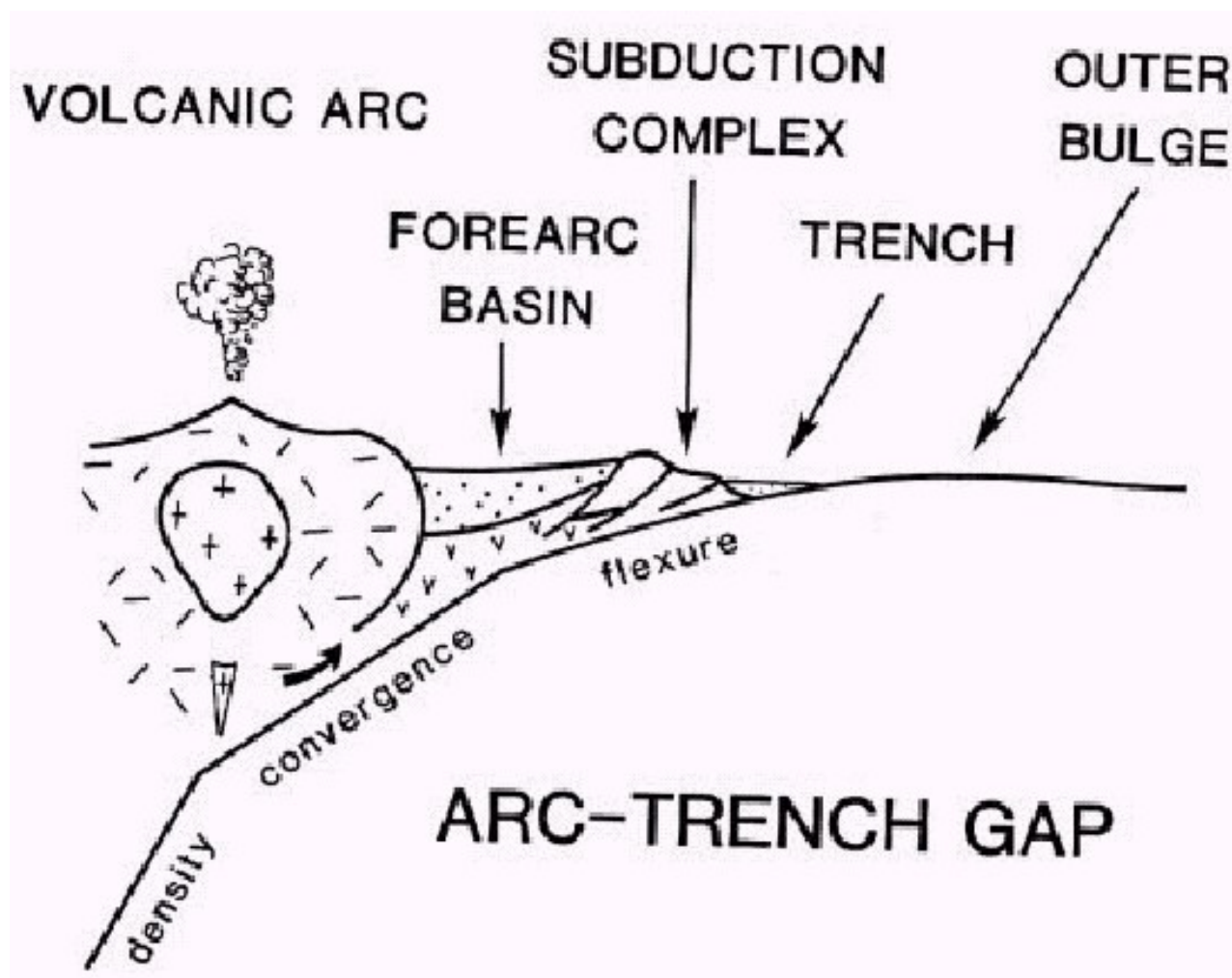
- Trincheiras de subducção: subsidência termal + flexural
- Bacias de flanco de trincheira: subsidência mecânica + termal
- Bacias de ante-arco: mecanismo incerto (subsidência flexural + ?)
- Bacias de *backarc*: subsidência mecânica
- Bacias de intra-arco: subsidência mecânica
- Bacias de antepaís de retroarco: subsidência flexural
- Bacias periféricas de antepaís: subsidência flexural
- Bacias de colapso de orógeno: subsidência mecânica

a SUBDUCTION-RELATED BASINS, INTRA-OCEANIC



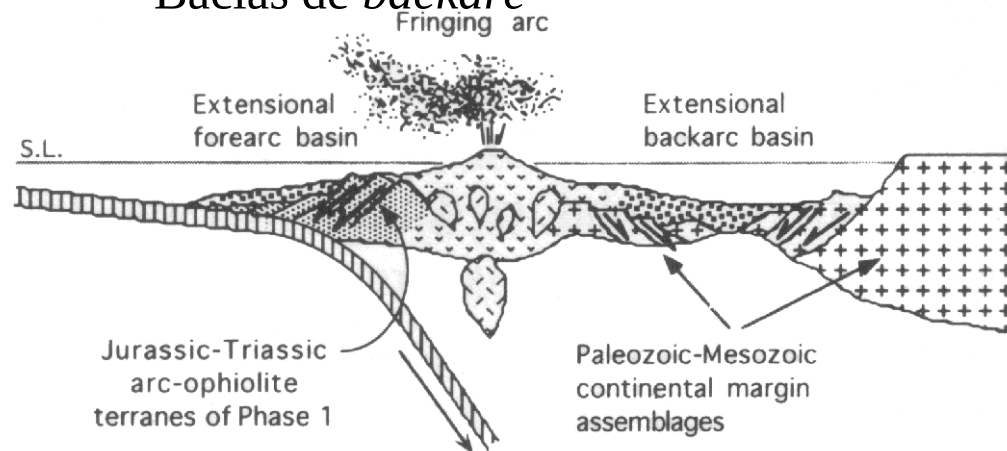
GSA0477

Bacias de ante-arco

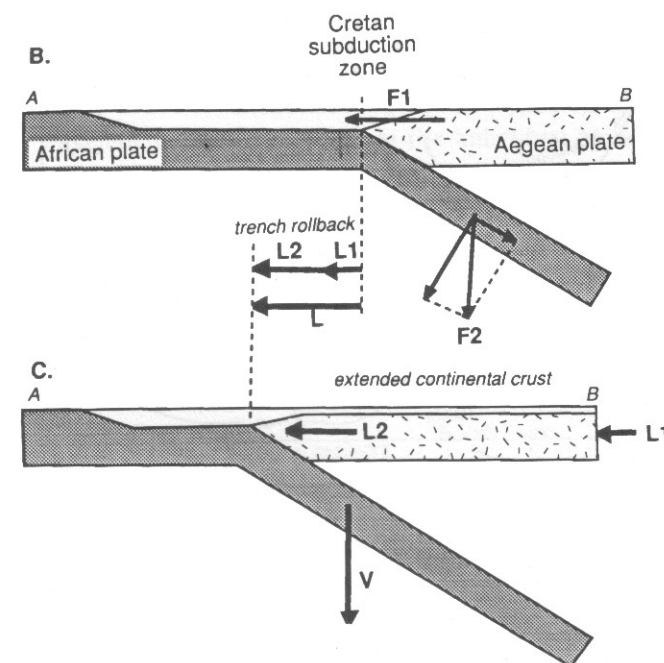
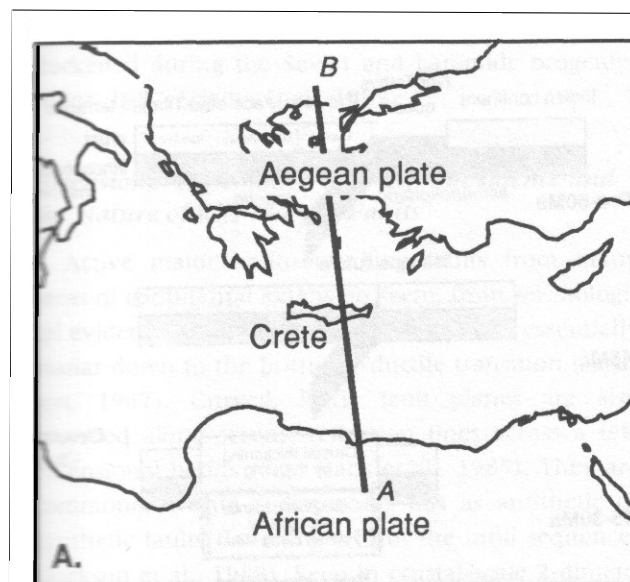


GSA0477

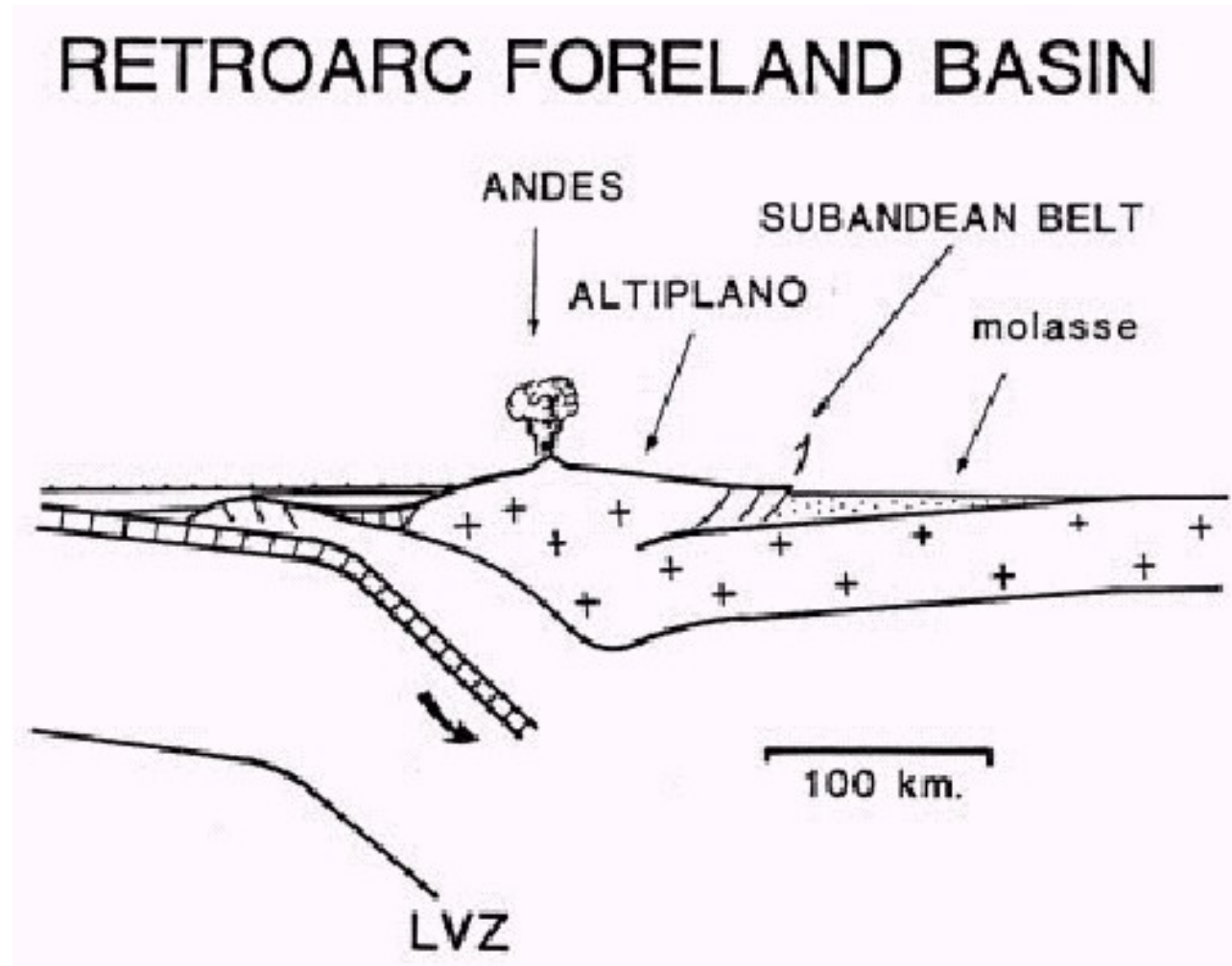
Bacias de *backarc*



Distensão passiva:
colapso da margem
continental e *rollback*
da subducção.

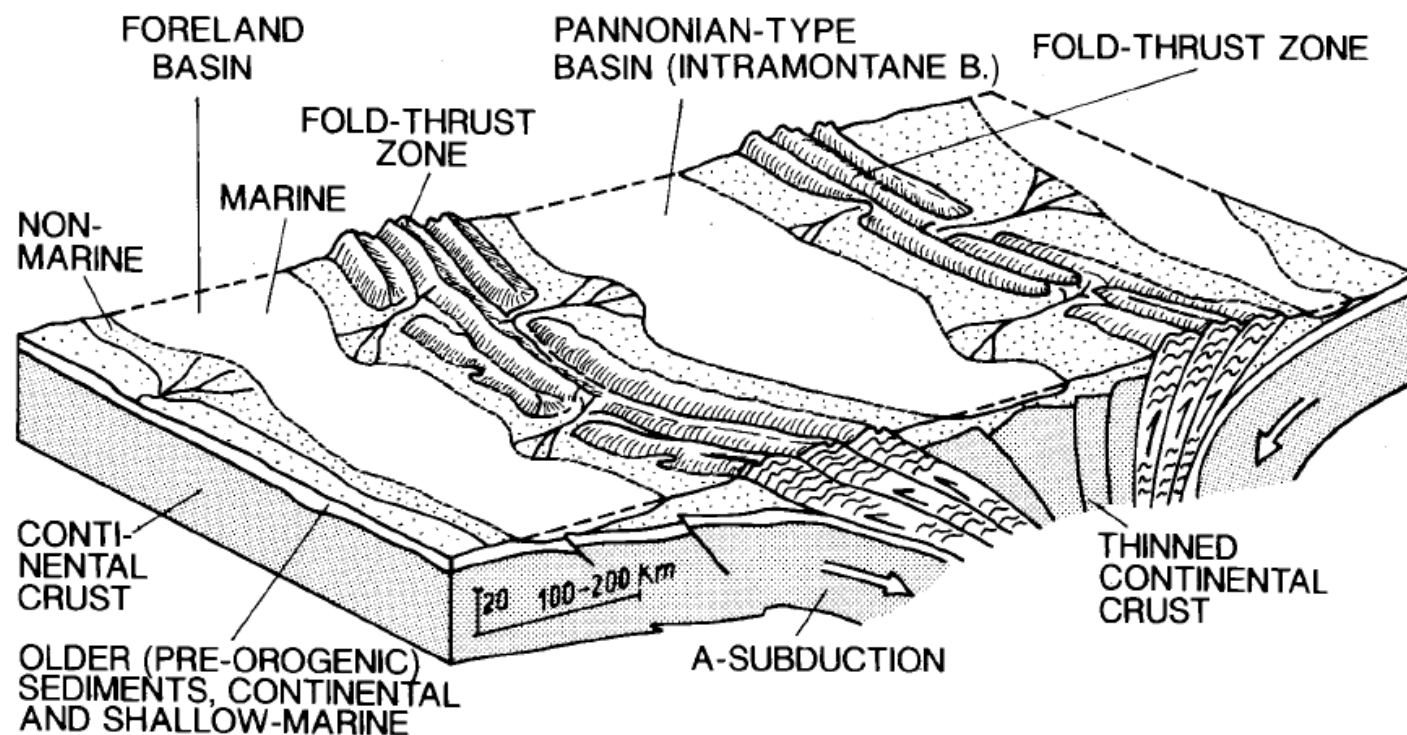
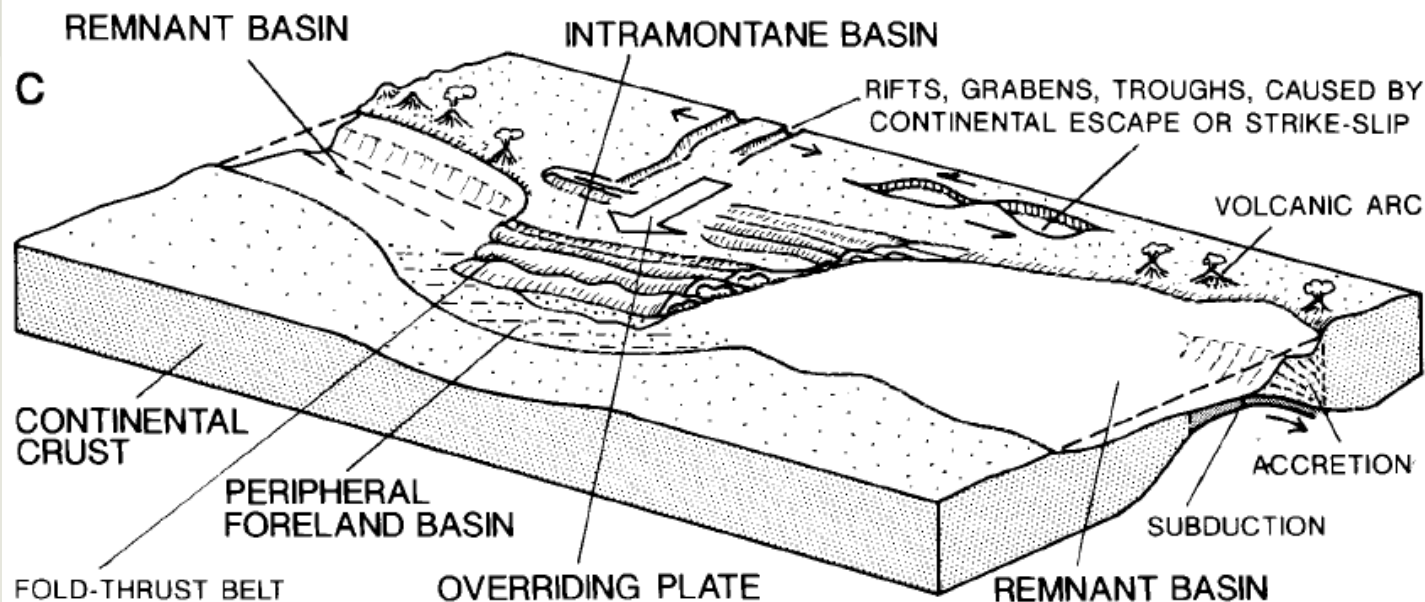


Bacias de antepaís de retroarco

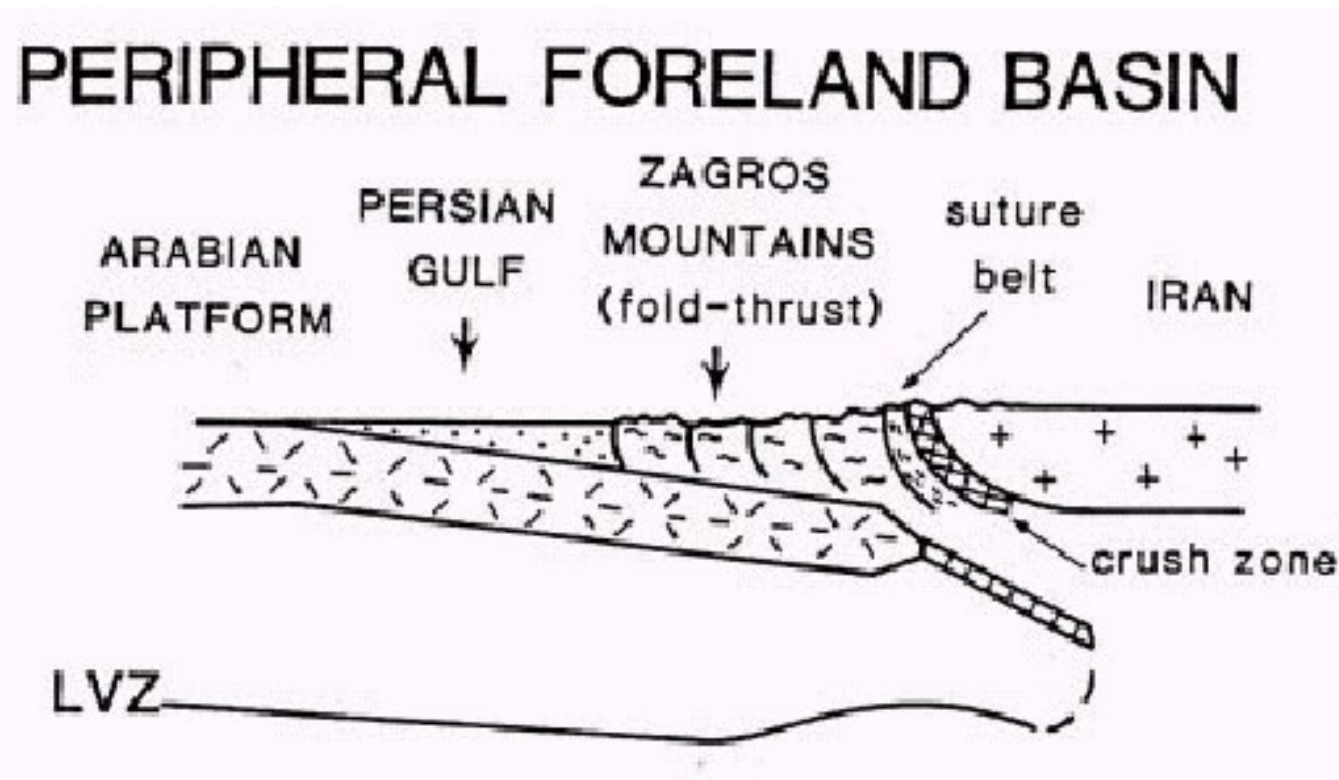


COLLISION-RELATED BASINS

GSA0477

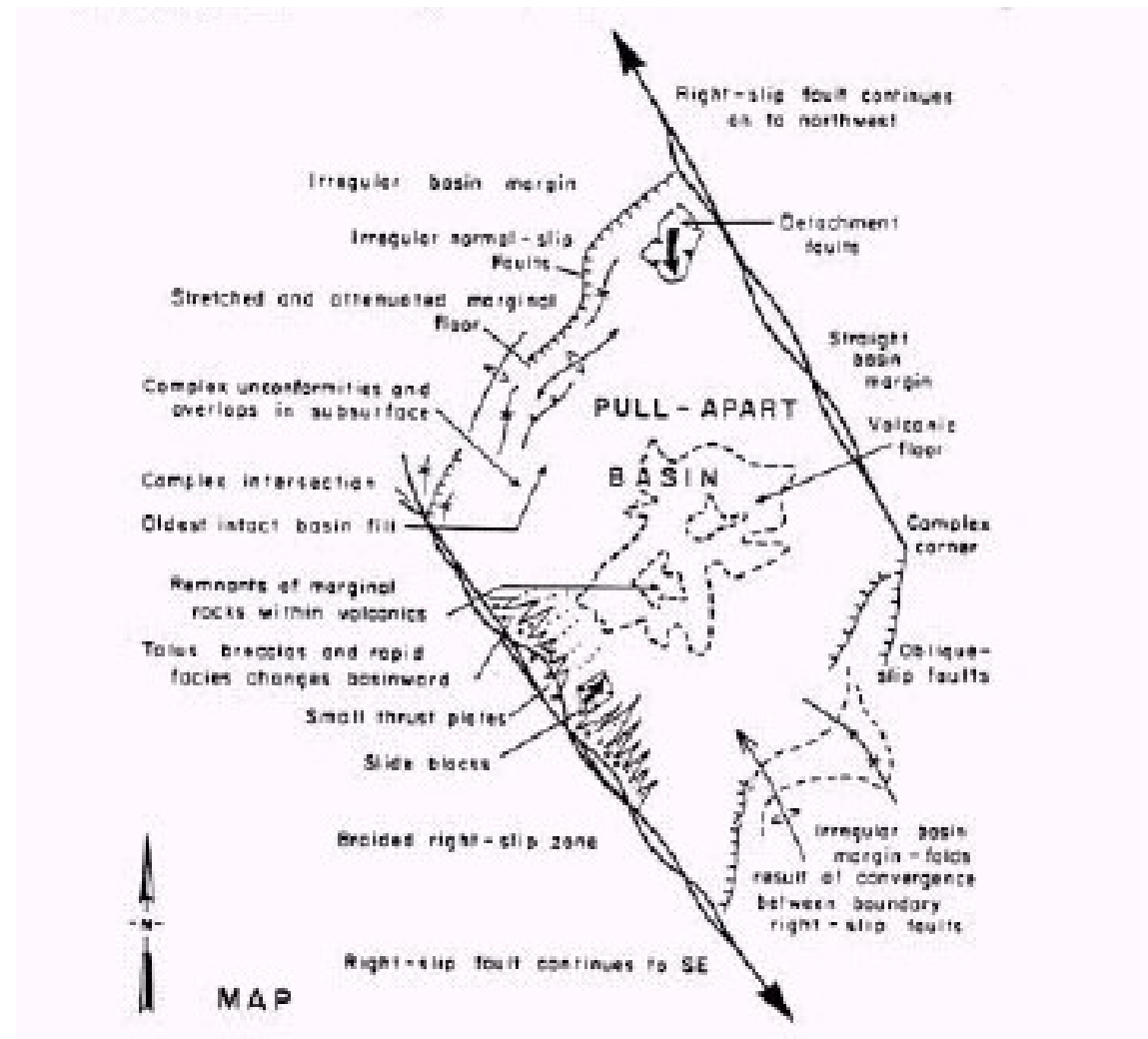


Bacias periféricas de ante-país



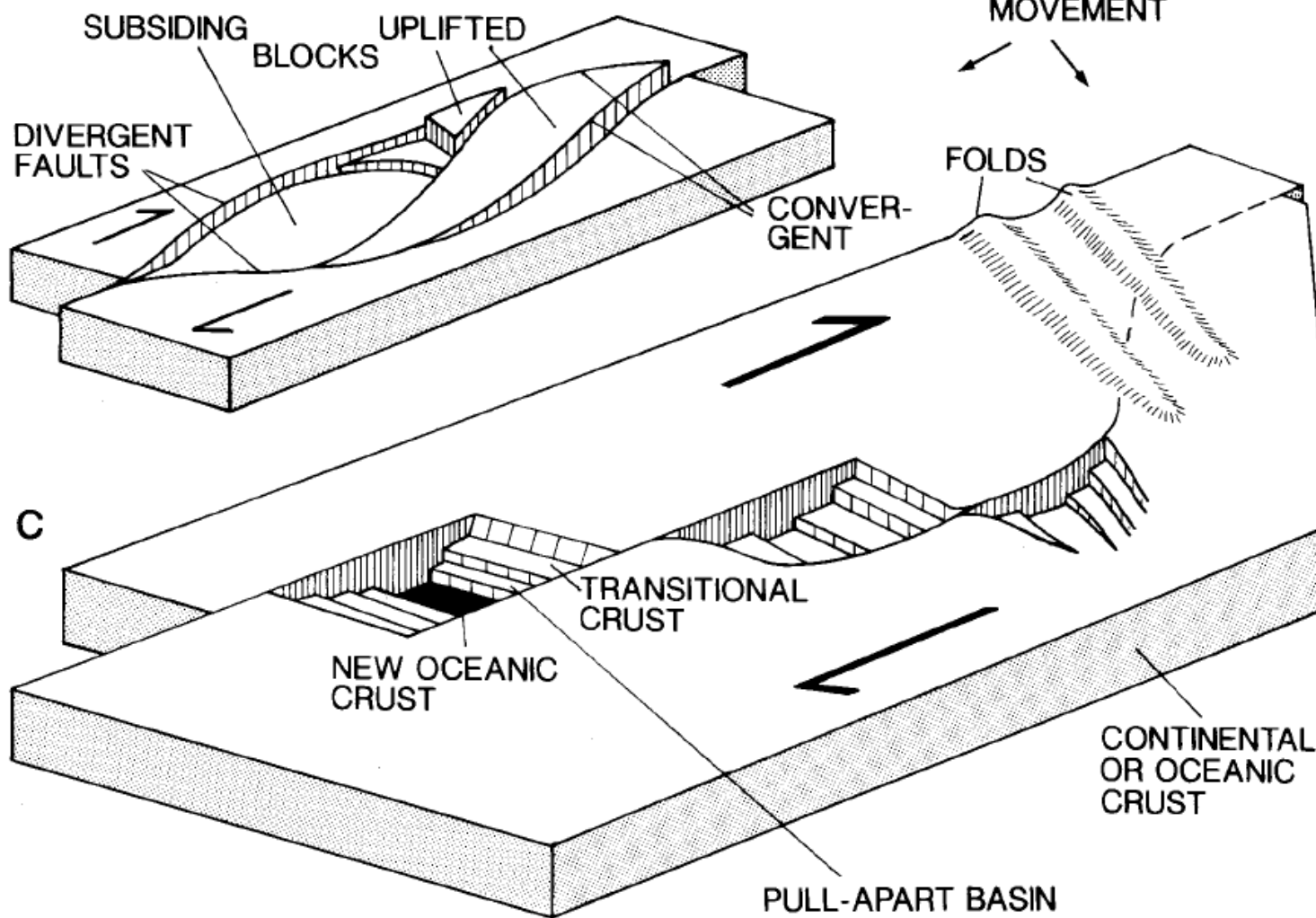
Bacias de contexto transforme:

- Bacias transtrativas
- Bacias transpressivas
- Bacias transrotacionais



GSA0477

b STRIKE SLIP/WRENCH BASINS

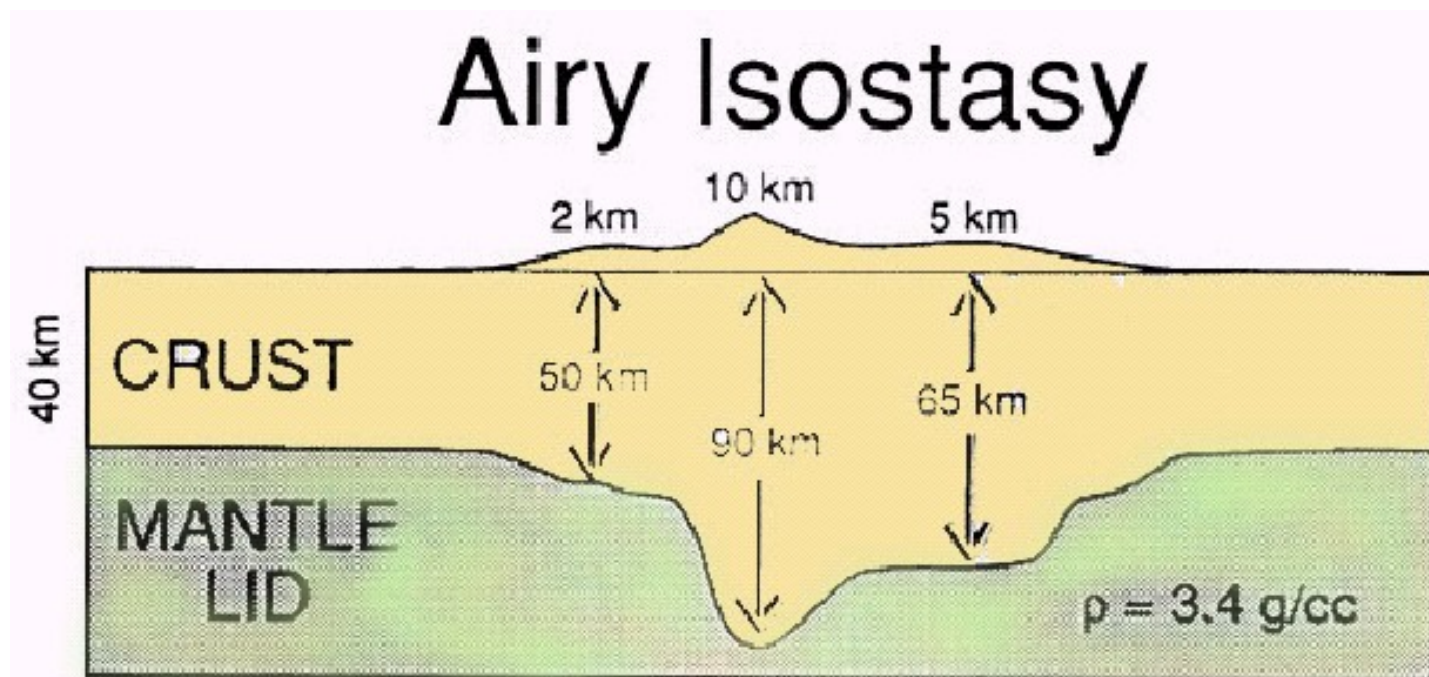


Mecanismos de Subsidência: Mecânico e Térmico

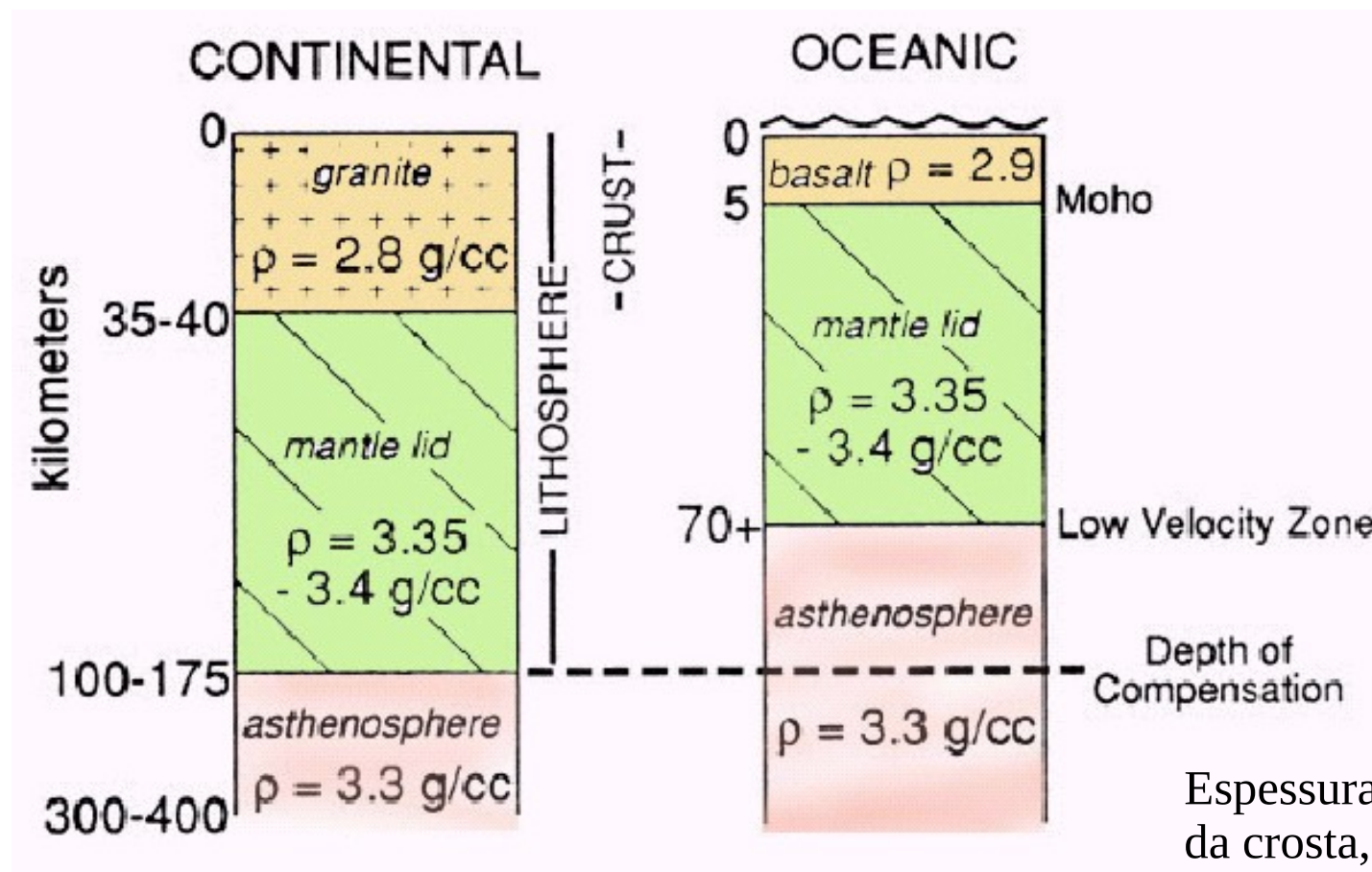
Resposta da crosta a mudanças de estado: Isostasia

- Compensação isostática

1. Tipo Pratt (variação de densidade)
2. Tipo Airy (variação de espessura)



Na base das duas colunas as forças igualam-se:



Espessuras e densidades da crosta, manto astenosférico e manto litosférico.

Relevo relativo entre dois blocos continentais adjacentes:

Relevo relativo entre dois blocos continentais adjacentes:

Se Z é preenchido por água (densidade=1.0 g/cm³):

Massa da coluna 1 = Massa da coluna 2

$$30 \cdot 2,8 + 90 \cdot 3,4 = Z \cdot 1,0 + 15 \cdot 2,8 + 45 \cdot 3,4 + (60 - Z) \cdot 3,3$$

$$390 = Z + 42 + 153 + 198 - 3,3Z$$

$$3,3Z - Z = 393 - 390$$

$$2,3Z = 3$$

$$Z = 1,3 \text{ km}$$

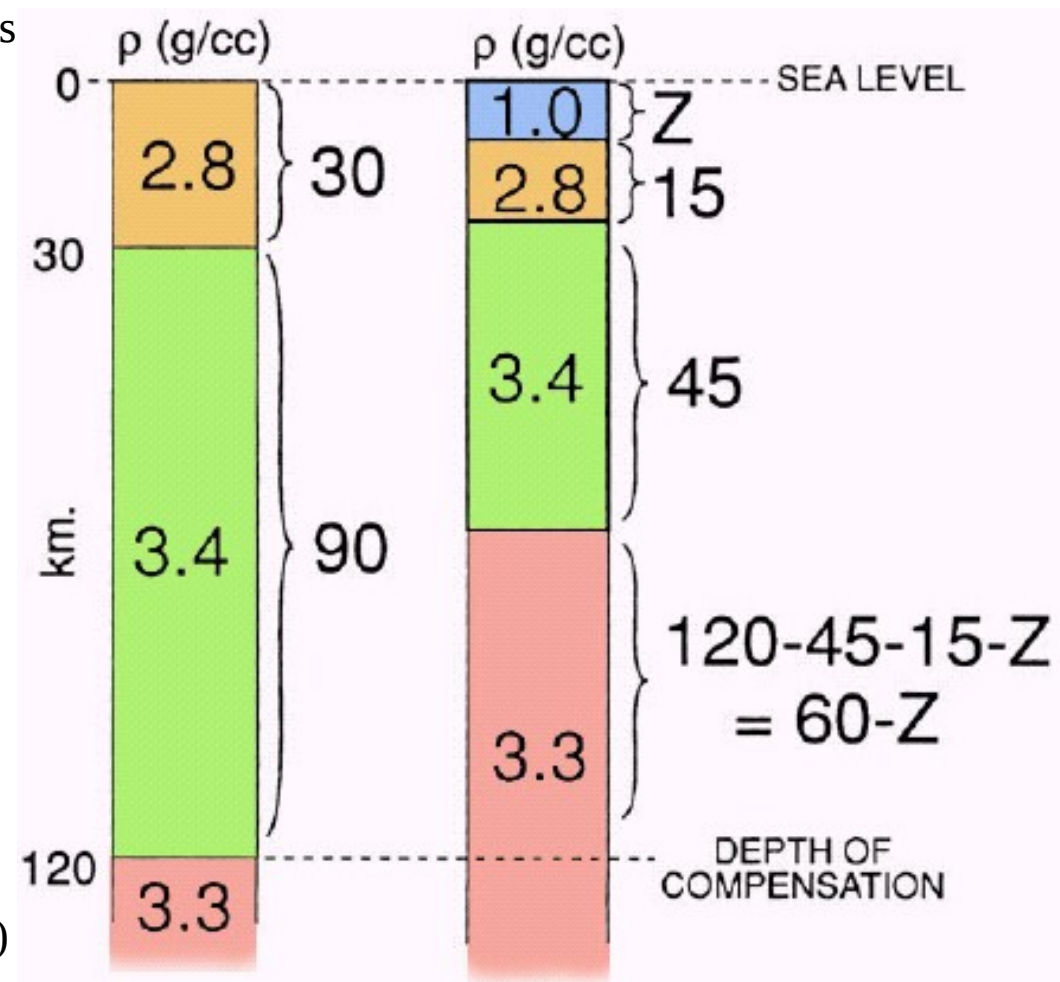
Se Z é preenchido por ar (densidade ~0 g/cm³)

$$3,3Z = 3$$

$$Z = 0,9 \text{ km}$$

Se Z é preenchido por sedimento (densid.=2,3 g/cm³)

$$Z = 3 \text{ km}$$

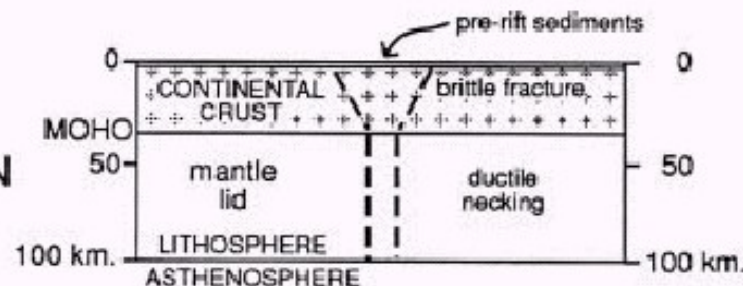


Se uma porção da crosta passar da condição da coluna 1 para a da coluna 2, ocorre subsidência.

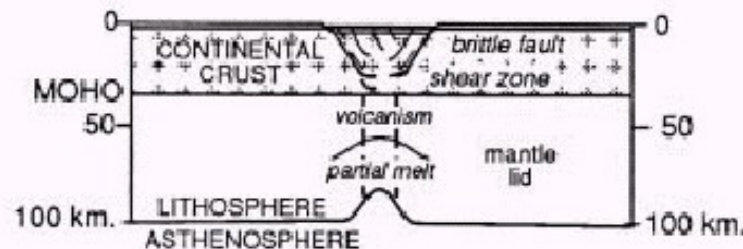
Esse tipo de subsidência por afinamento crustal ou litosférico é denominado **subsidência mecânica**.

A subsidência mecânica ocorre em regiões sujeitas a tectônica distensiva.

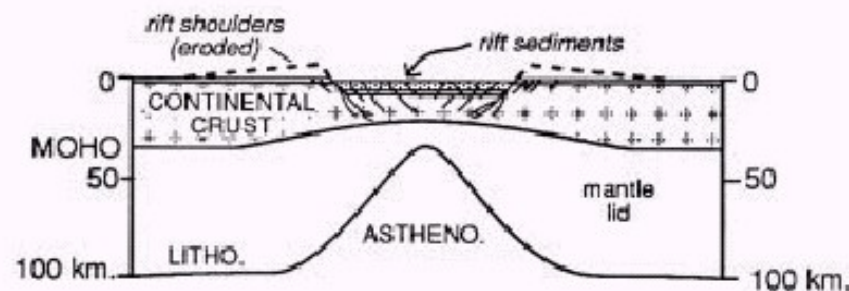
PRE-RIFT CONFIGURATION

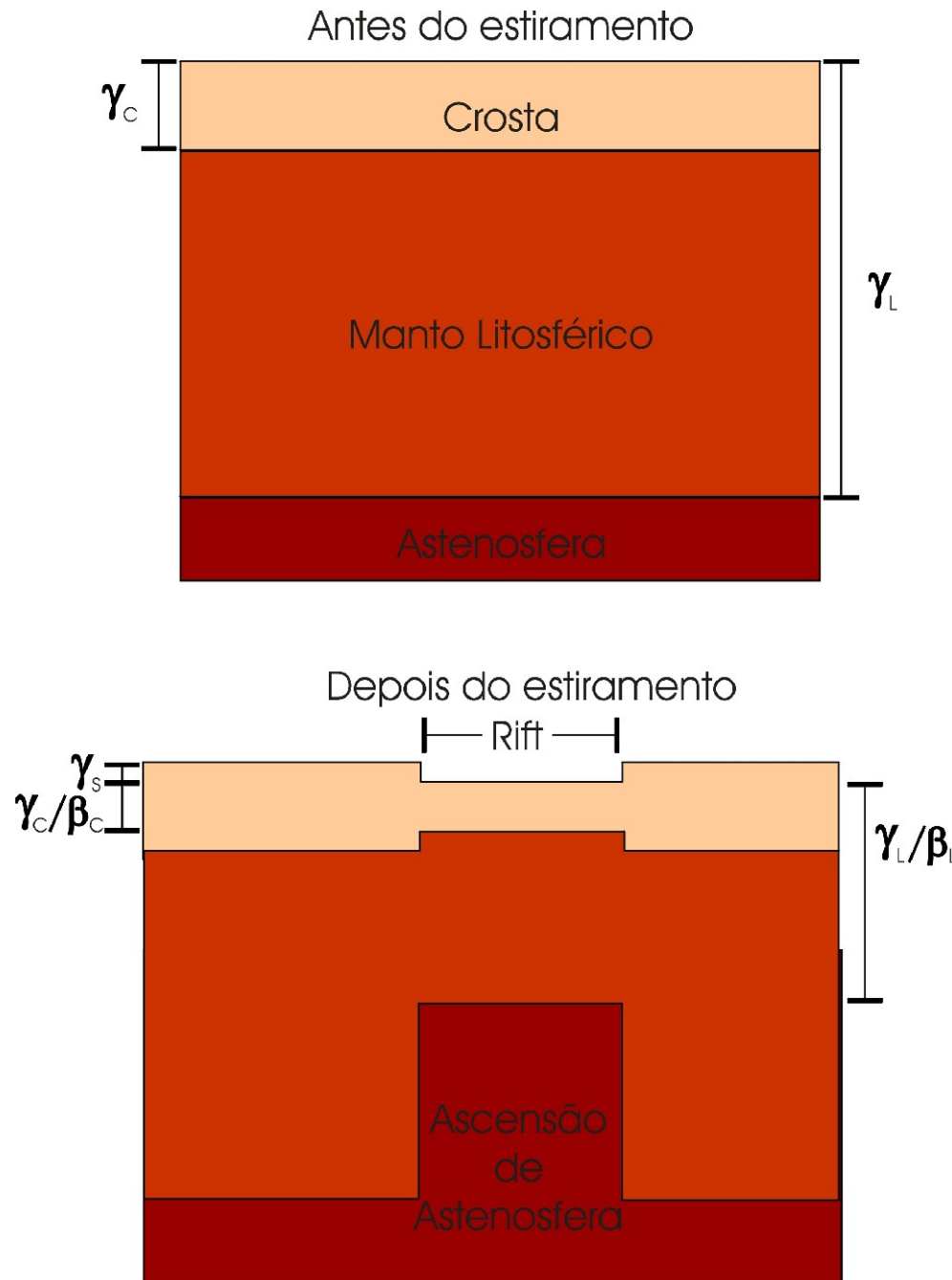


GRABEN FORMATION ($\beta = 1.1$)



RIFT BASIN ($\beta = 1.6$)





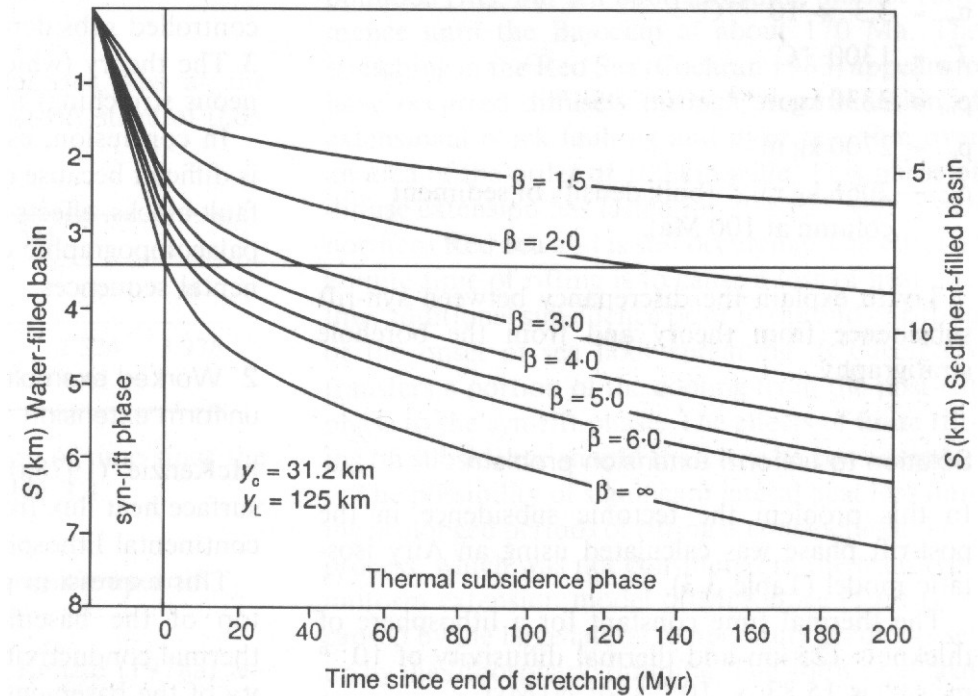
A espessura inicial da crosta ou litosfera sobre a espessura após a distensão determina o fator β .

Como distensão da litosfera implica em ascensão de astenosfera, o gradiente térmico aumenta.

O aquecimento da litosfera pode ser rápido se houver adição de magma, e com isso a densidade diminui e a subsidência é reduzida.

Quando a distensão termina, a litosfera esfria lentamente e ganha volume com a transformação de astenosfera quente em litosfera mais fria.

Esse resfriamento é acompanhado por aumento de densidade e, portanto **subsidência termal ou térmica**.



Para cada fator beta há uma curva exponencial de subsidência termal.

Em um modelo unidimensional, a subsidência total é mesma calculada para a compensação isostática sem os efeitos termais, apenas a curva é modificada.

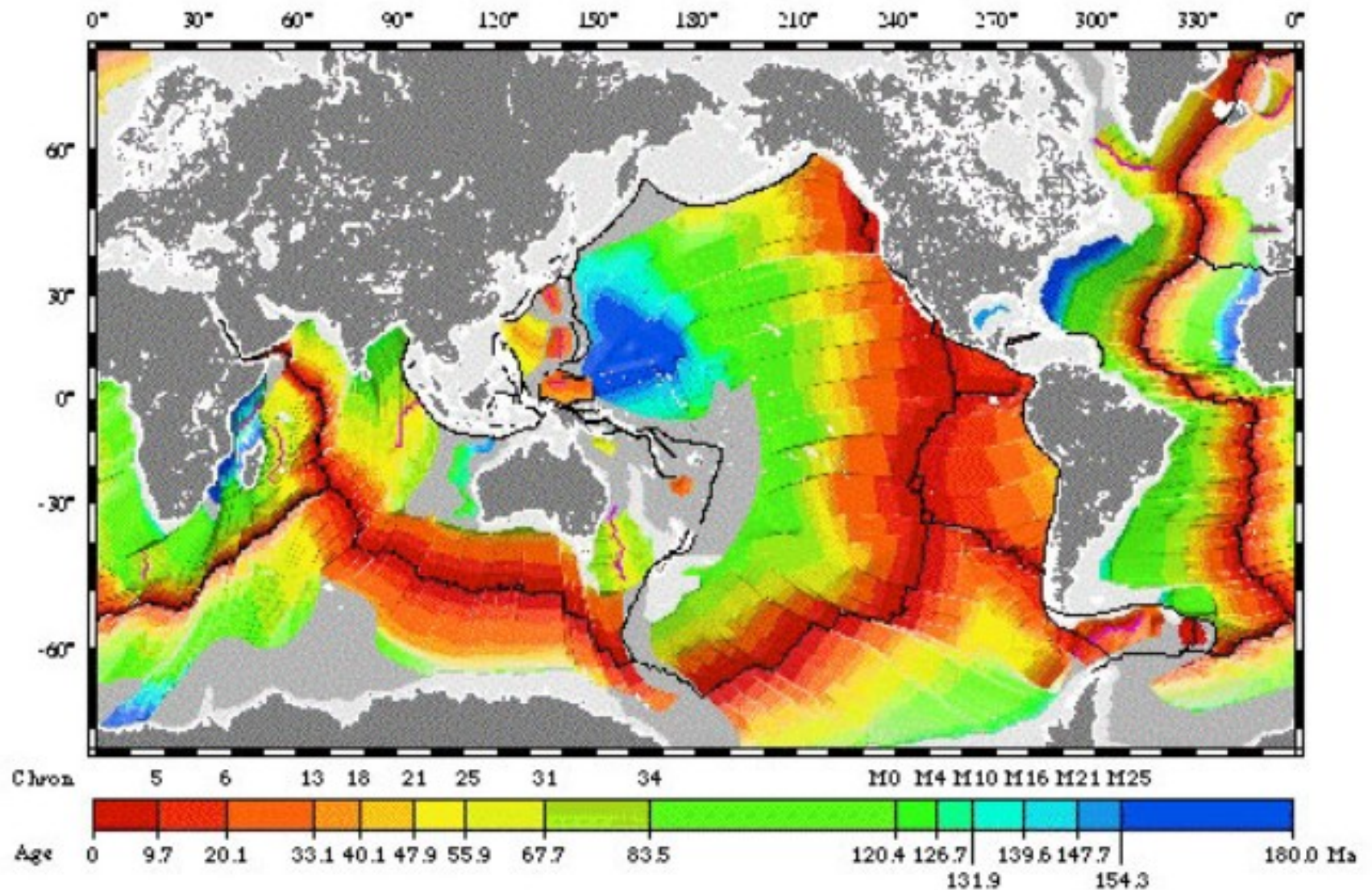
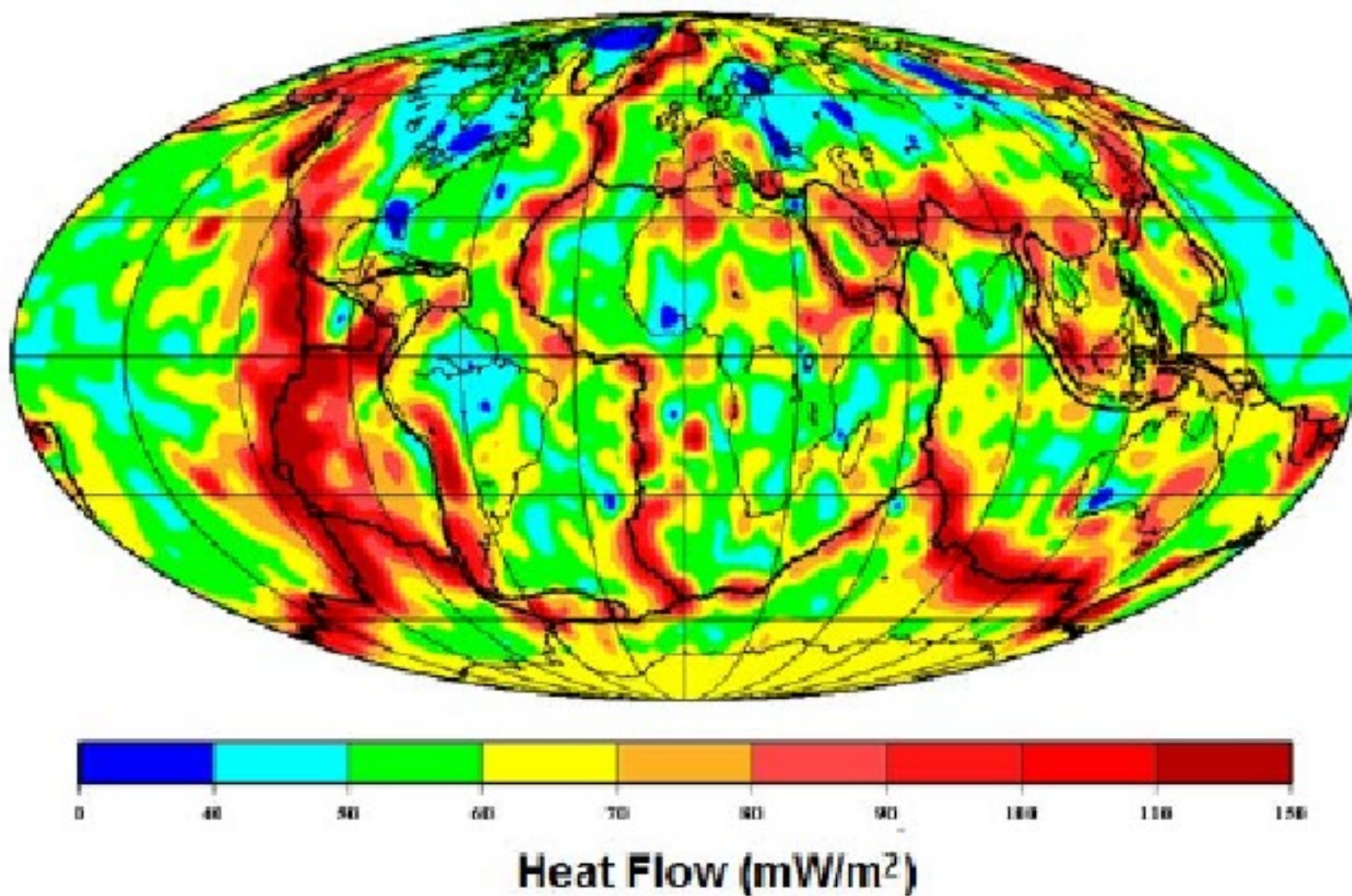
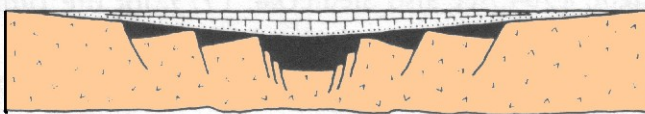
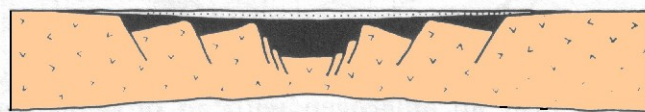
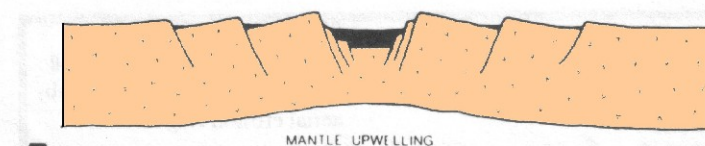


Figure 3: Migrating whales and other cetaceans appear able to follow magnetic lineations in the seafloor, which are aligned predominantly north-south. Other lineations oriented primarily east-west intersect these north-south lines; these east-west lines correspond to fracture zones across the spreading ridges. The scale's colors and numbers denote how old the seafloor is in millions of years. Photo credit: Courtesy R.D. Müller et al. 1997. "Digital isochrons of the world's ocean floor." *Journal of Geophysical Research* 102: 3211-3214.

GSA0477

Bacias Sedimentares - Classificação
e Mecanismos de Subsidência





Como a crosta inferior e a litosfera apresentam comportamento dúctil com a deformação, a área de ascensão astenosférica é maior que a de distensão crustal.

Assim, a subsidência termal afeta uma área maior que a subsidência mecânica por ela responsável.

O ovo ou a galinha?

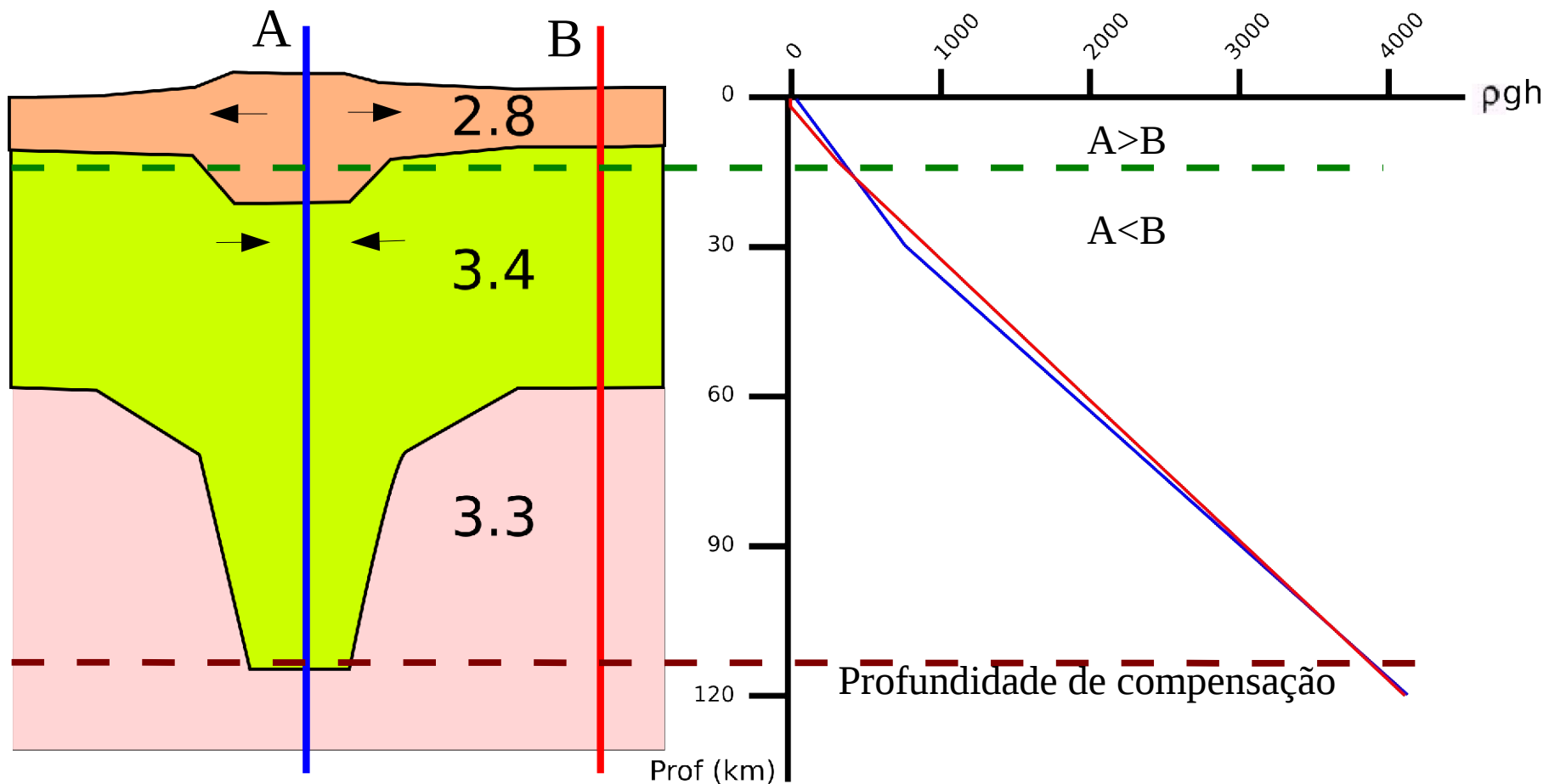
Pelo modelo acima descrito, a distensão causa subsidência que causa ascensão de Astenosfera (aumento de gradiente geotérmico).

Mas qual a causa da distensão?

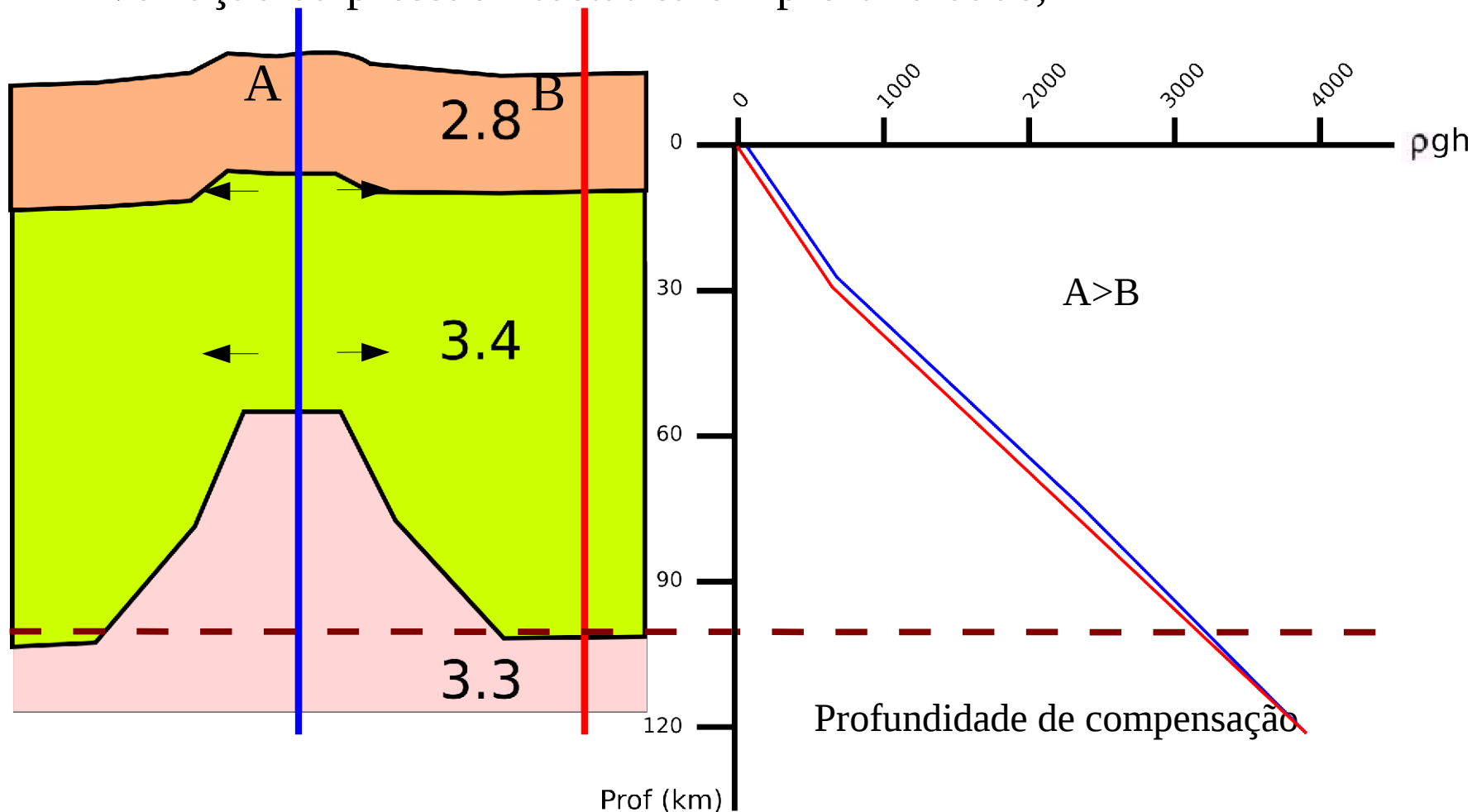
1- Tensões de borda e placa.

2- Colapso distensional

Variação da pressão litostática em profundidade



Variação da pressão litostática em profundidade,



A própria ascensão de astenosfera causa distensão litosférica e o processo se auto-alimenta

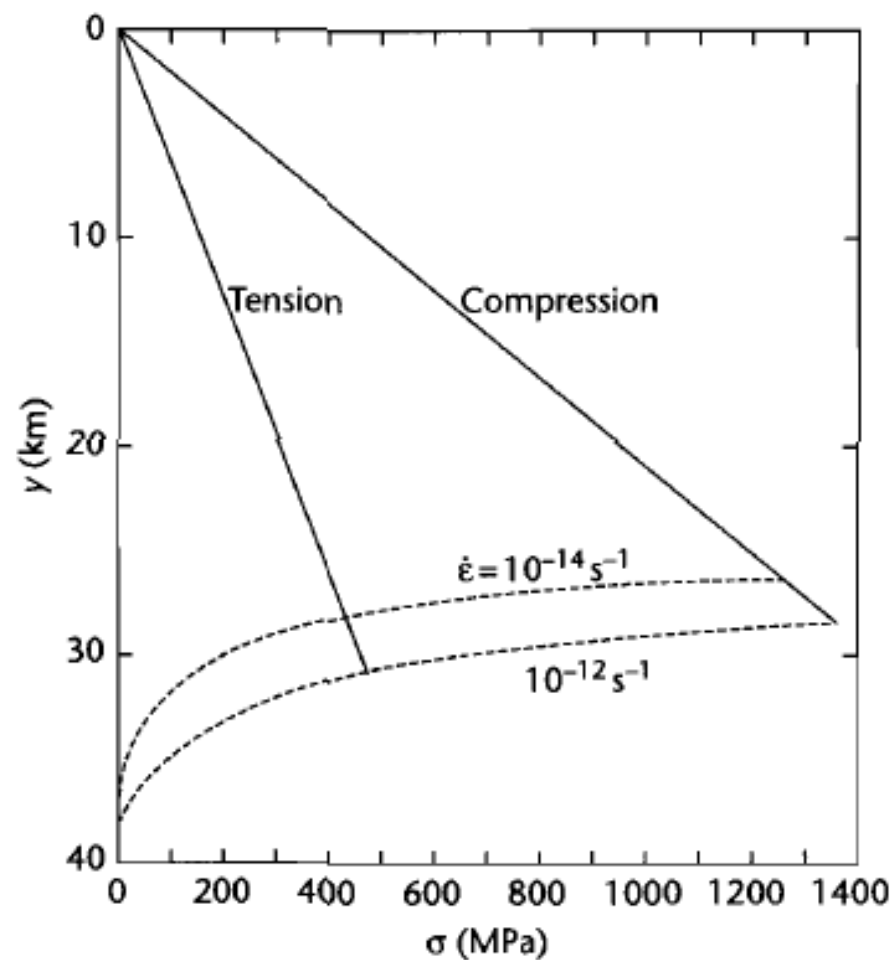


Fig. 2.35 Strength profile for the oceanic lithosphere calculated using equation (2.92) for tension and equation (2.93) for compression. The dashed lines are the stresses associated with creep in the lithosphere at the strain rates indicated. Reproduced courtesy of Cambridge University Press.

Allen & Allen (2005)

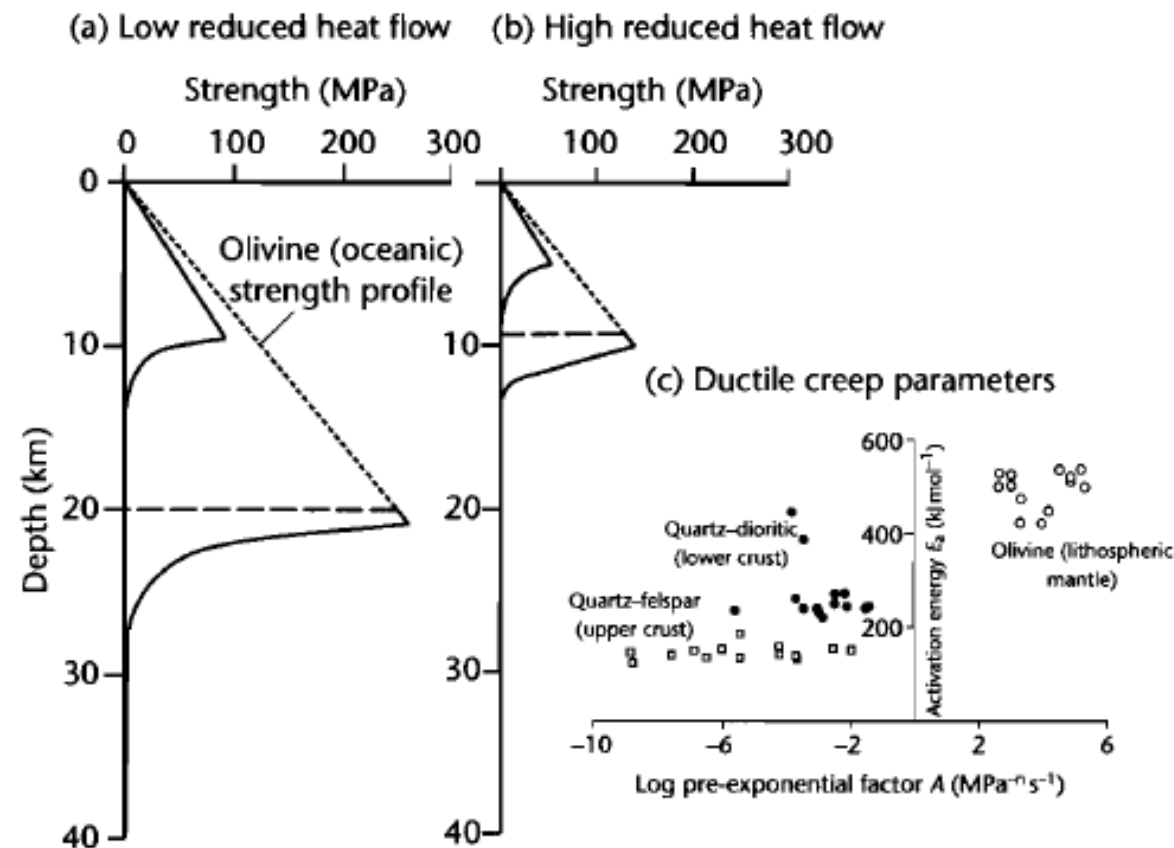
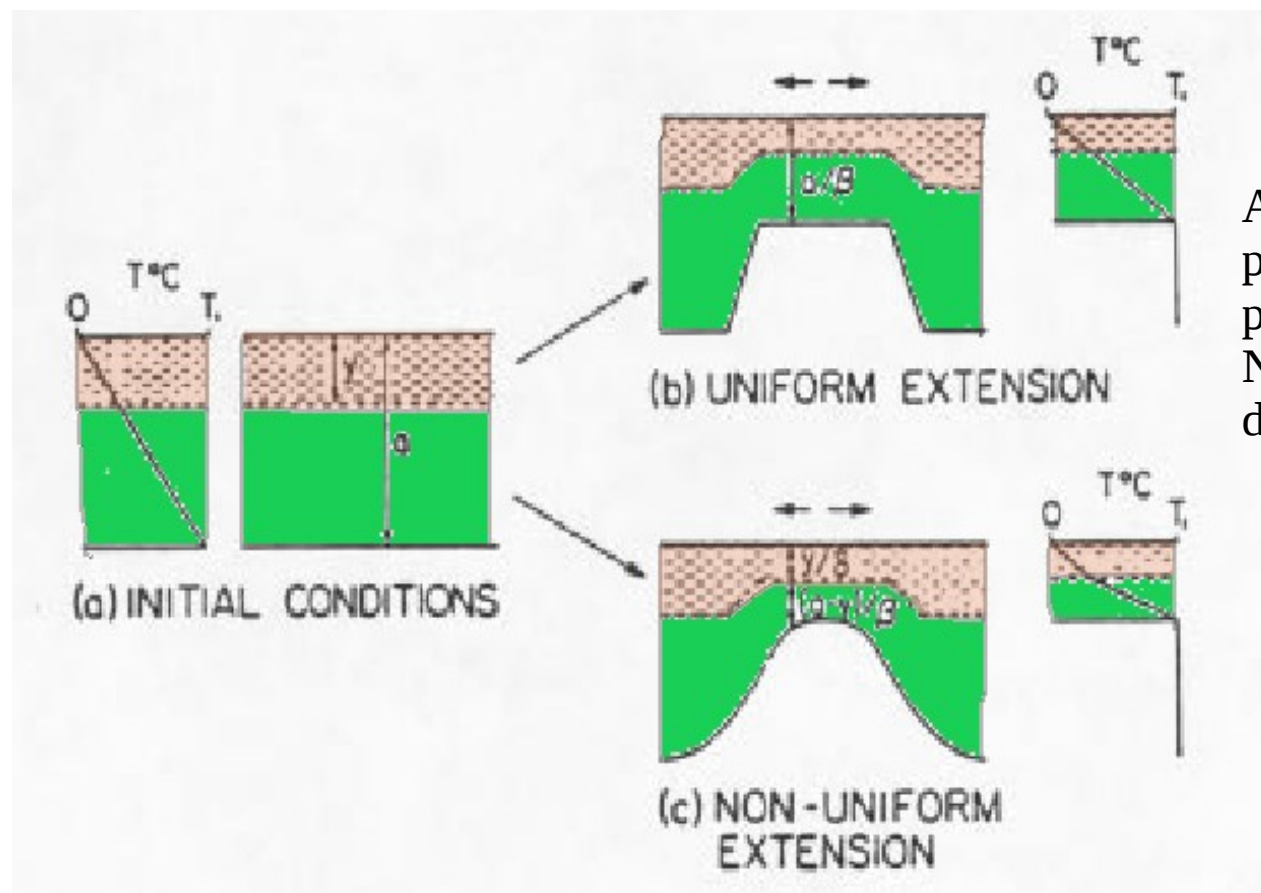


Fig. 2.36 Strength profiles of the continental lithosphere for different geothermal gradients, using (a) a low reduced heat flow of 25 mW m^{-2} for a cold continental shield area, and (b) a higher reduced heat flow of 59 mW m^{-2} for an area undergoing extension. $K = 2.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $A_0 = 2.1 \text{ mW m}^{-3}$, $T_0 = 15^\circ \text{C}$, Universal Gas Constant $= 8.31451 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, strain rate is 10^{-12} s^{-1} , $n = 3$. For the olivine rheology, $A = 10^4 \text{ MPa}^{-3} \text{ s}^{-1}$, $E_a = 500 \text{ kJ mol}^{-1}$; for brittle failure under tension $f_t = 0.6$, $\rho = 3300 \text{ kg m}^{-3}$. For the lower crustal rheology, $A = 100 \text{ Pa}^{-3} \text{ s}^{-1}$, $E_a = 300 \text{ kJ mol}^{-1}$, and for brittle failure under tension $f_t = 0.6$ and $\rho = 2750 \text{ kg m}^{-3}$; (c) shows plot of activation energy E_a versus the pre-exponential factor A for a range of rock types typical of the lithospheric mantle, lower crust, and upper crust (derived from Table 1, Fernandez and Ranalli 1997).

Pode haver diferença significativa entre a distensão crustal (C) e a distensão de manto litosférico (L).

A primeira causa subsidência e a segunda soerguimento.

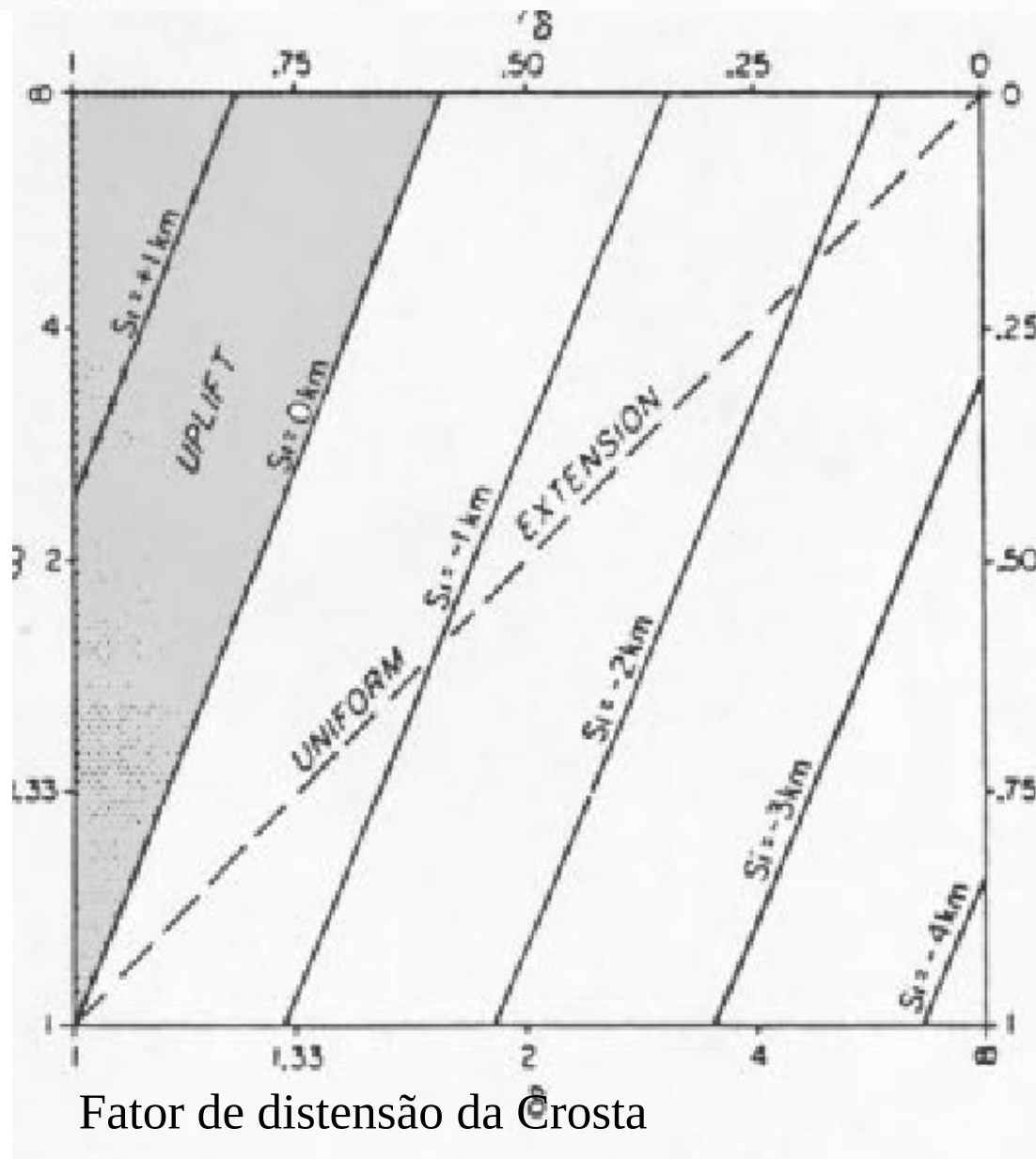
Se $L > 1,5 C$, há soerguimento durante a distensão.



Afinamento litosférico pode ser produto de vários processos de aquecimento, Não necessariamente distensão regional.

Figure 4.13 Initial subsidence predicted by nonuniform extension model of Royden and Keen (1980). Crust and lithosphere thicknesses are 35 and 125 km respectively.

Fator de distensão do Manto Litosférico



Fator de distensão da Crosta

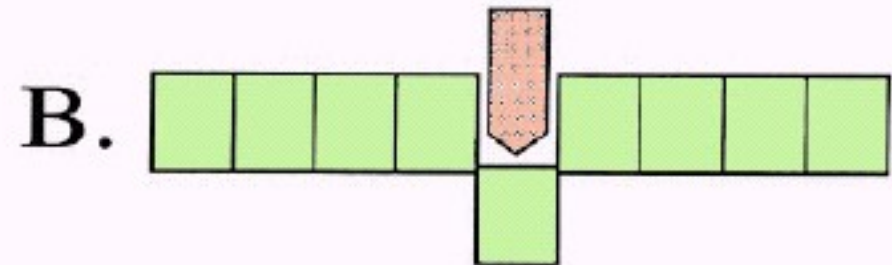
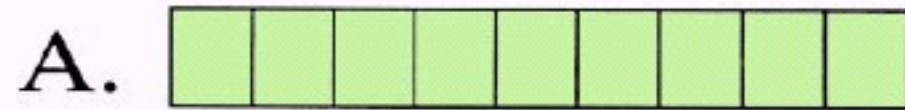
Uma sobrecarga (e.g. cavalgamento, edifício vulcânico) também causará compensação isostática.

Se a litosfera fosse formada por blocos separados com movimento vertical independente, essa compensação não causaria subsidência, pois não haveria abatimento **da superfície**.

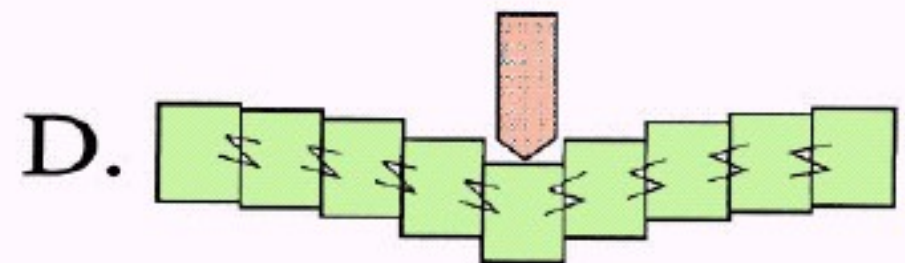
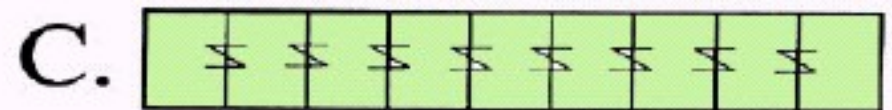
Na realidade a crosta tem uma rigidez que implica em abatimento por flexura de áreas adjacentes à sobrecarga.

Esse abatimento é denominado **subsidência flexural**.

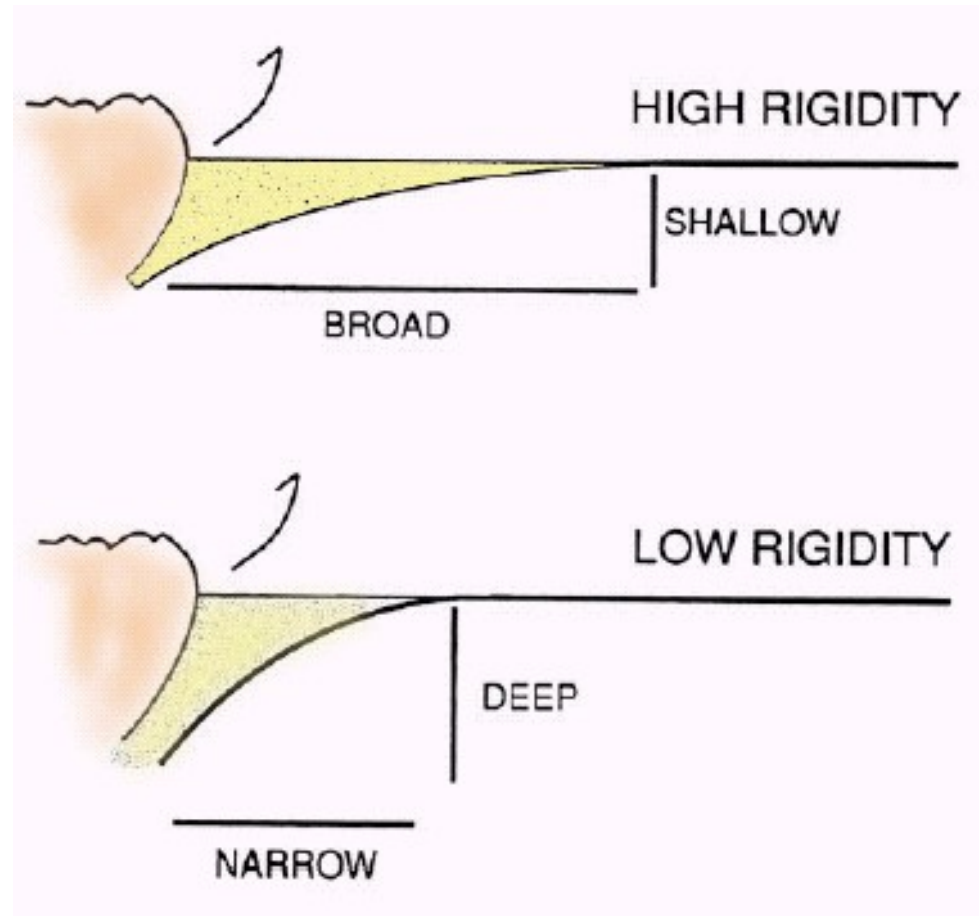
LOCAL ISOSTASY



FLEXURE (REGIONAL ISOSTASY)

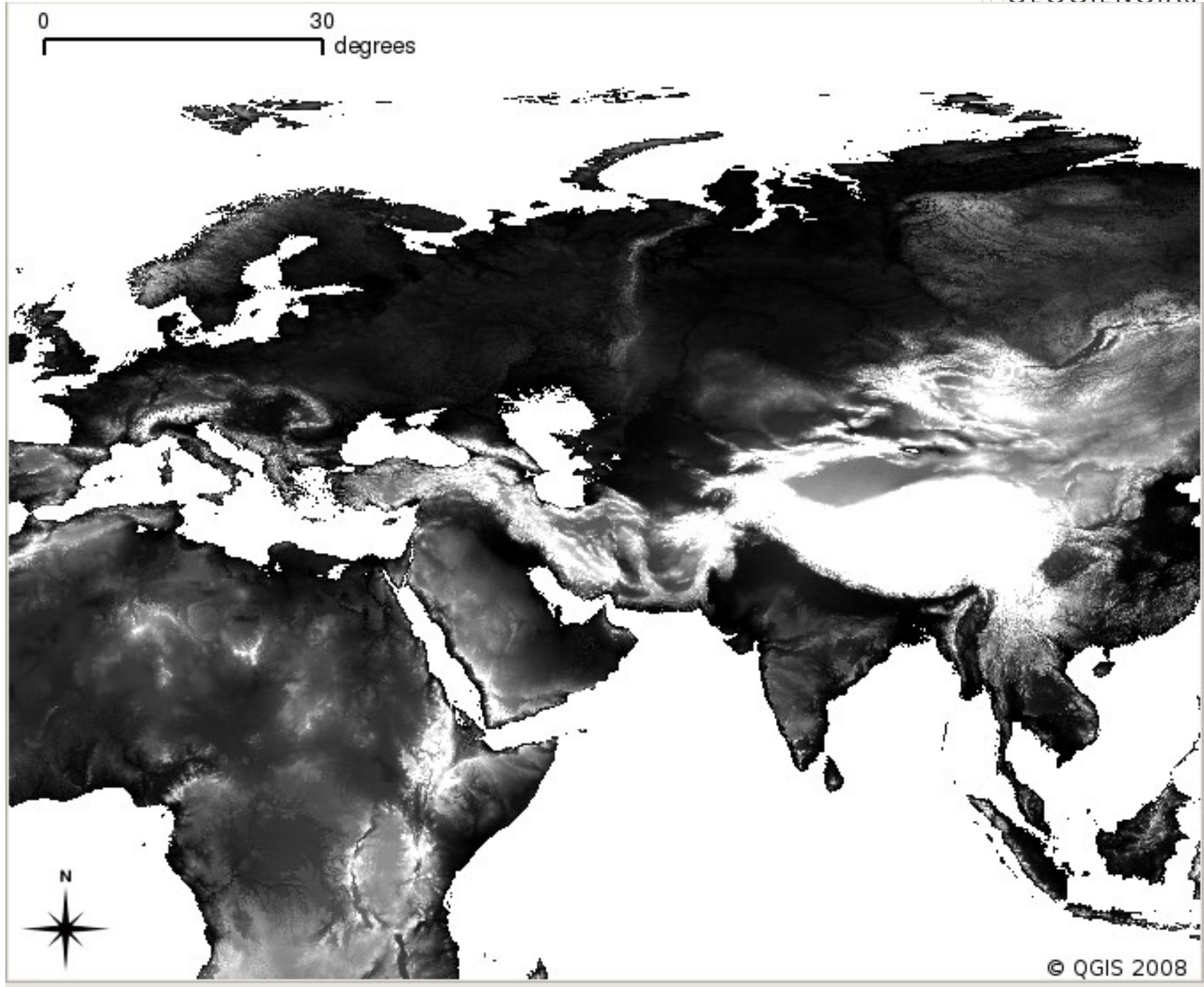


A distância a partir da área de sobrecarga afetada pela subsidência e a profundidade dessa subsidência dependem da rigidez flexural da crosta.

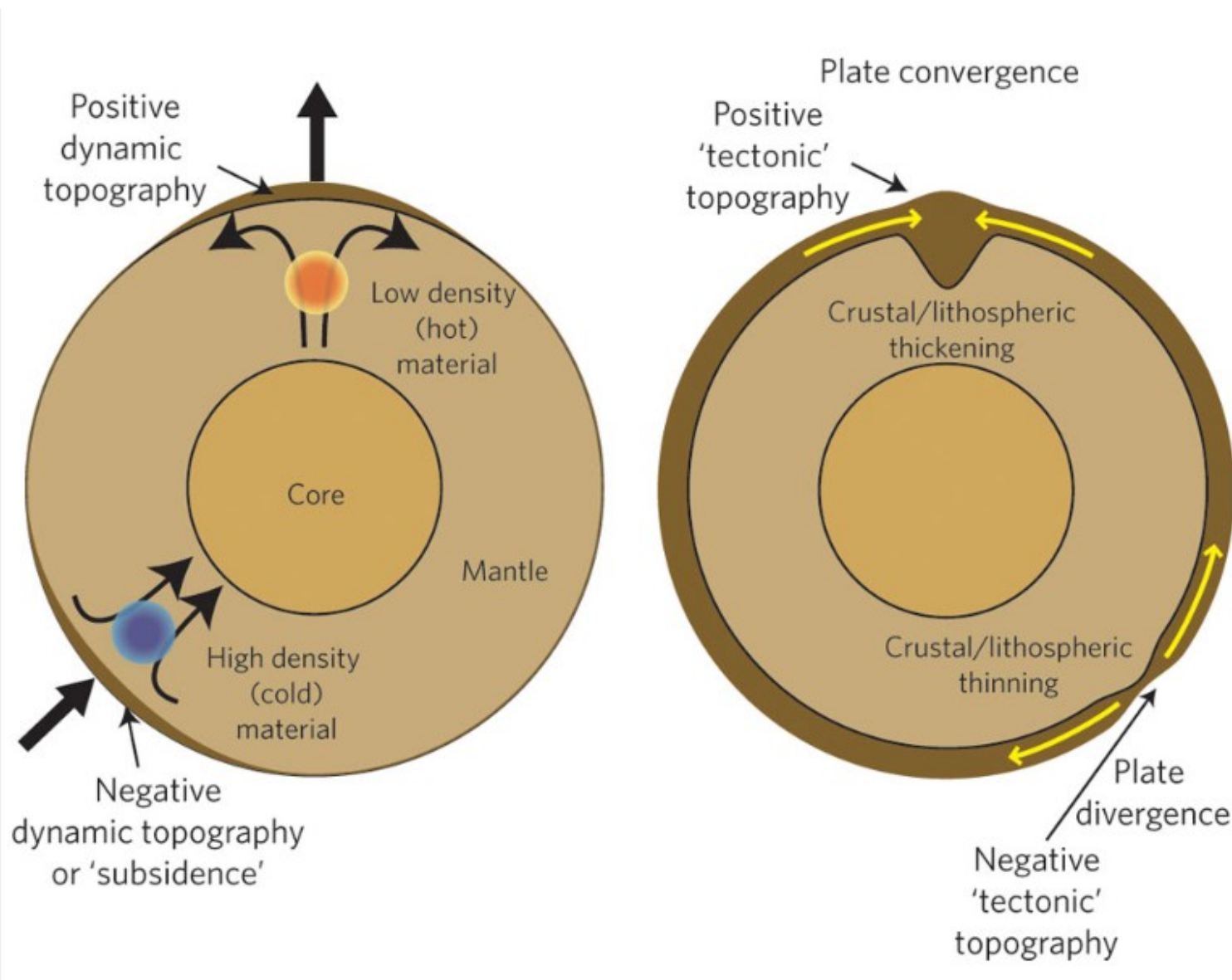


GSA0477

Bacias Sedimentares - Classificação e Mecanismos de Subsidência

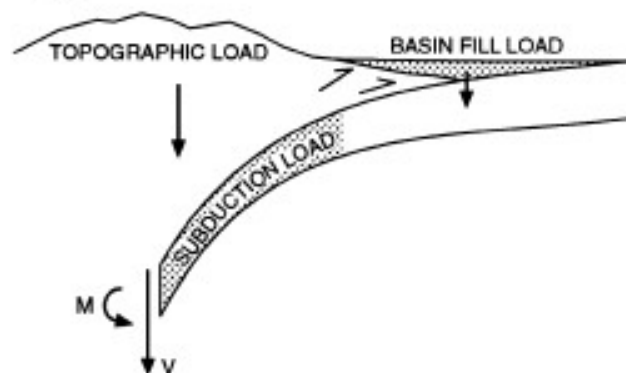


Efeitos da dinâmica mantélica (topografia dinâmica)

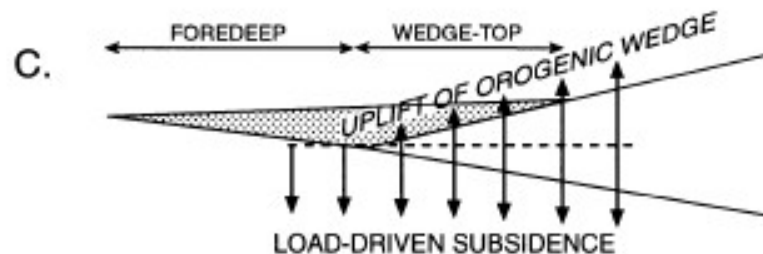
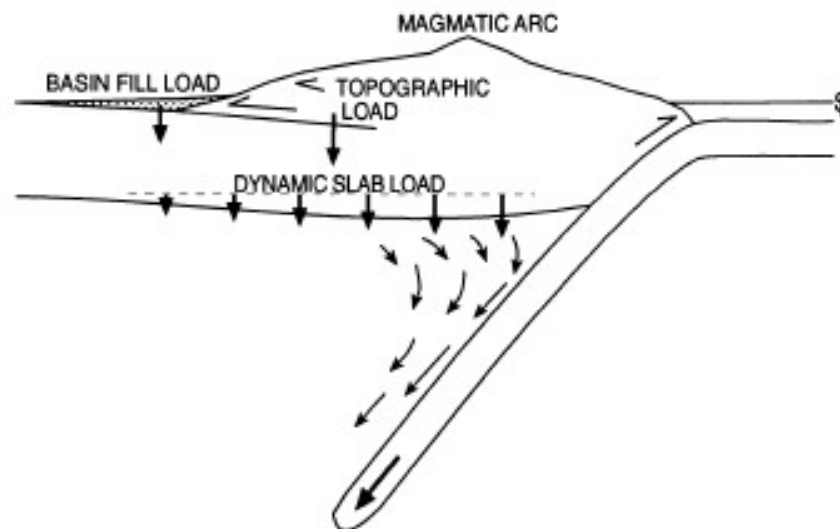


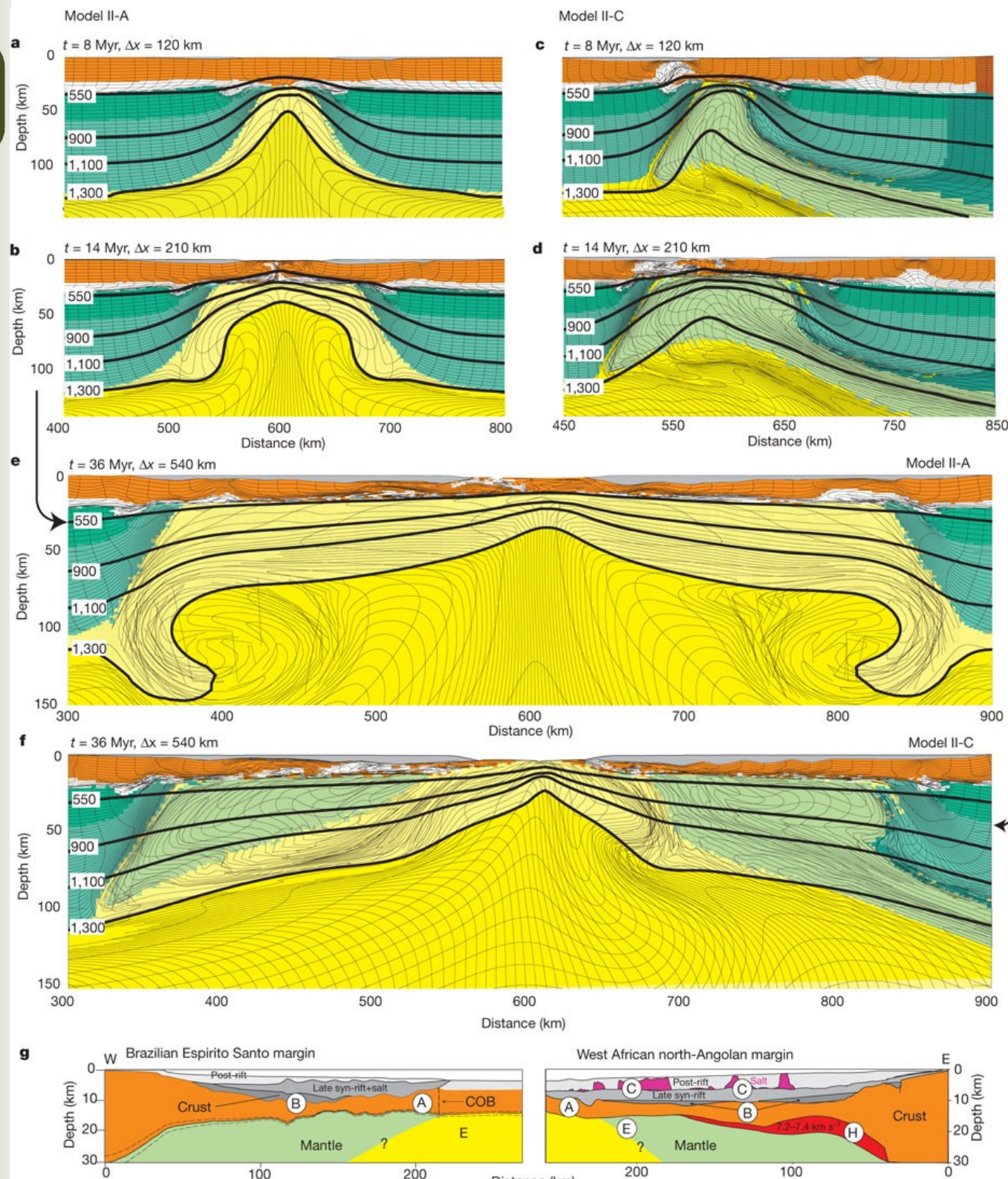
GSA0477

A. PERIPHERAL SETTINGS



B. RETROARC SETTINGS





R Huismans & C
Beaumont *Nature*
473, 74-78 (2011)
doi:10.1038/nature09
988

Assim, os três principais mecanismos de formação de bacias sedimentares podem ser utilizados para classificar as bacias em:

Bacias de subsidência isostática

- Bacias de subsidência mecânica
- Bacias de subsidência termal

Bacias de subsidência flexural

Bacias de subsidência dinâmica

Muitas bacias são formadas por mais de um desses processos.

Outros mecanismos influenciam ou promovem a subsidência em bacias sedimentares e serão discutidos em aulas posteriores.

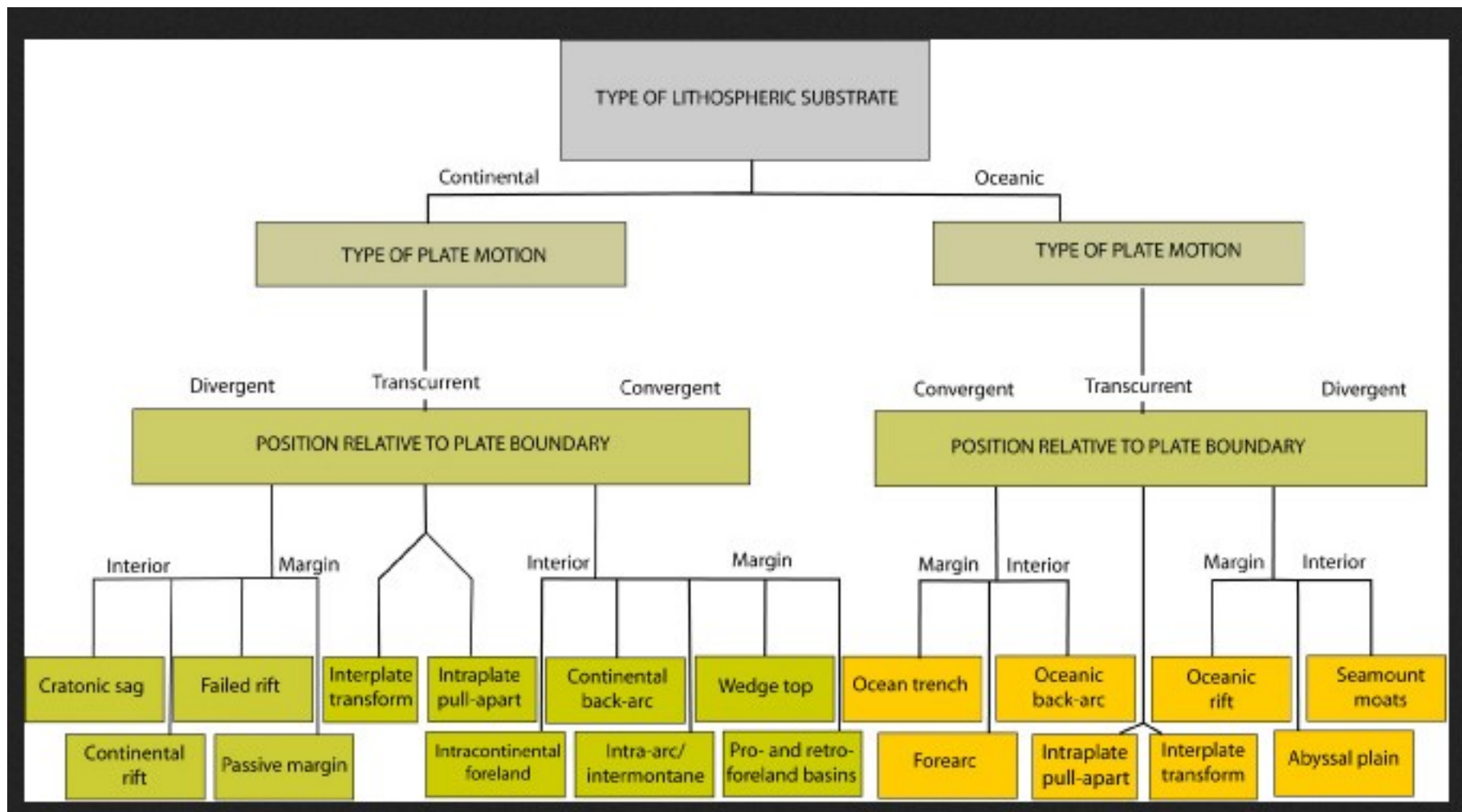
Um outro tipo de classificação, muito utilizado, agrupa as bacias sedimentares de acordo com seu contexto na Tectônica da Placas.

Em uma divisão maior, as bacias podem ser classificadas em:

- Bacias relacionadas a limites convergentes de placas
- Bacias relacionadas a limites divergentes de placas
- Bacias relacionadas a limites transformes de placas
- Bacias intra-placa

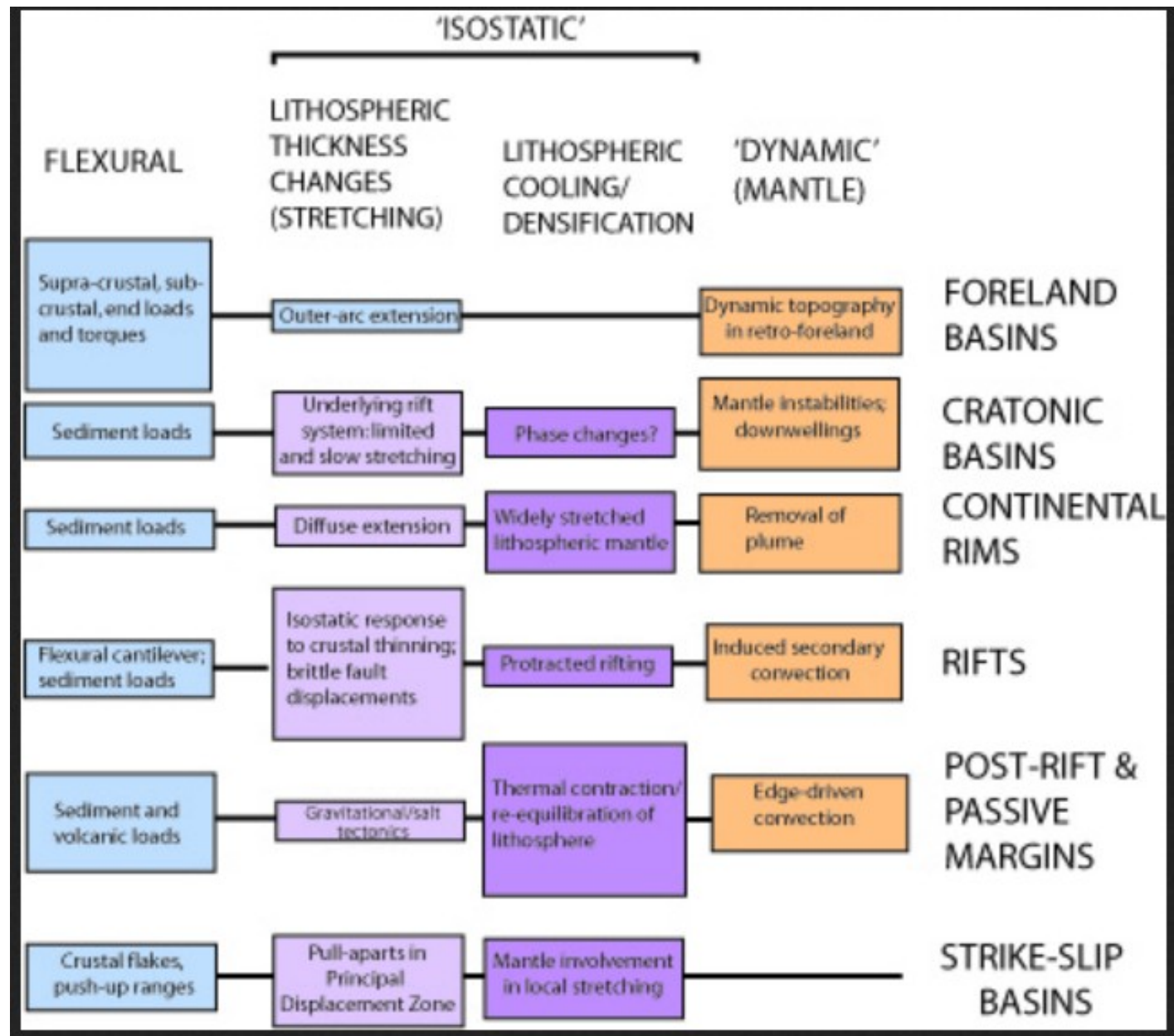
Em cada um desses contextos ocorre uma série de tipos de bacias.

Os principais tipos serão apresentados na aula de hoje, seguindo a classificação de Ingersoll & Busby (1995), modificada.



Dickinson, W.R. (1974) Plate tectonics and sedimentation. In: Tectonics and Sedimentation (Ed. by W.R. Dickinson), 1–27, Special Publication Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 22, Tulsa, Oklahoma.

Integração das classificações



Allen, P. 2013. FLOG 5 Sedimentary basin classification: what's the point? In: <http://earth-literally.blogspot.com.br/2013/02/flog-6-sedimentary-basin-classification.html>

Evolução das bacias

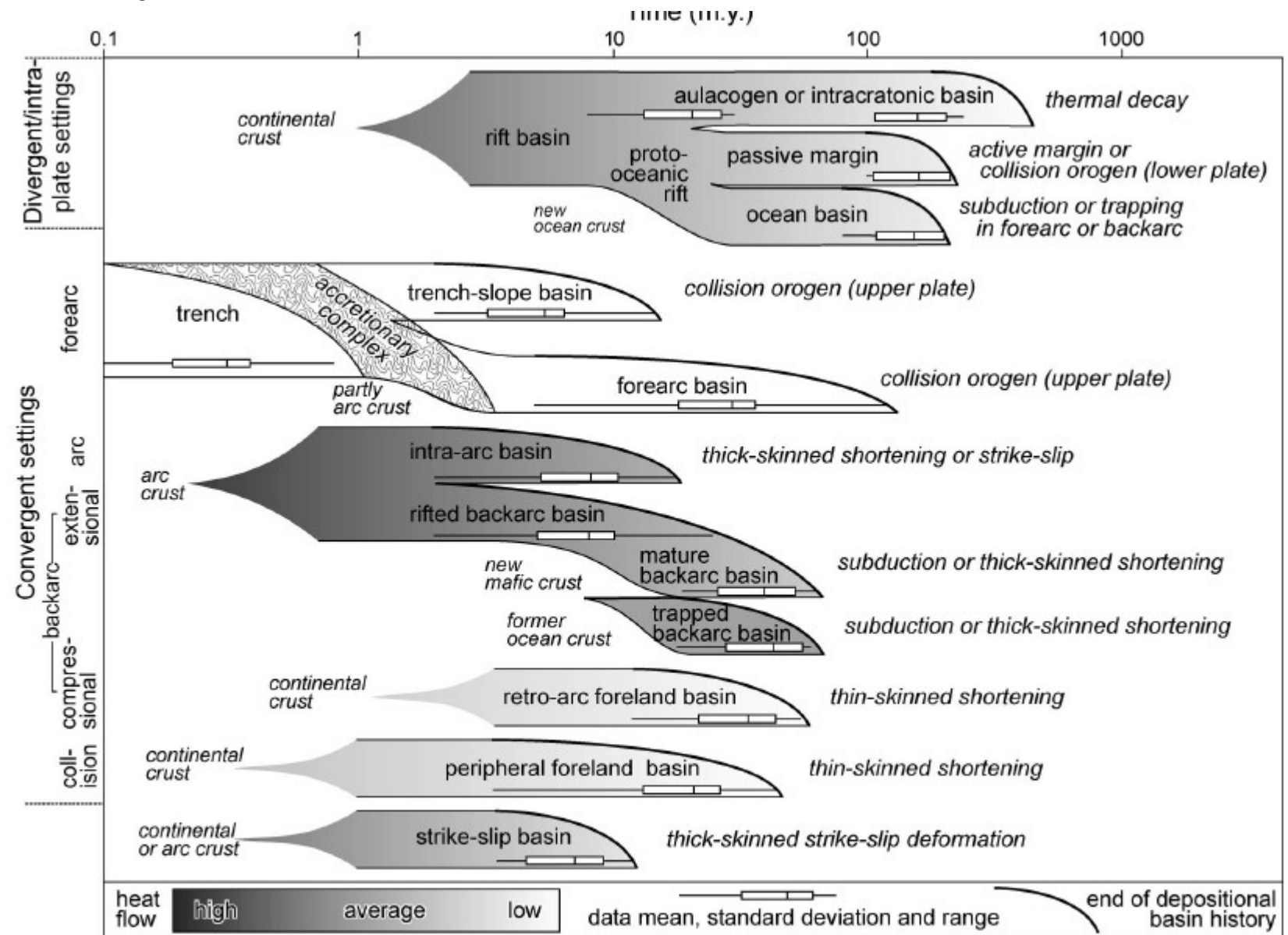


Figure 2. Typical fates of different classes of sedimentary basin through time, plotted on logarithmic scale. Small italics show basement to each class. Large italics show deformational or thermal consequent fates of each class. Estimates of basin heat flow are from compilation by Allen and Allen (1990).