

Tectônica de Placas – Influências no Clima

Antonio Liccardo

Tectônica de placas

- Teoria que explica a movimentação de placas que compõem a crosta terrestre.
- Explica a geração de rochas, os terremotos, eventos vulcânicos, e muitos outros fenômenos da geologia.
- Ação nas esferas do manto e da crosta terrestre.

Deriva Continental e Tectônica de Placas

Evidências:

- Contornos e geometria dos continentes.
- Similares depósitos glaciais (gelo) e eólicos (vento) na América do sul, África e Índia.
- Similares idades do conteúdo fossilífero e em rochas sedimentares de diferentes continentes
- Semelhanças litológicas, estruturais e geocronológicas entre rochas de vários continentes
- Paleomagnetismo



Alfred Wegener: hipótese da Deriva Continental (*Continental Drift*) e a tectônica de placas, a existência do supercontinente Pangea (200 Ma) que se fragmentou em vários pequenos continentes.

Contorno dos continentes

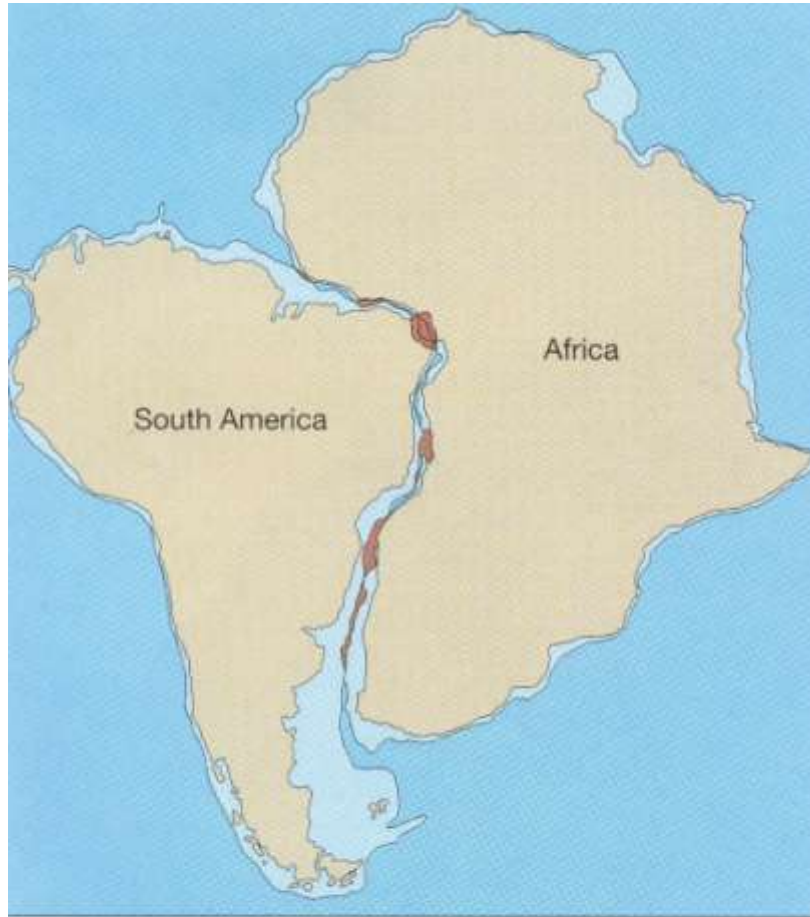
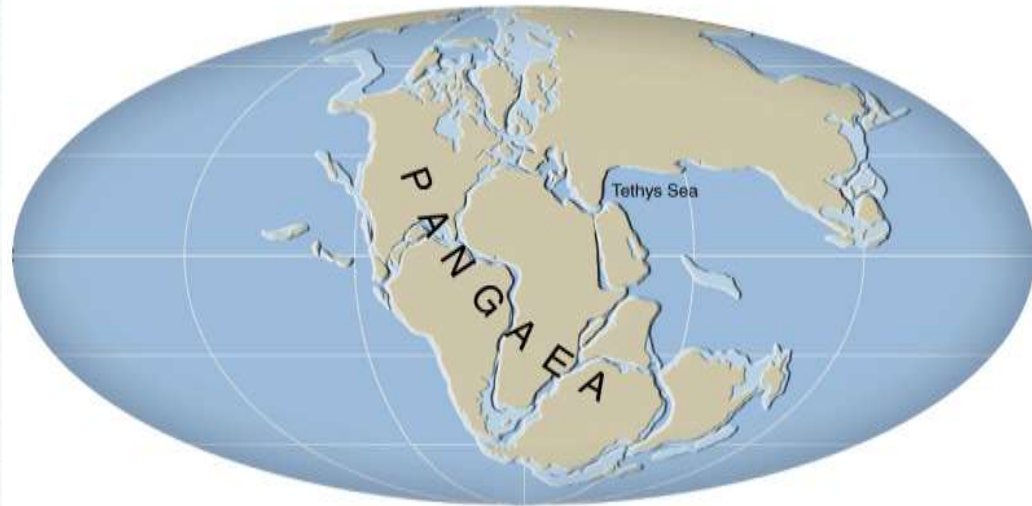
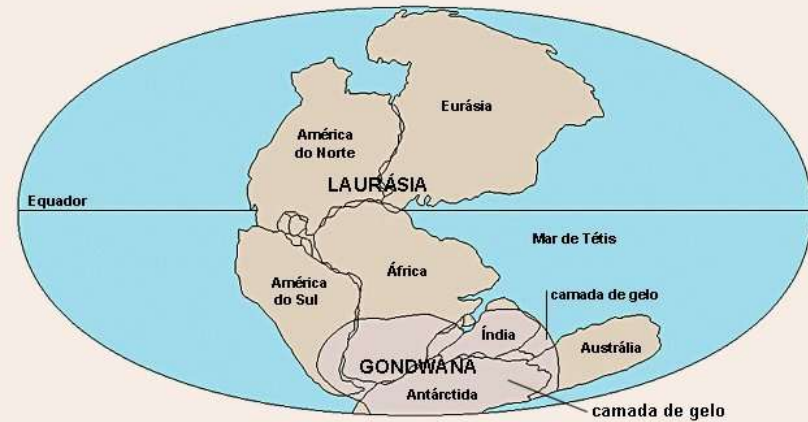


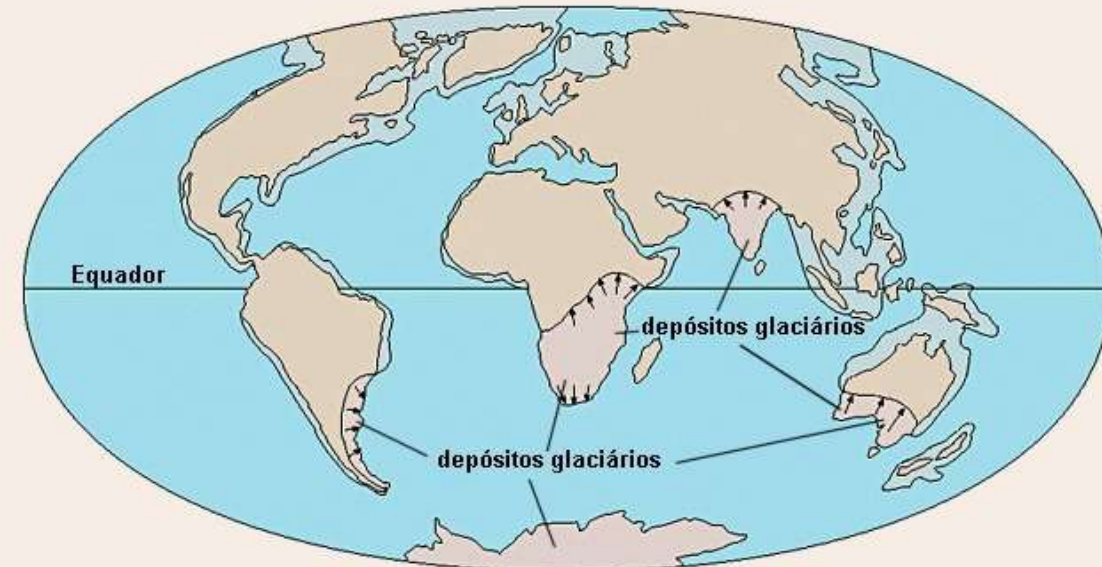
Figure 18.3 This shows the best fit of South America and Africa along the continental slope at a depth of 500 fathoms (about 900 meters). The areas where continental blocks overlap appear in brown. (After A. G. Smith. "Continental Drift." In *Understanding the Earth*, edited by I. G. Gass. Courtesy of Artemis Press)



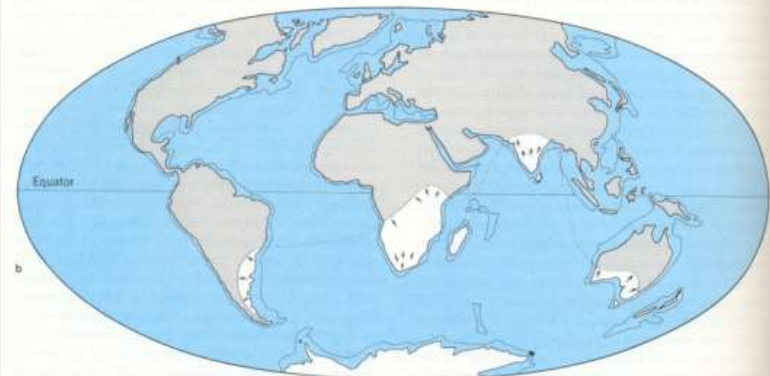
Depósitos glaciais no supercontinentes Pangeia e Gondwana



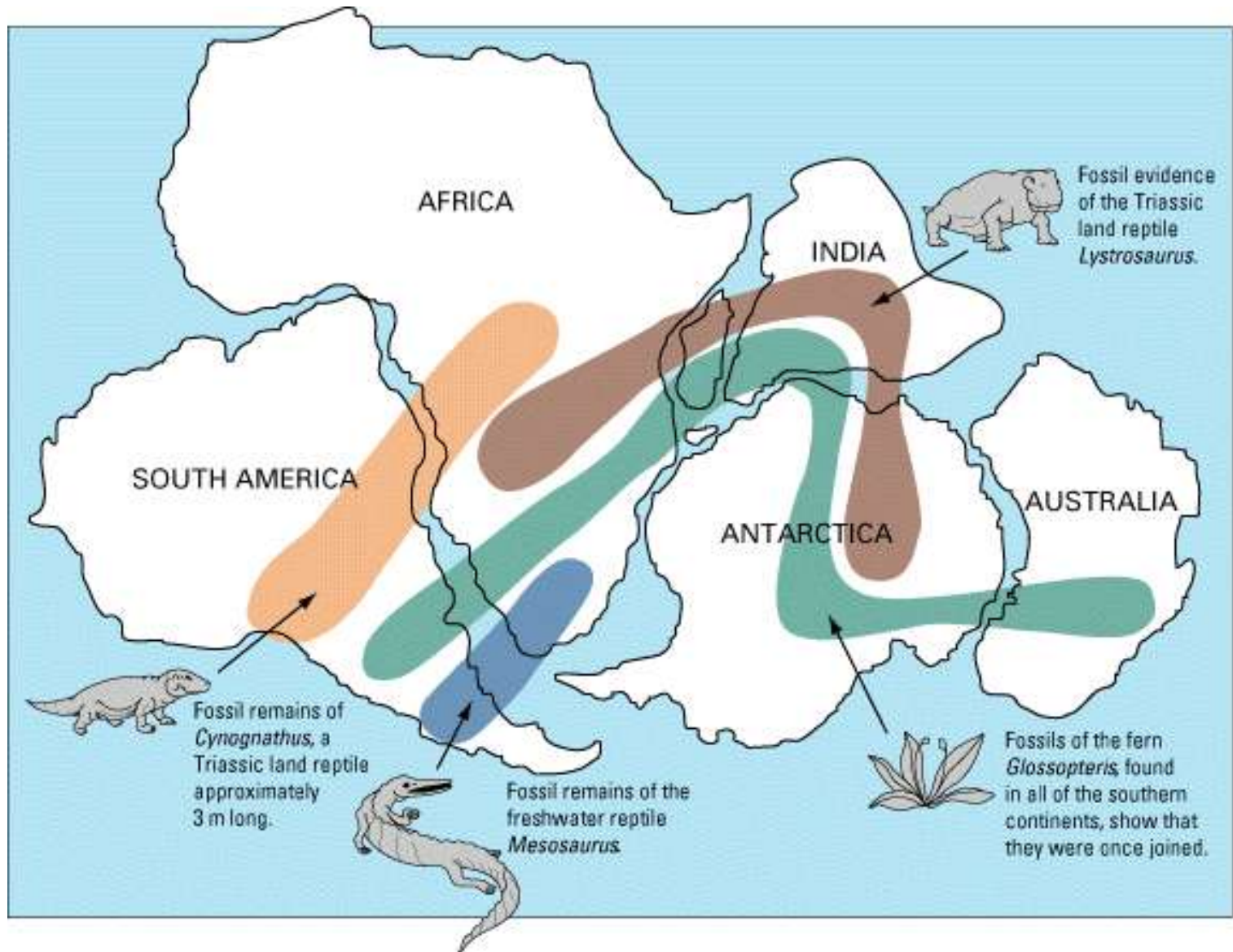
Distribuição dos depósitos glaciais no supercontinente da Pangeia.



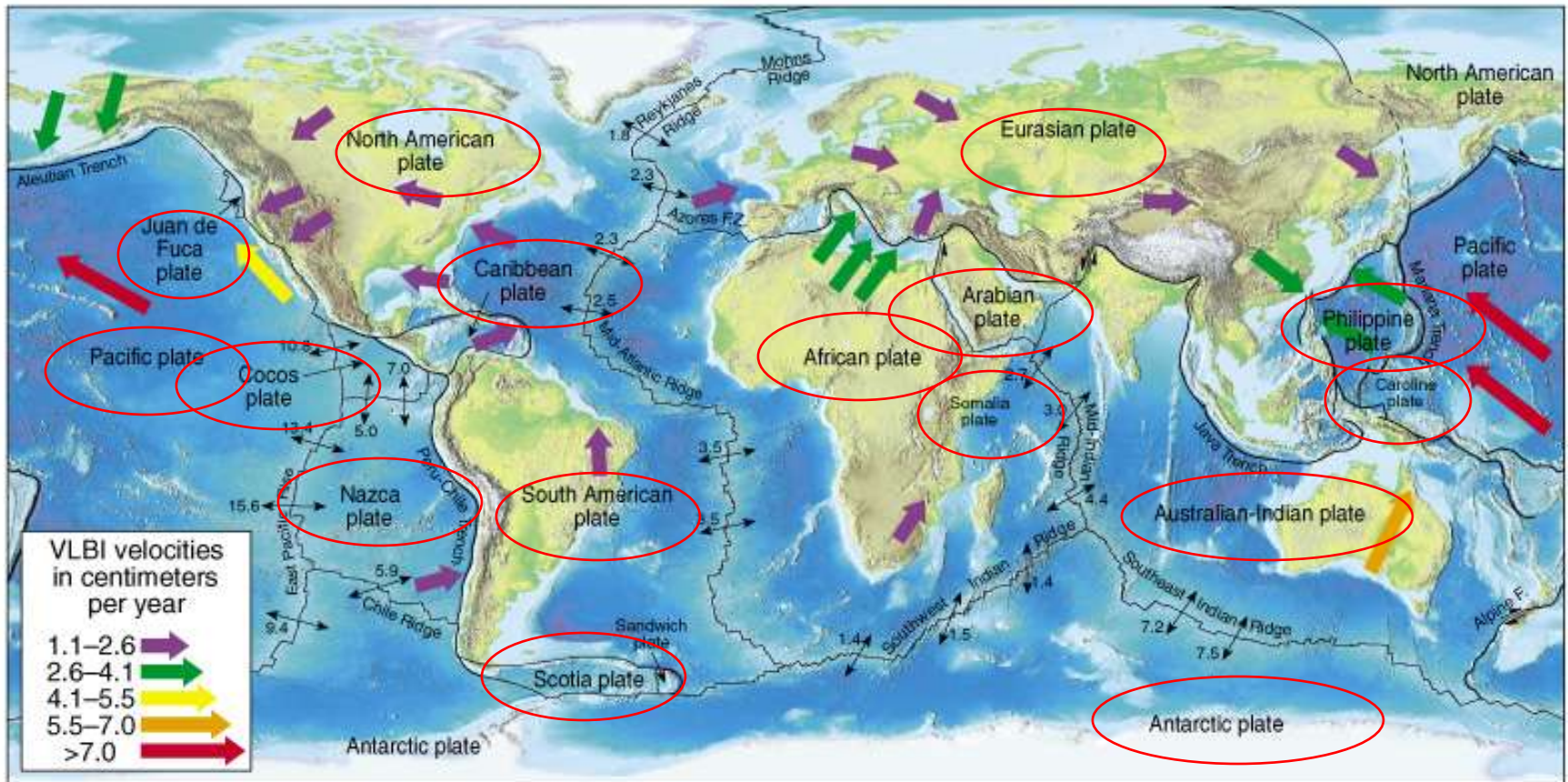
Planisfério actual mostrando a distribuição dos depósitos glaciais com cerca de 300 milhões de anos.



Rejuntando continentes com base em Paleontologia



Placas Tectônicas da Terra



Dinâmica das correntes de convecção

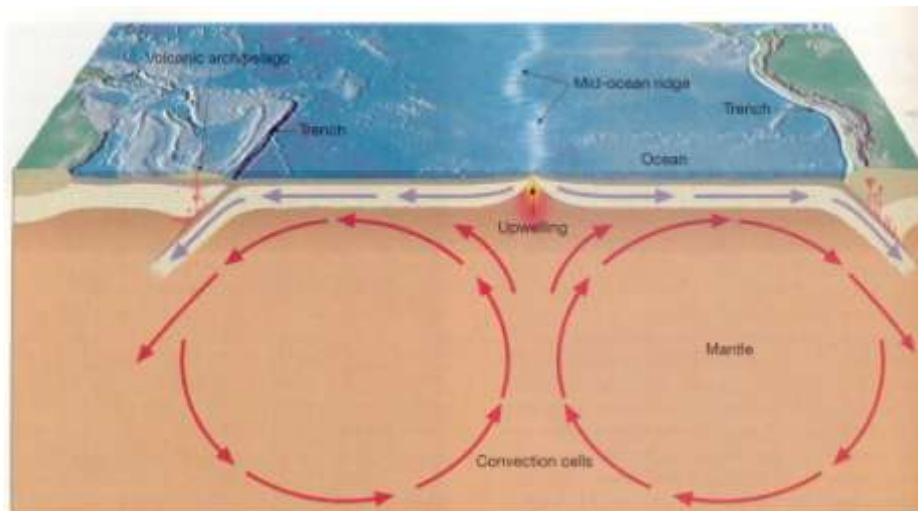
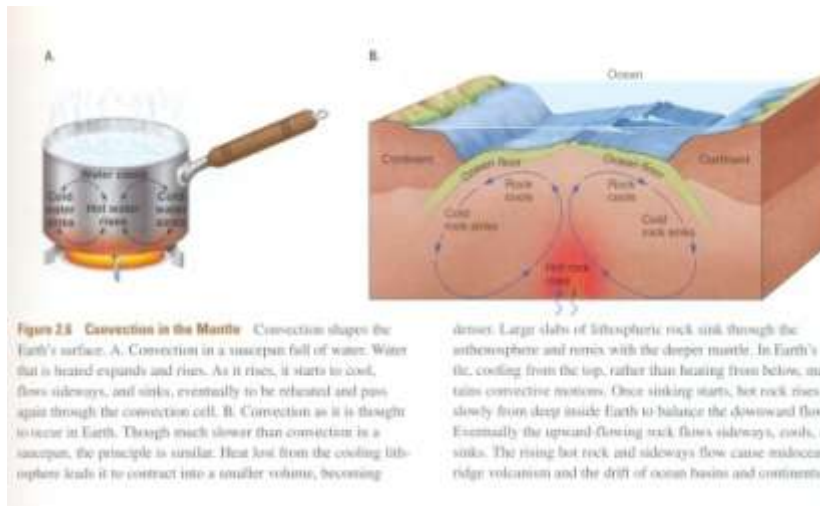
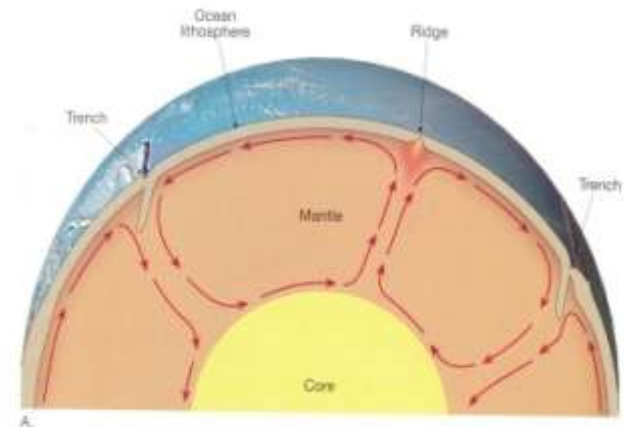
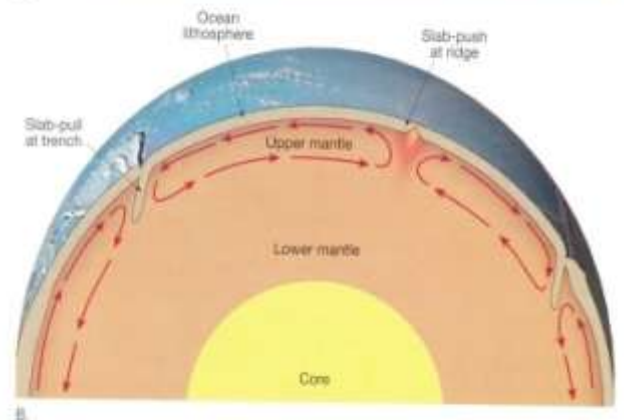


Figure 18.12 Seafloor spreading. Harry Hess proposed that upwelling of mantle material along the mid-ocean ridge system created new sea floor. The convective motion of mantle material carries the sea floor in a conveyor-belt fashion to the deep-ocean trenches, where the sea floor descends into the mantle.



Correntes de convecção no manto inteiro



Correntes de convecção somente na astenosfera

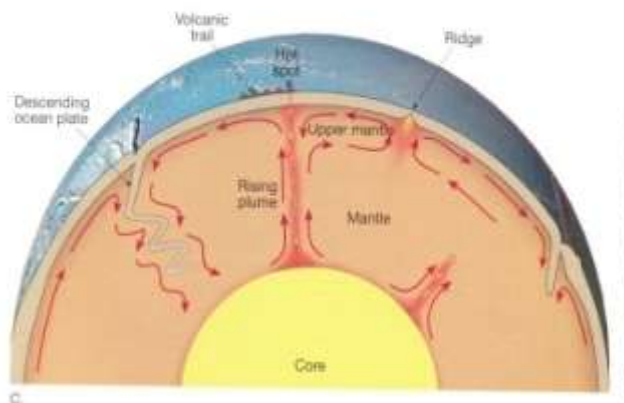
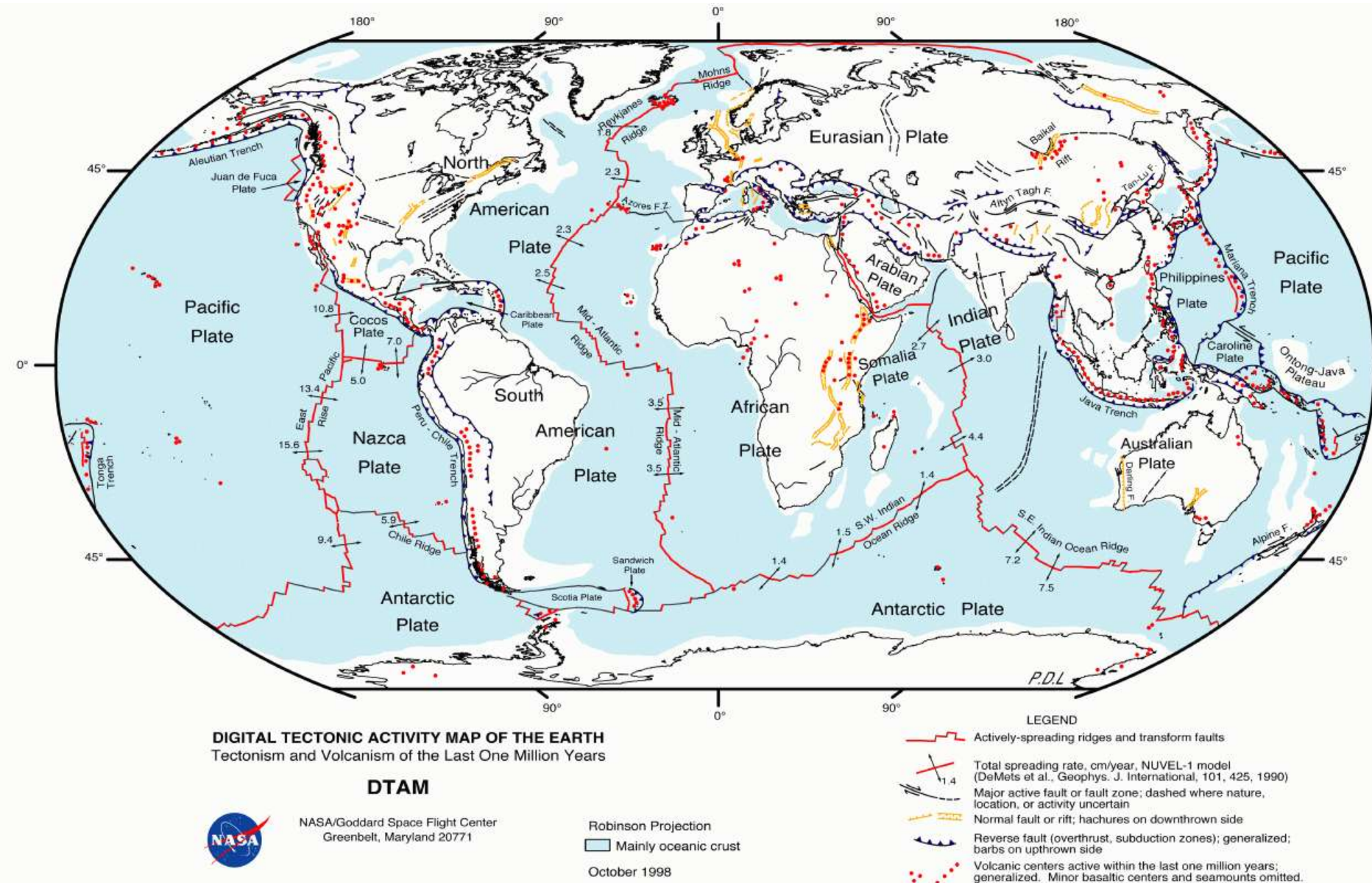


Figure 18.30 Proposed models of the driving force for plate tectonics. A. Large convection cells in the mantle may carry the lithosphere in a conveyor-belt fashion. B. Slab-pull results because the subducting slab is more dense than the underlying material. Slab-push is a form of gravity sliding caused by the elevated position of lithosphere at a ridge crest. C. The hot plume model suggests that all upward convection is confined to a few narrow plumes, while the downward limbs of these convection cells are the cold, dense subducting oceanic plates.

Mapa tectônico atual da terra (fonte: Nasa)



Tipos de margens de placas

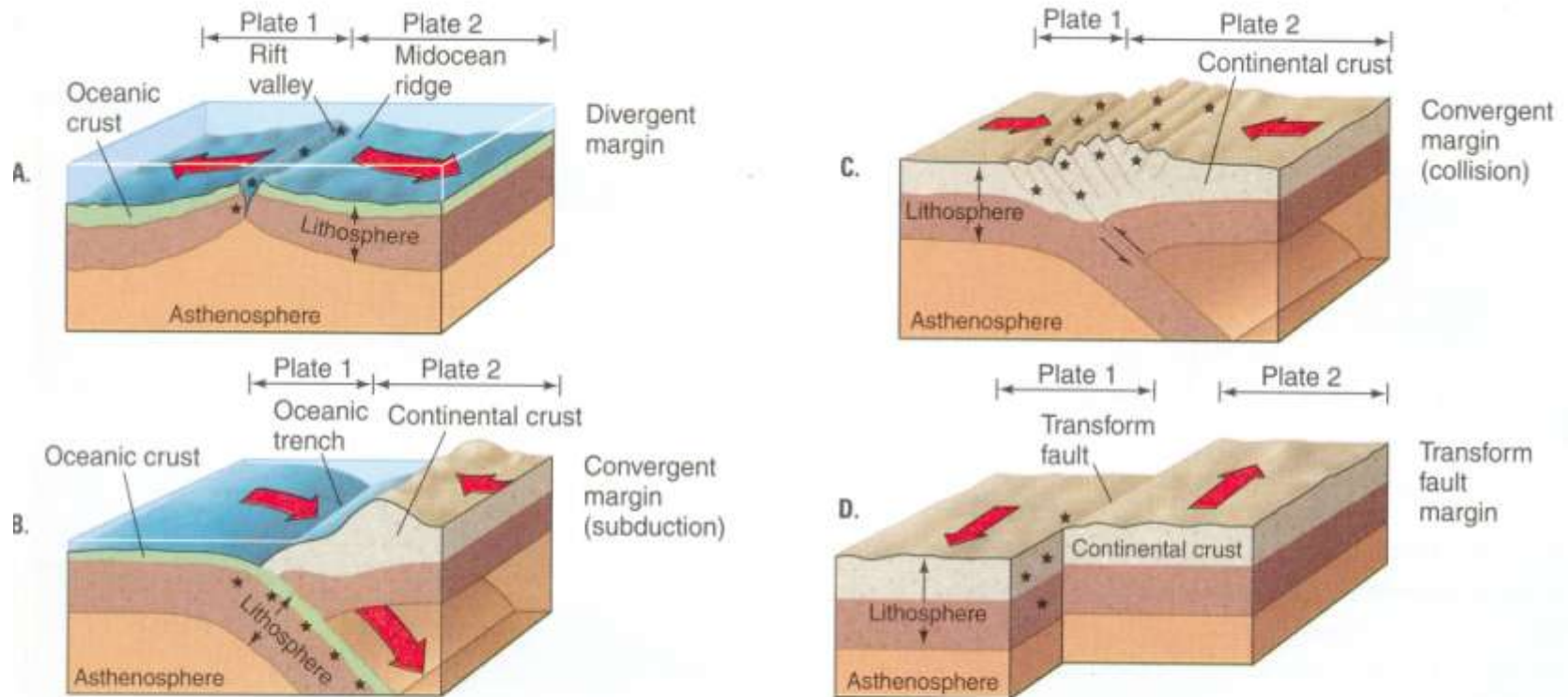


Figure 2.11 Plate Margins The various kinds of plate margins. Stars (★) indicate earthquake centers. A. Divergent margin or spreading center; its topographic expression is a mid-ocean ridge. B. Convergent subduction margin; its topographic expression is an oceanic trench. C. Convergent collision margin; its

topographic expression is a mountain range. D. Transform fault margin; it does not produce a consistent topographic expression but is often marked by a long, thin valley due to preferential erosion along the fault.

Alinhamento de ilhas oceânicas

Registros da idade, direção e migração das placas

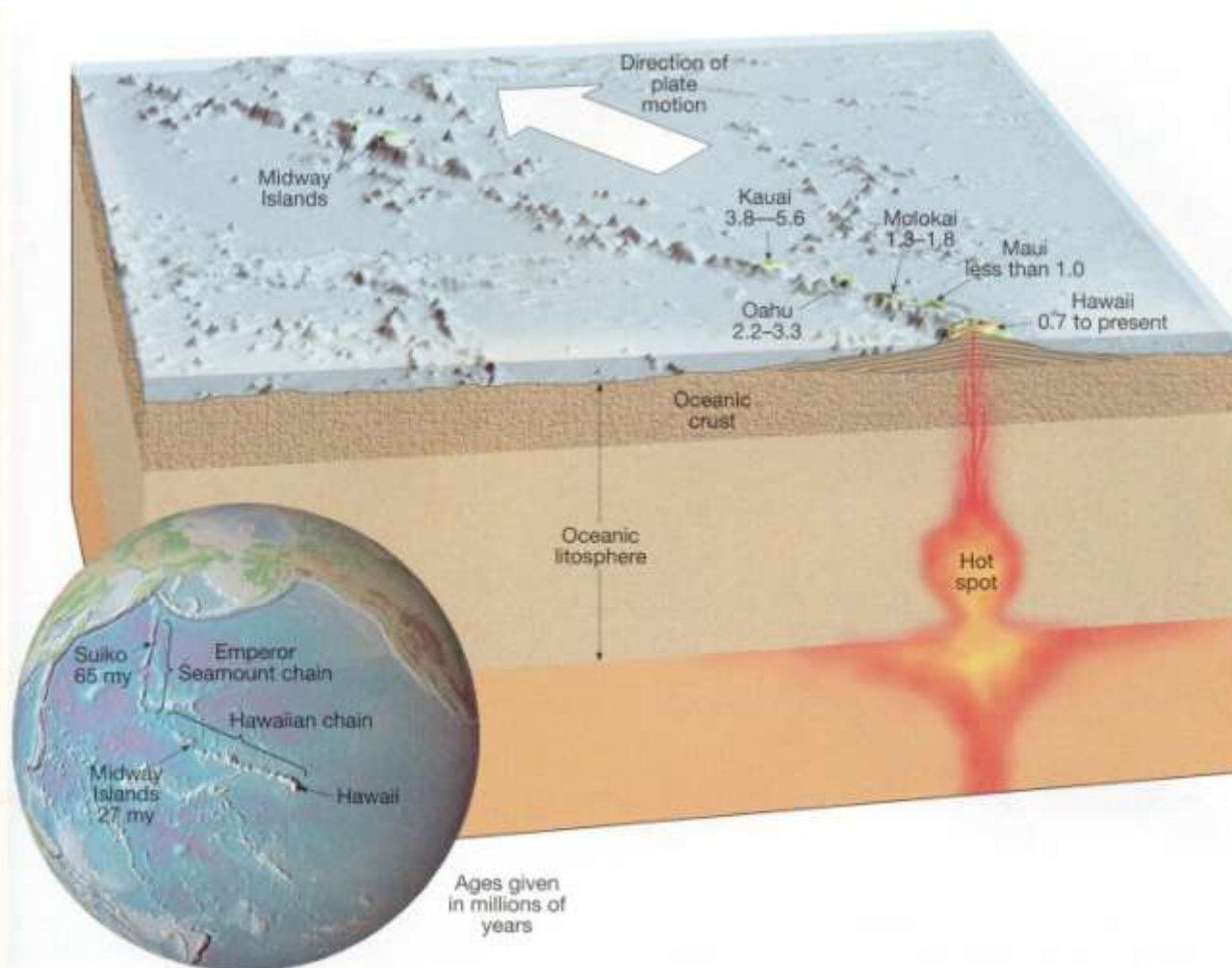
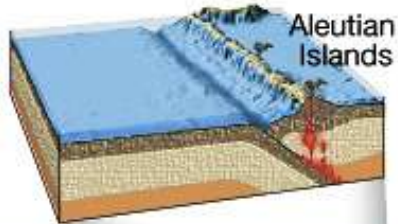


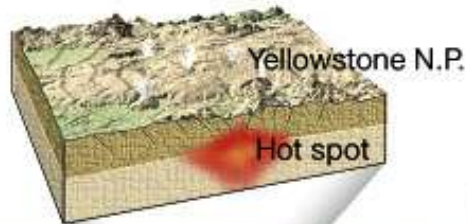
Figure 18.29 The chain of islands and seamounts that extends from Hawaii to the Aleutian trench results from the movement of the Pacific plate over an apparently stationary hot spot. Radiometric dating of the Hawaiian Islands shows that the volcanic activity decreases in age toward the island of Hawaii.

Placas e tipos de margens

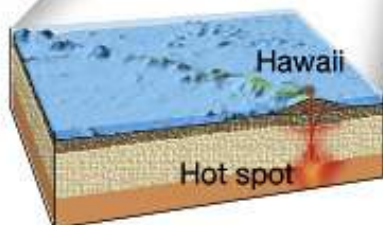
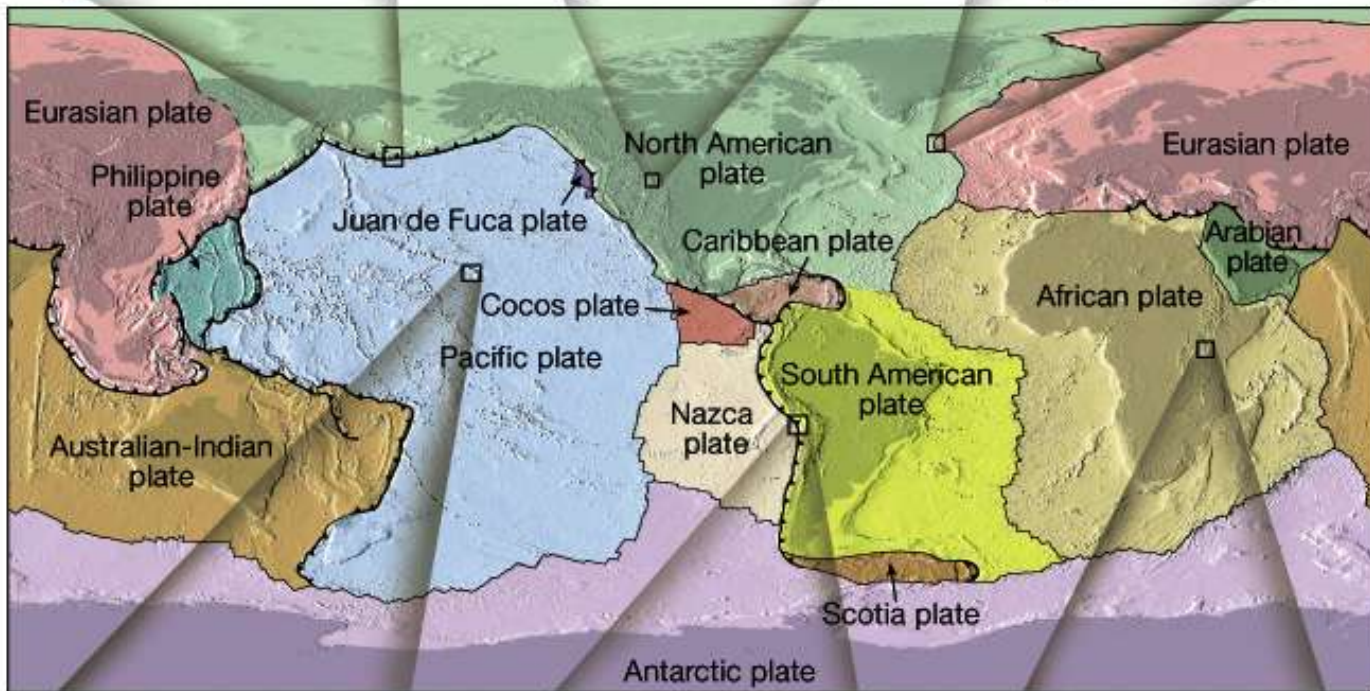
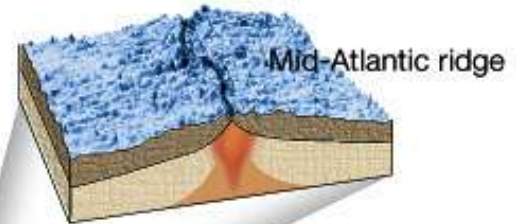
B. Subduction zone volcanism



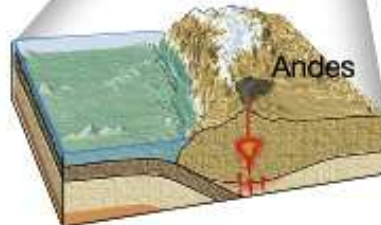
C. Intraplate volcanism (continental)



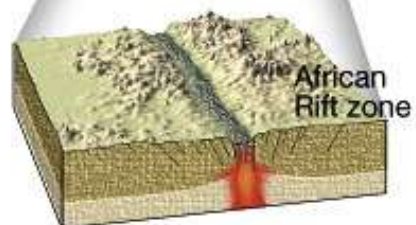
A. Spreading center volcanism (oceanic)



C. Intraplate volcanism (oceanic)

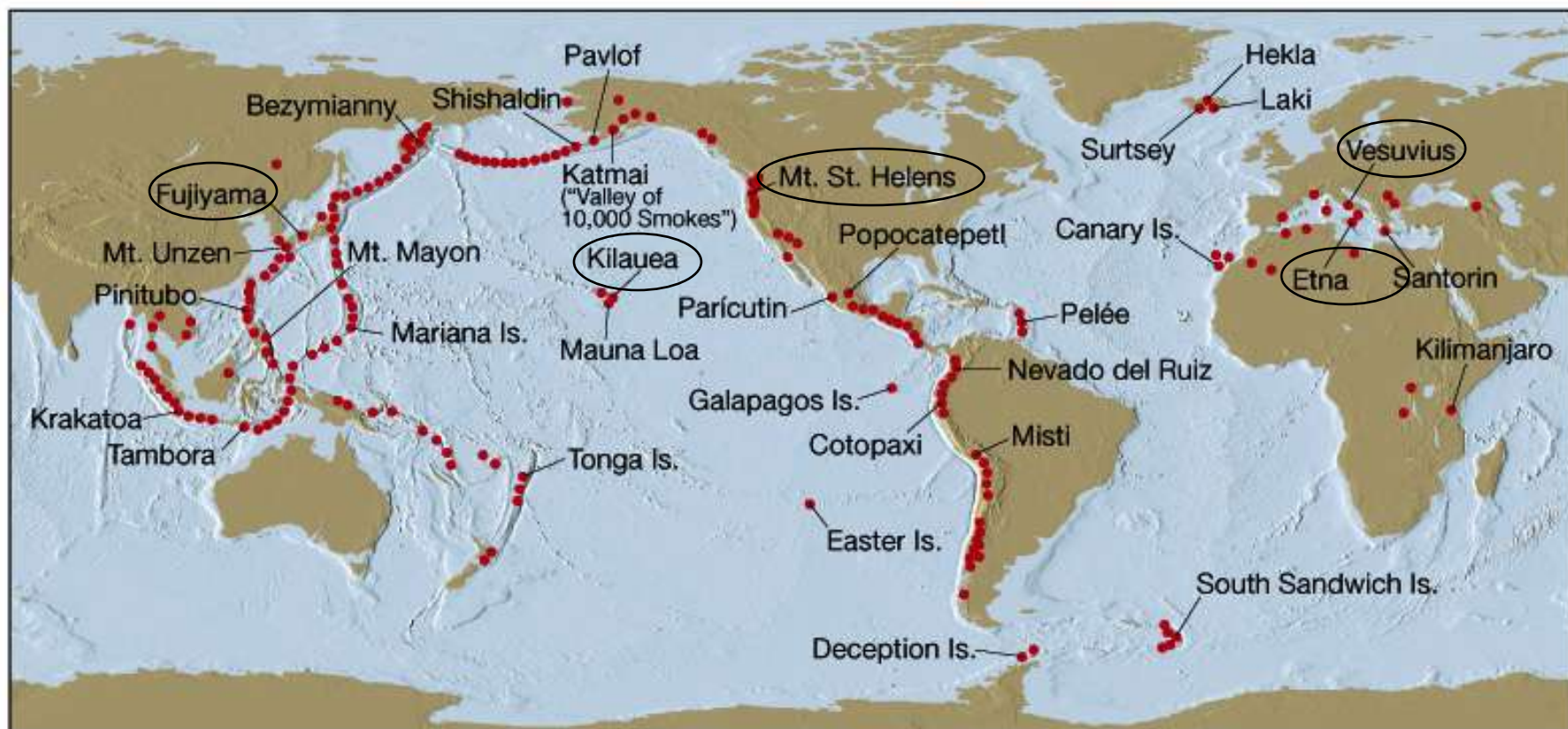


B. Subduction zone volcanism



A. Spreading center volcanism (continental)

Rochas vulcânicas e vulcões do mundo em crostas continentais e oceânicas



Margens convergentes (ativas) e divergentes (passivas) e os locais fornecedores de magmas

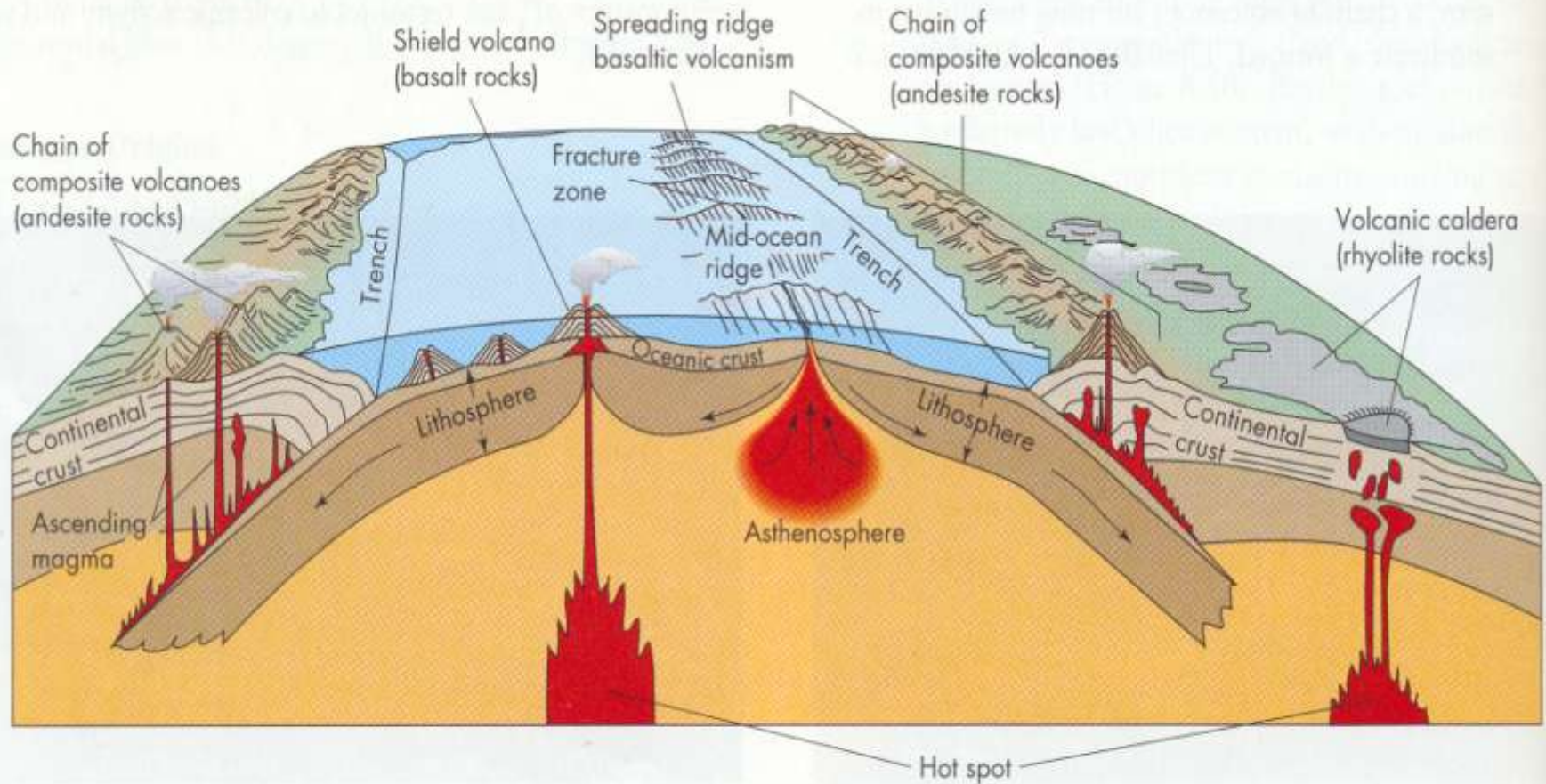


FIGURE 8.9 Idealized diagram showing plate tectonics processes and their relation to volcanic activity. (Source: Modified from Skinner and Porter. 1992. *The Dynamic Earth* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, p. 96, Figure 3.32.)

Ambientes fornecedores de magmas na crosta e no manto

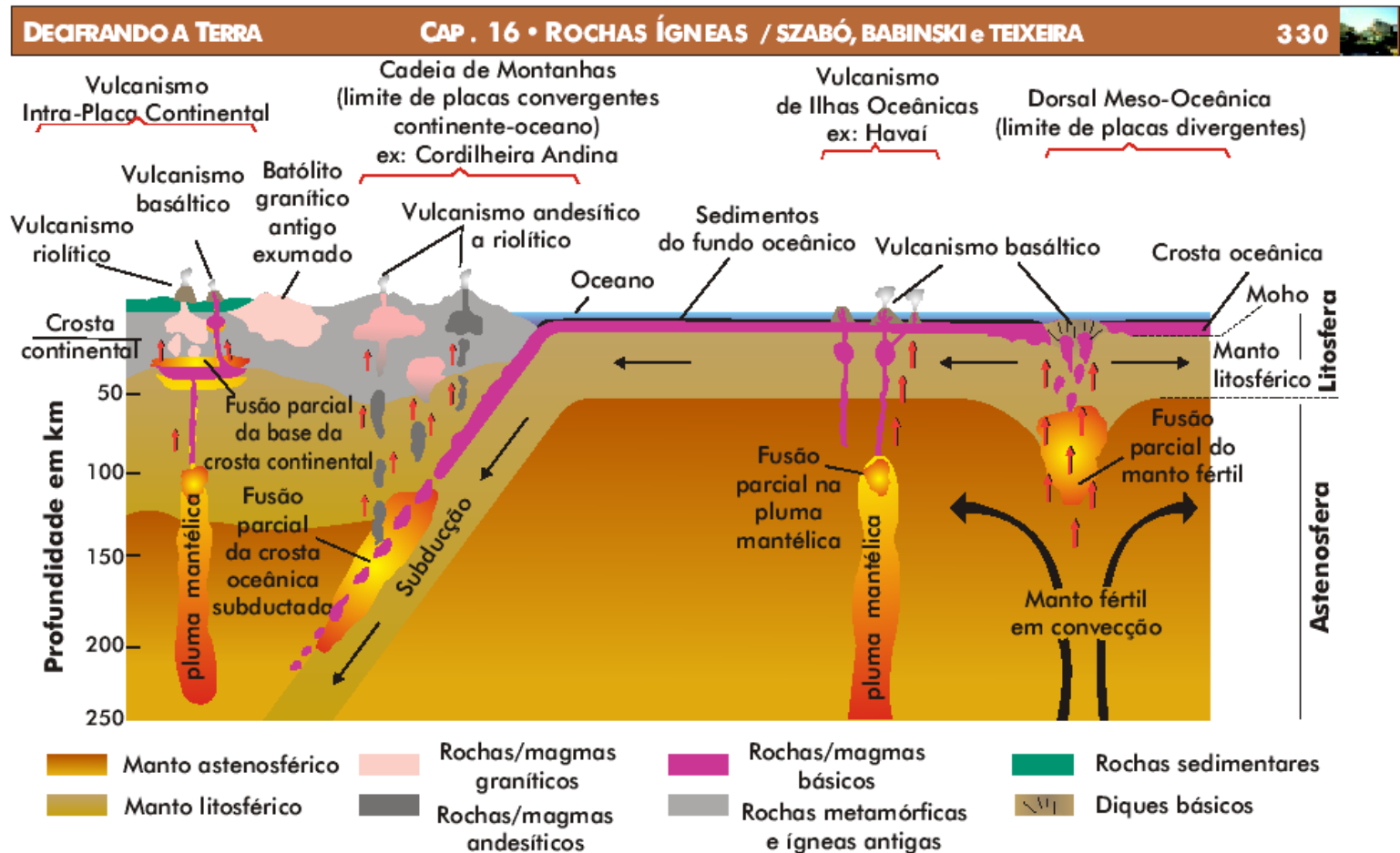
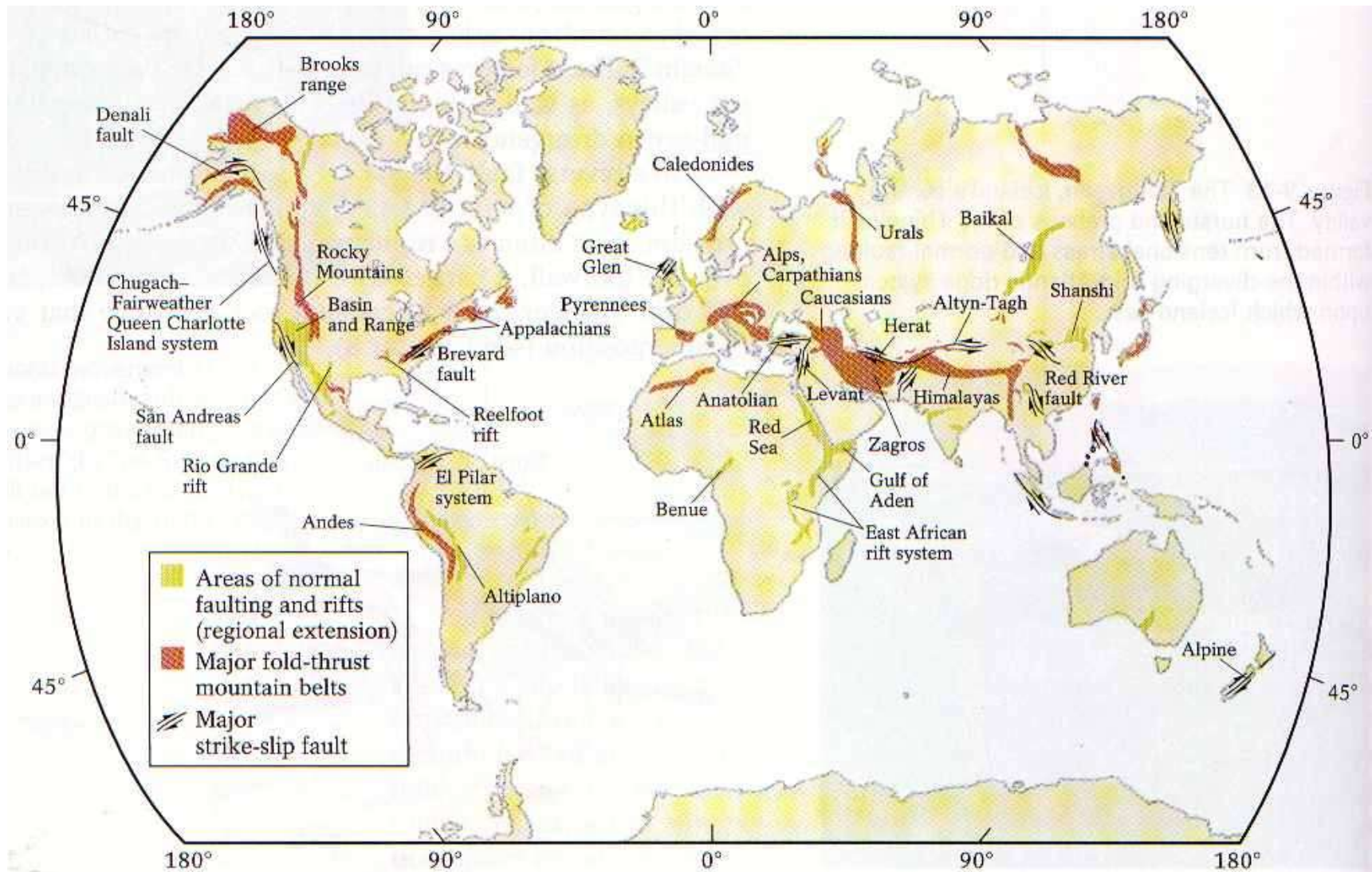


Fig. 16.4 Seção esquemática da crosta / manto (astenosfera / litosfera), indicando a localização dos sítios formadores de magmas no modelo de Tectônica de Placas.

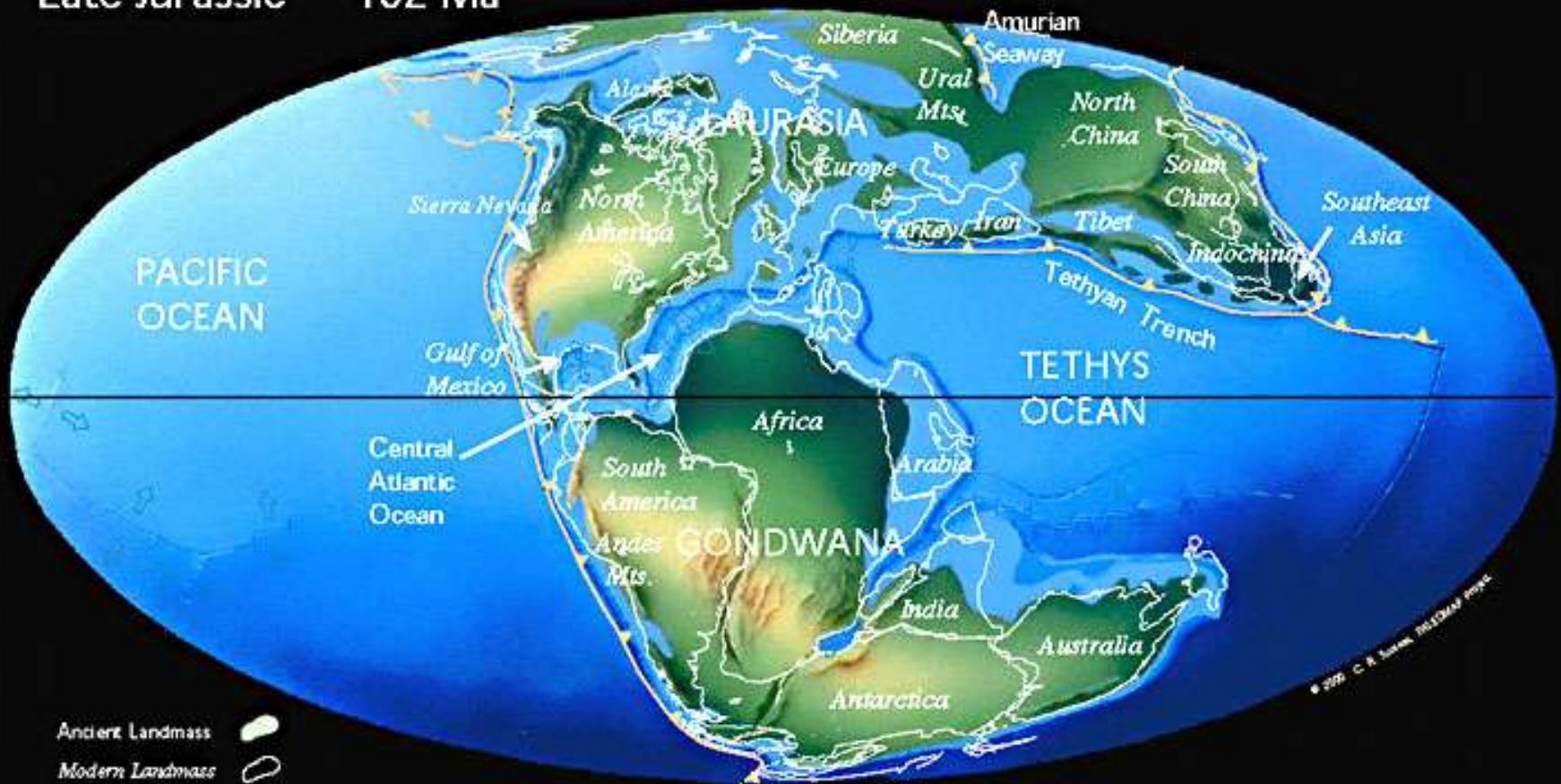
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Cinturões orogênicos ou grandes cadeias de montanhas: resultados de subducções e colisões ao longo do tempo geológico



Há 152 milhões de anos atrás

Late Jurassic 152 Ma



Ancient Landmass

Modern Landmass

Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Sea Floor Spreading Ridge

© 2000 C. R. Scotese, DALLMEYER PROJECT

Há 50 milhões de anos atrás

Middle Eocene 50.2 Ma



Ancient Landmass

Modern Landmass

Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Sea Floor Spreading Ridge

© 1990 C. R. Scotese, Prentice Hall

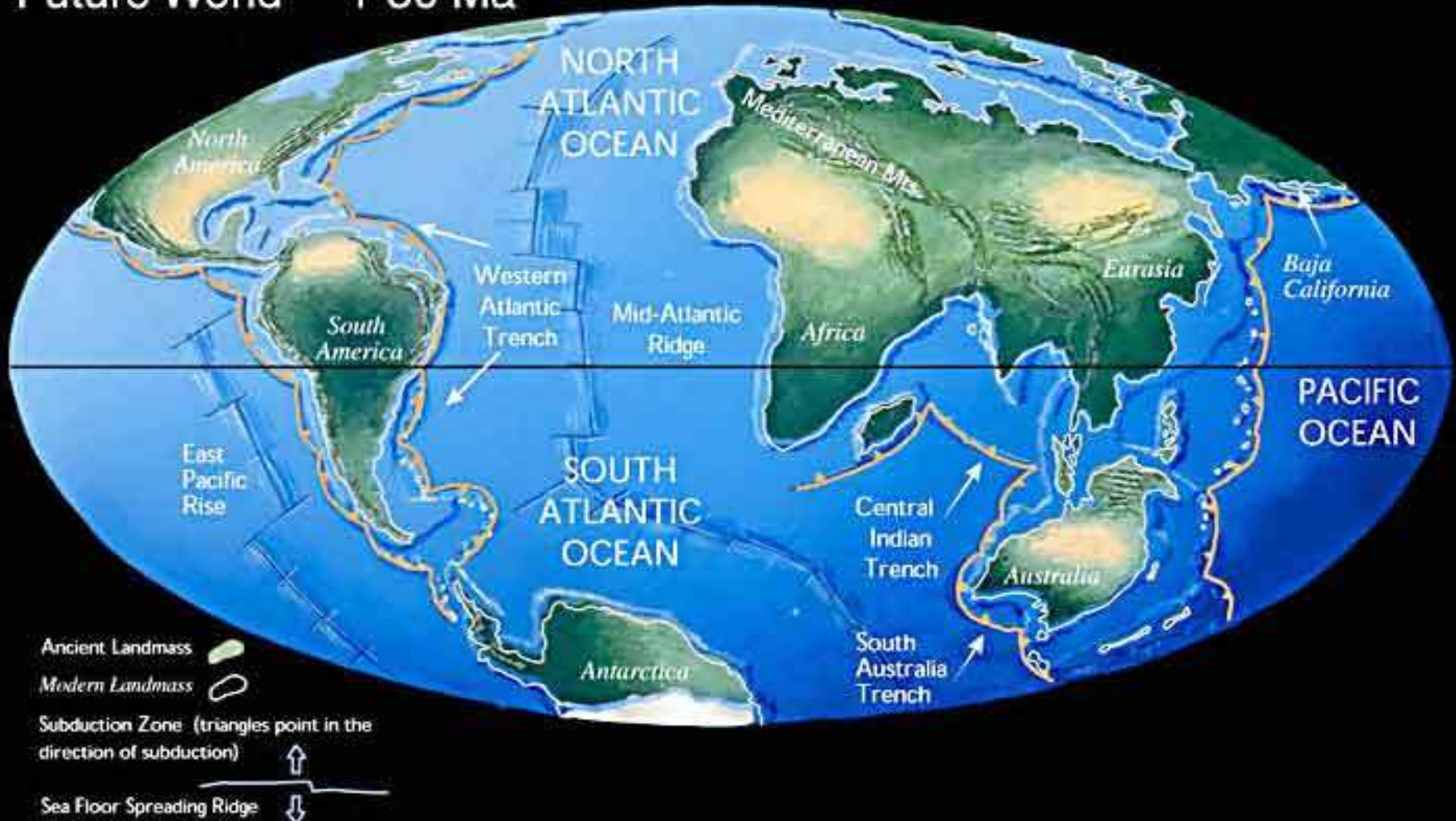
O mundo hoje

Modern World



O mundo daqui a 50 milhões de anos

Future World + 50 Ma





Clima



Aquecimento Global



Você
sabe o que
isso
significa?

O que é o clima?

- Conjunto de fatores que regulam as condições de vida na superfície terrestre
- Tem sua ação na biosfera, hidrosfera e atmosfera
- Litosfera?
- Reflete-se em temperatura, umidade, ventos...
- Interação da Tectônica com o Clima

Clima

- Efeito “borboleta”
- Sistema complexo – caótico?
- Equilíbrio global
- Atividade humana



CHAAC

Deus maia da chuva. As cerimônias para pedir chuva a Chaac eram realizadas quando a seca ameaçava a colheita.

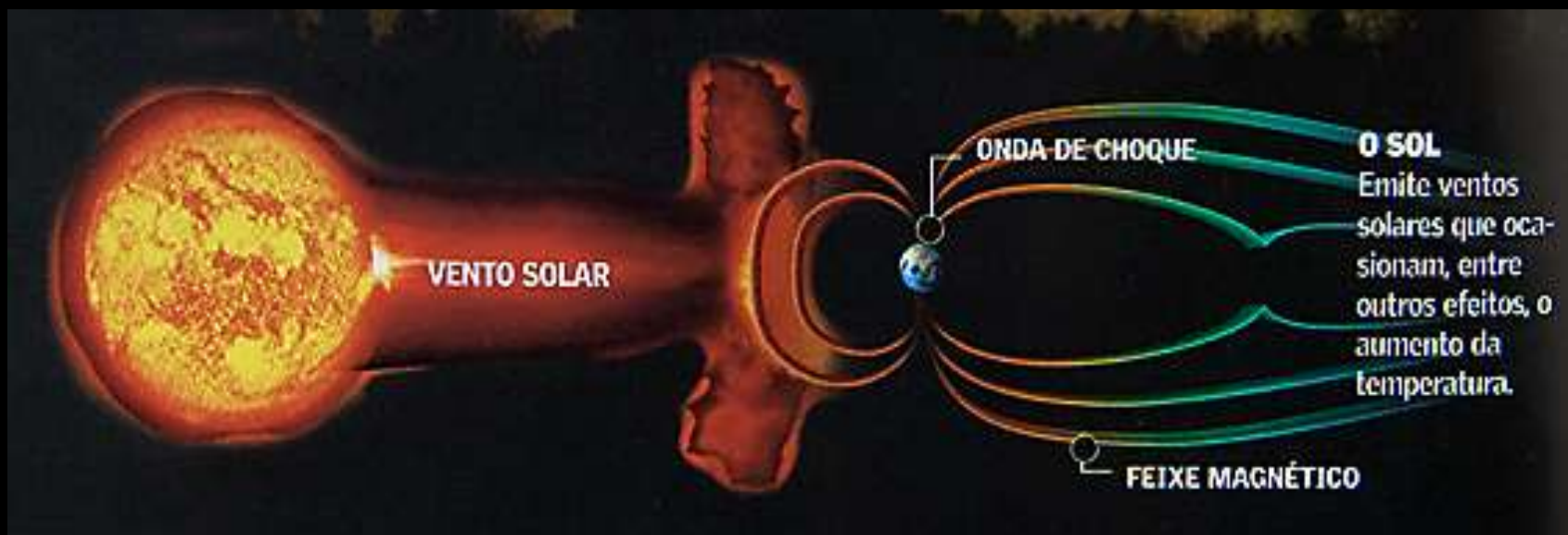


TLÁLOC

Venerado pelos astecas e conhecido como "o provedor" porque em seu poder estava a criação da chuva que fazia crescer o milho.

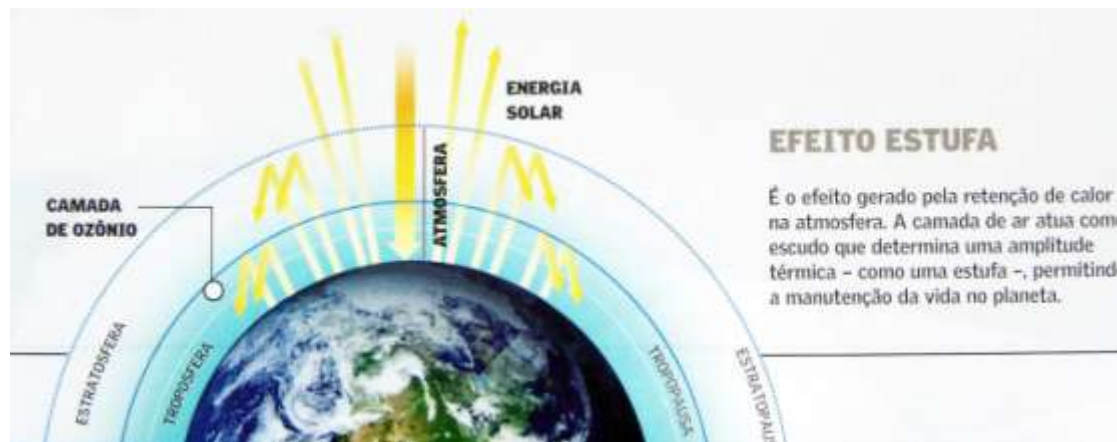
Fatores determinantes no clima

- Energia solar
- Latitude
- Dinâmica da atmosfera
- Dinâmica da hidrosfera
- Relevo



Energia solar





EFEITO ESTUFA

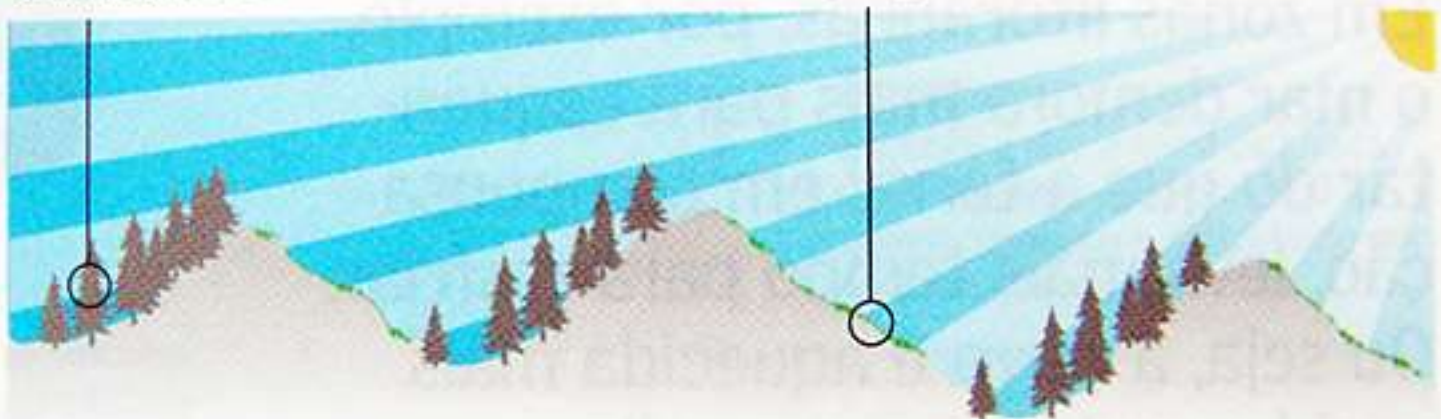
É o efeito gerado pela retenção de calor na atmosfera. A camada de ar atua como escudo que determina uma amplitude térmica - como uma estufa -, permitindo a manutenção da vida no planeta.

Efeito de Estufa



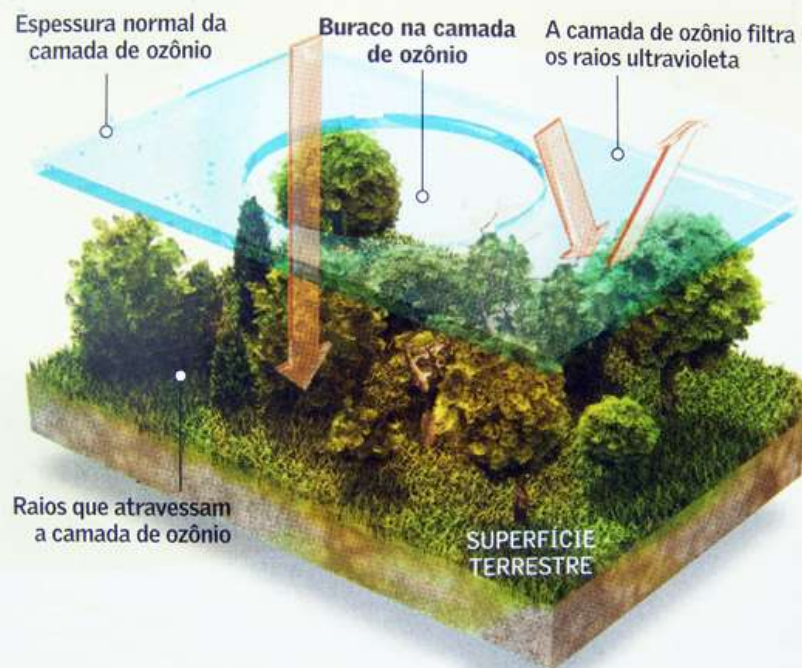
Encostas ocidentais

Concentram a umidade, que favorece o crescimento de pinheiros e outras árvores de cordilheira.

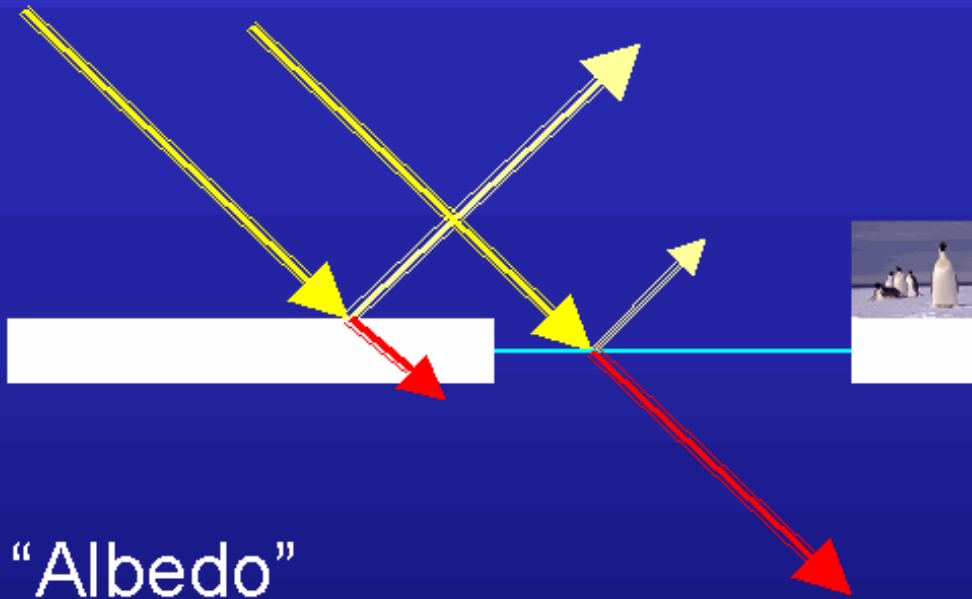


Encostas orientais

Os raios solares incidem diretamente sobre essas regiões, gerando maior aridez. A vegetação é baixa ou nula.



Sunlight

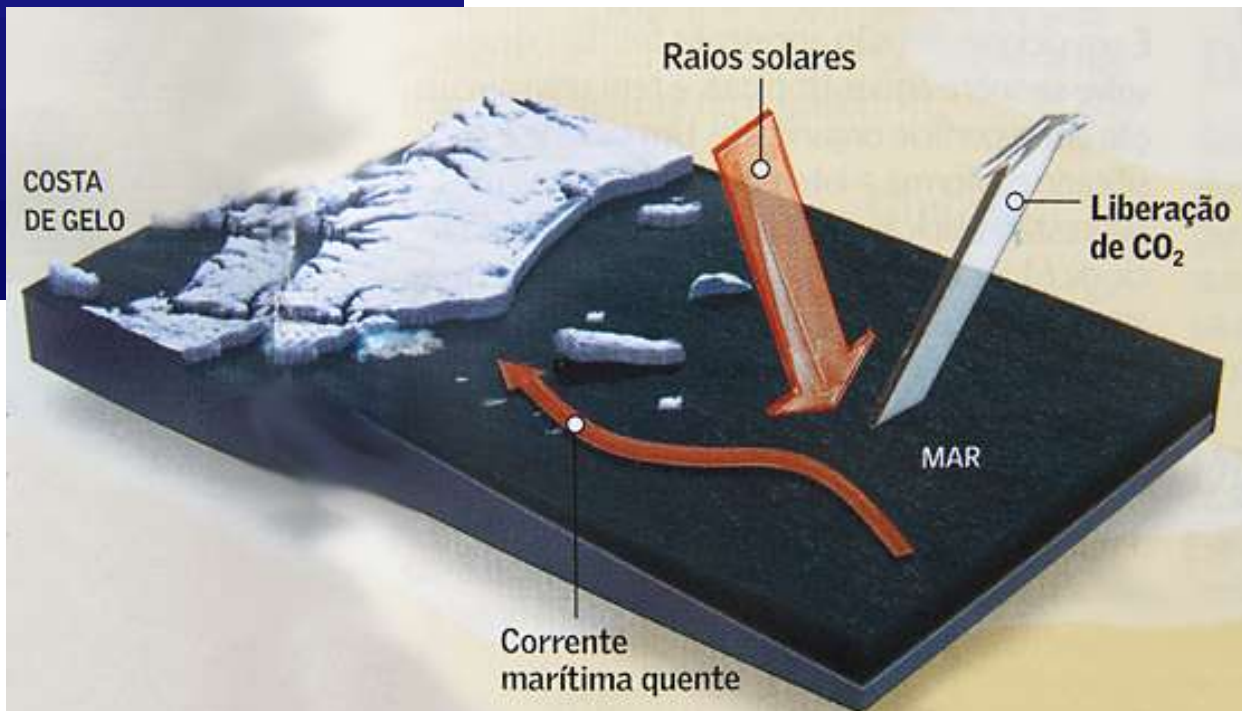


“Albedo”

Ice/snow reflects
Water absorbs

Fatores determinantes no clima

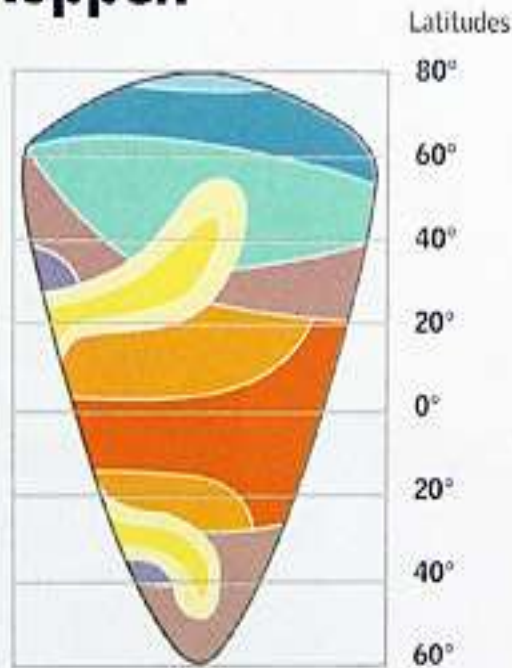
Albedo nuvens – 35%
Albedo criosfera – 80%
Albedo biosfera – 7%
Albedo hidrosfera – 3%



Fatores determinantes no clima

Distribuição de Köppen

Em 1936, o climatologista russo Wladimir Köppen, apresentou uma classificação climatológica relacionada com a temperatura e a precipitação. A tabela gera uma visão ampla em relação à distribuição de climas na Terra. Na classificação de Köppen, não se abordam regiões climáticas, mas o tipo de clima de determinado local conforme certos parâmetros.

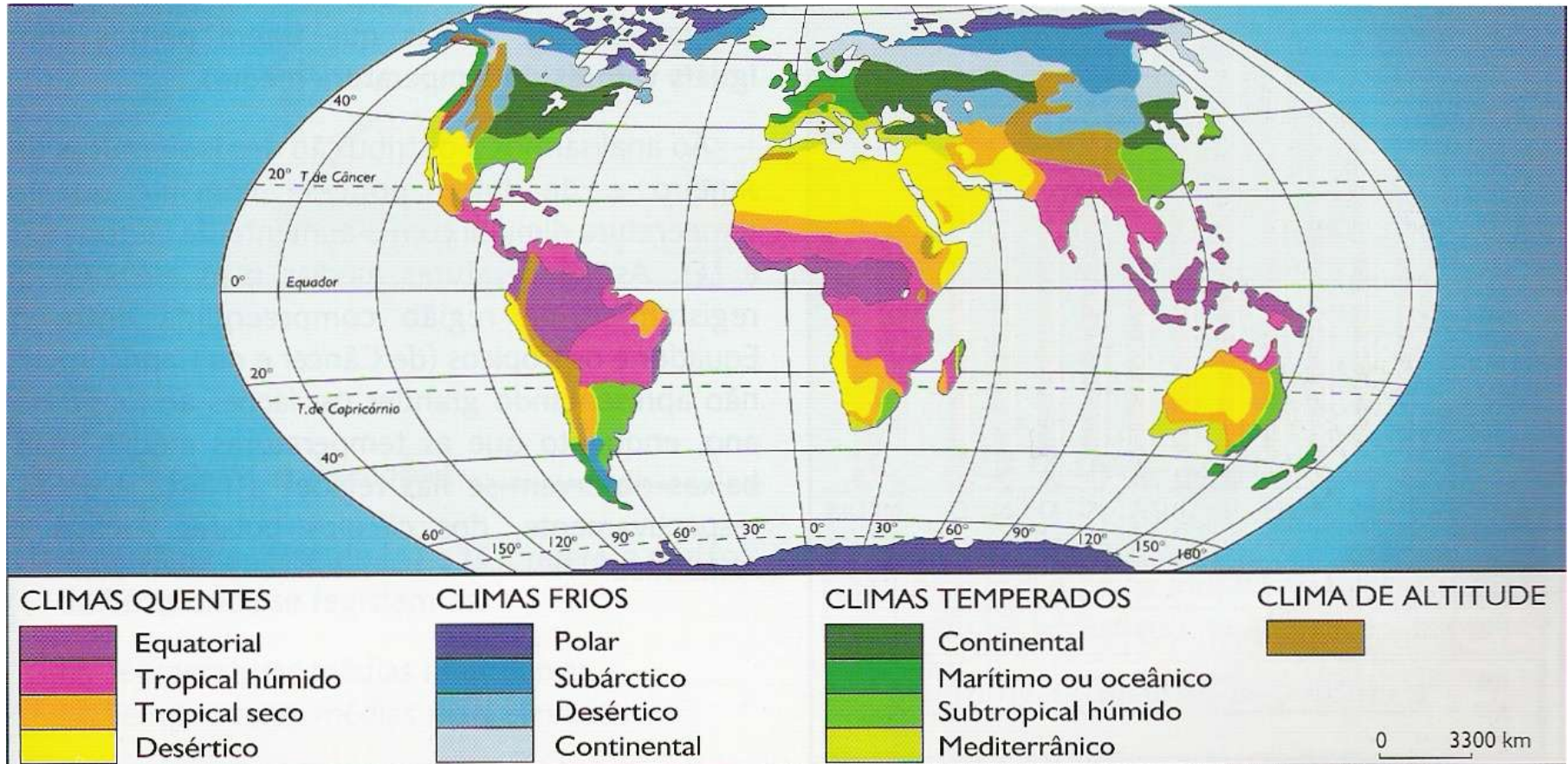


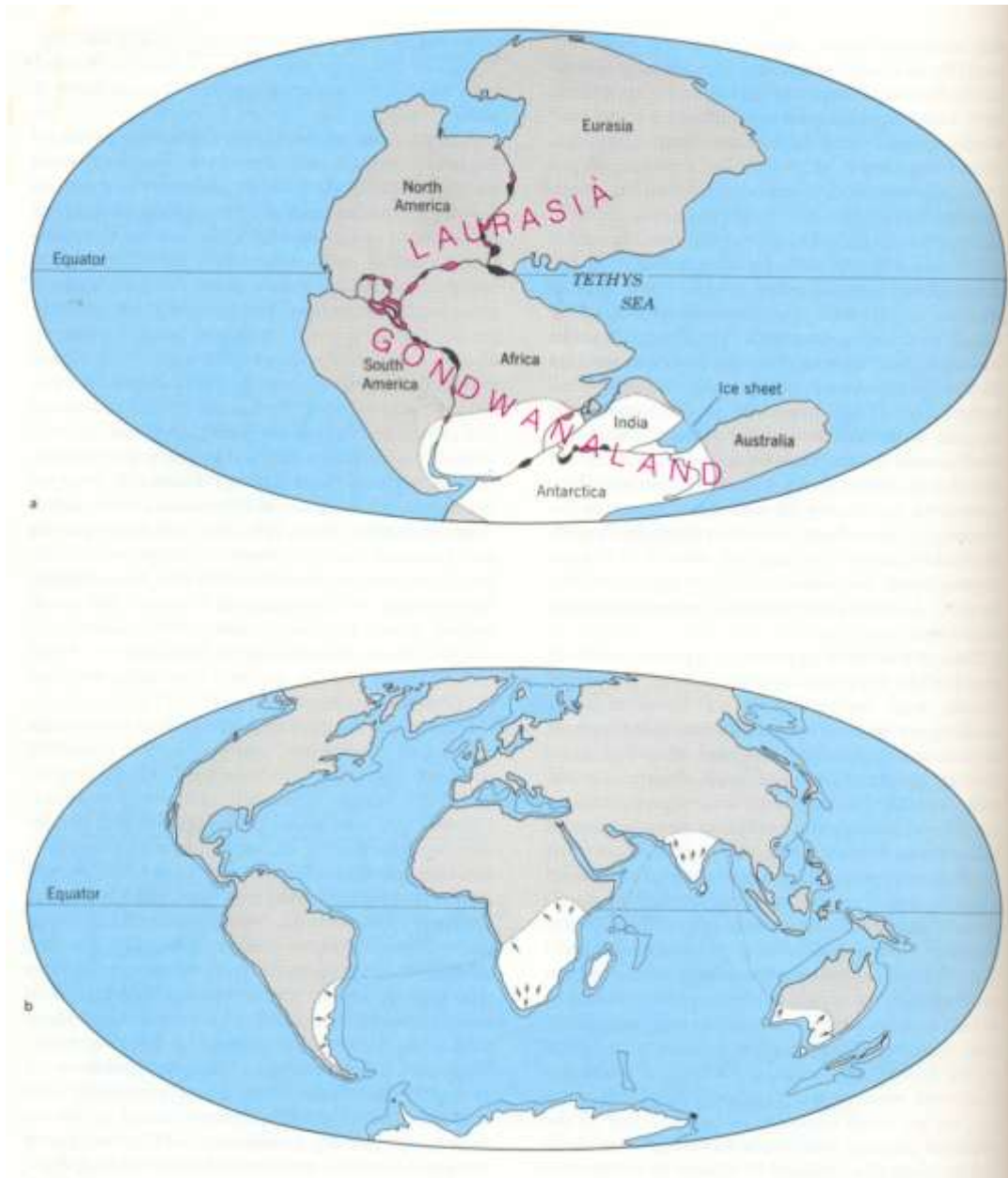
REFERÊNCIAS

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| ● Floresta tropical, sem estação seca | ● Temperado, com verão seco |
| ● Savana tropical, com inverno seco | ● Bosque frio, sem estação seca |
| ● Estepe (semi-árido) | ● Bosque frio, com inverno seco |
| ● Deserto (árido) | ● Tundra |
| ● Temperado úmido, sem estação seca | ● Glacial |
| ● Temperado, com inverno seco | ● Clima de montanha |

Fatores determinantes no clima

- Latitude



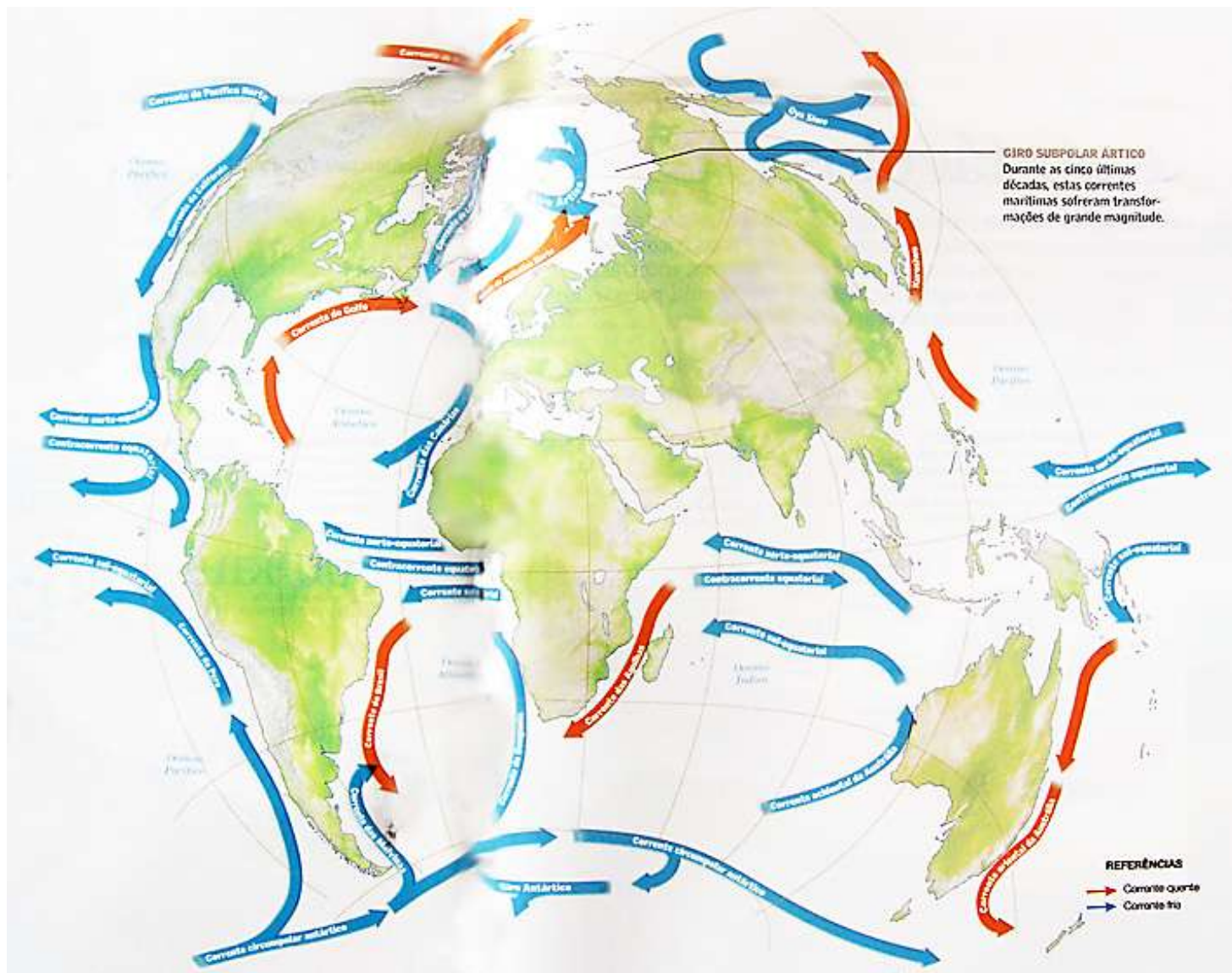


Mudança de
latitudes ao
longo do
tempo
geológico

Fatores determinantes no clima

- Dinâmica da hidrosfera





Correntes marítimas de superfície

CORRENTES PROFUNDAS

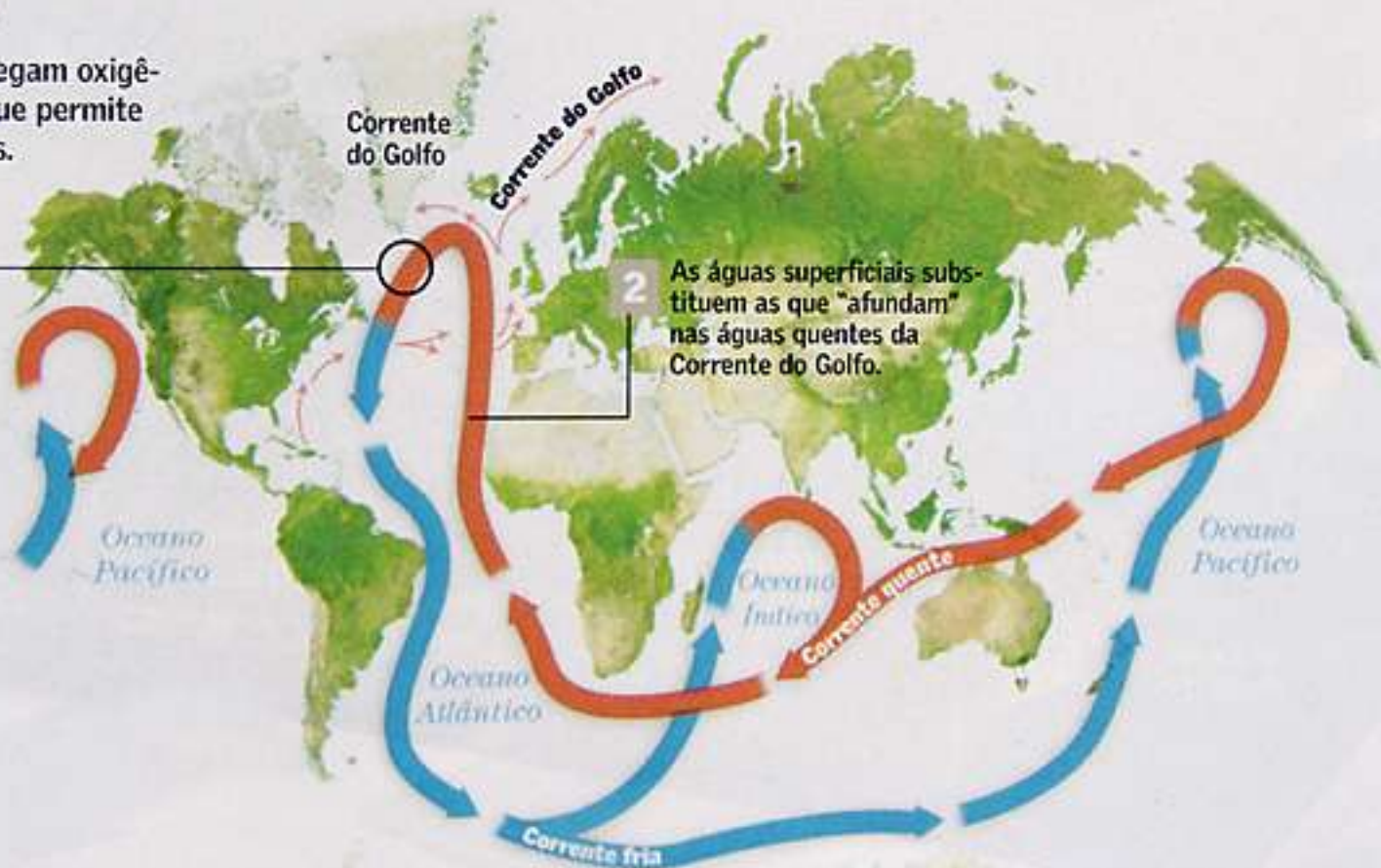
Desempenham função vital: carregam oxigênio para as águas profundas, o que permite a existência de vida nestas águas.

1 As águas do Atlântico Norte "mergulham" na região da Groenlândia, enquanto as mais frias e salgadas se deslocam para o Sul.

2 As águas superficiais substituem as que "afundam" nas águas quentes da Corrente do Golfo.

Cinturão de transporte oceânico

Quente Frio

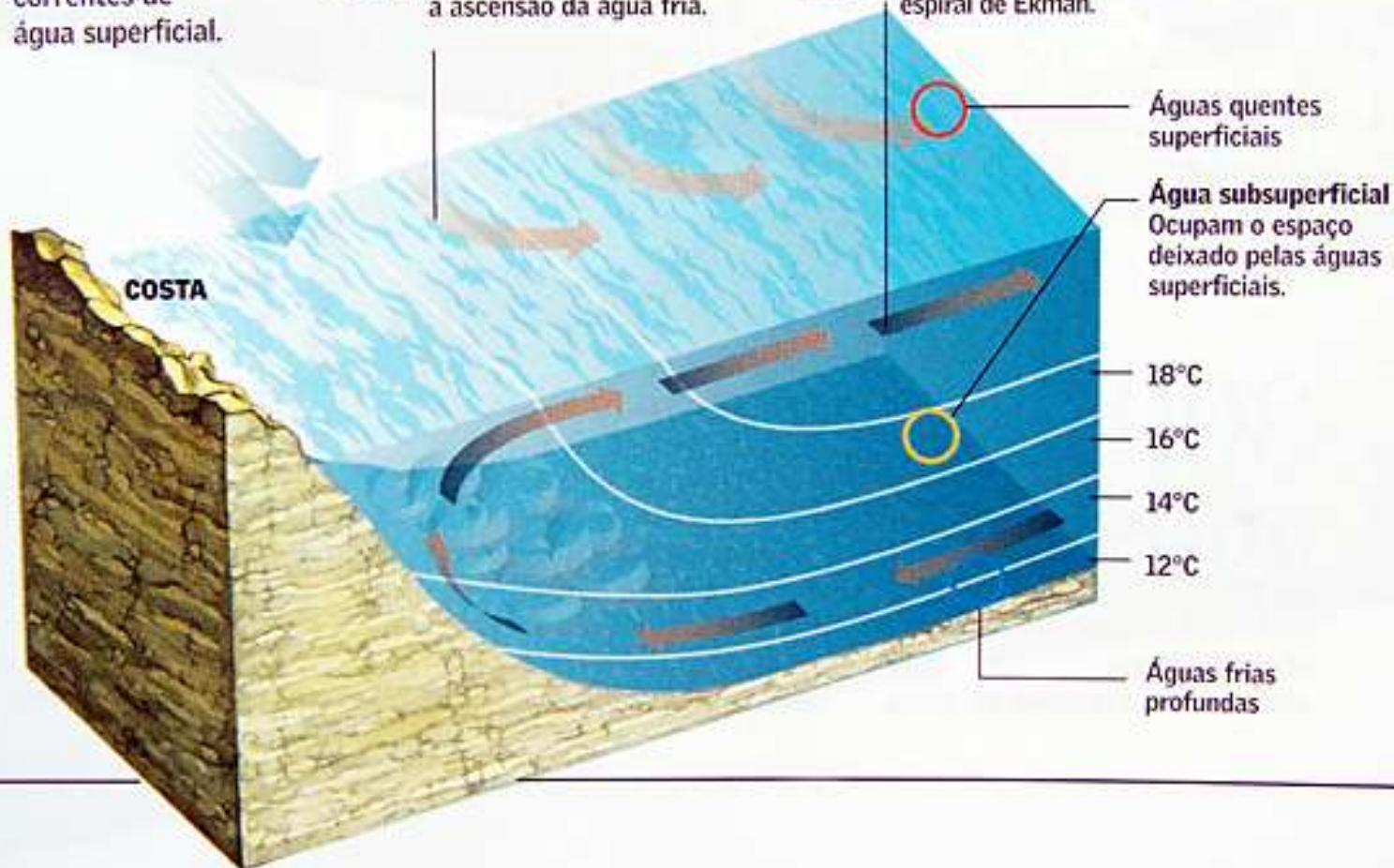


COMO SE FORMAM AS CORRENTES

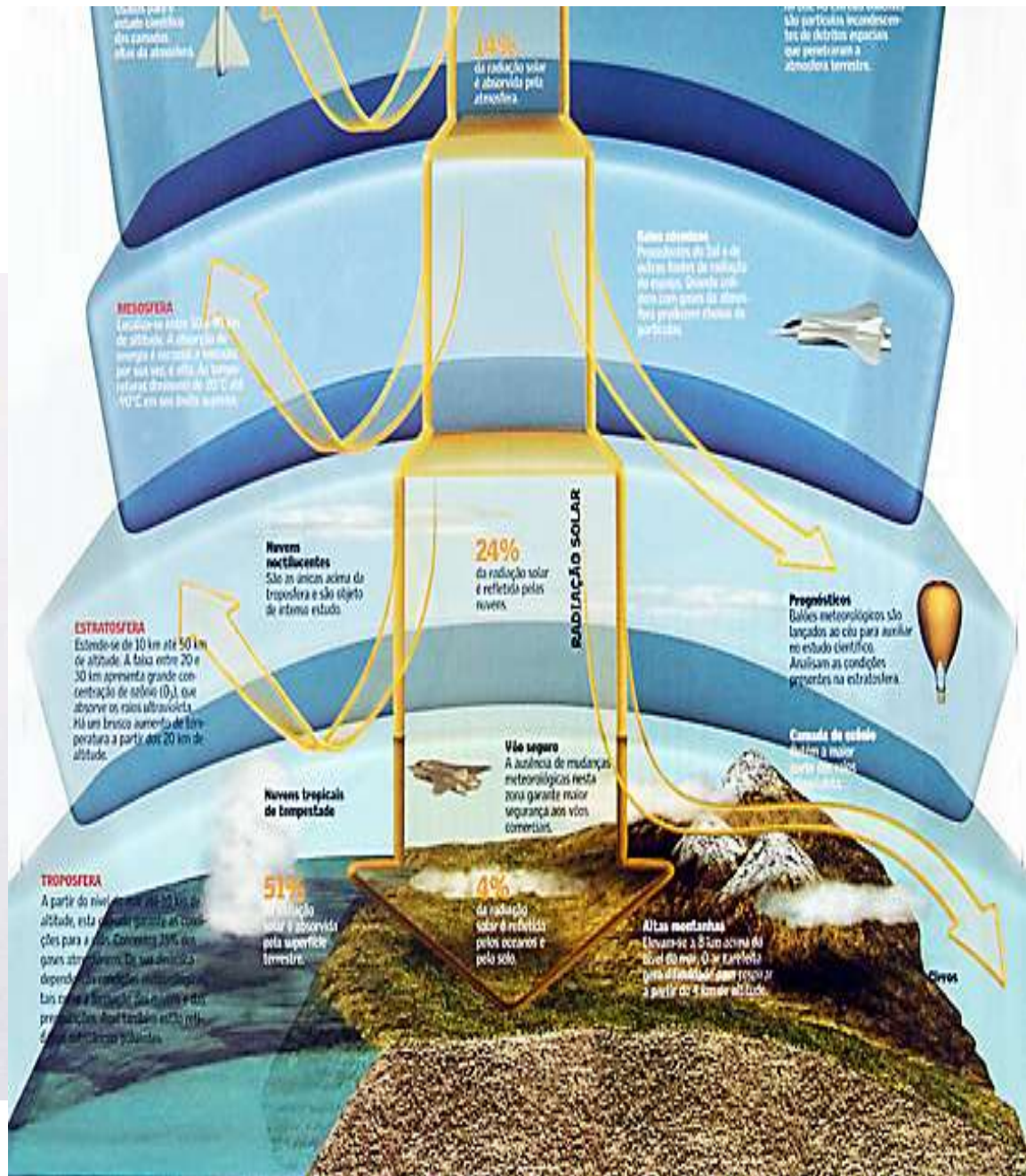
Ventos e calor produzem correntes de água superficial.

1. No hemisfério Sul, ventos costeiros retiram a água superficial, o que permite a ascensão da água fria.

2. A ascensão das águas profundas é lenta. O movimento é influenciado pelo efeito ou espiral de Ekman.



- Dinâmica atmosférica



- Furacão Katrina - 2005



fotografias recebidas por m@l
montagem:
©Blog_dos_Bichos



Diferenças de temperatura determinam movimentação do ar



REDEMOINHOS DE AR QUENTE

O calor intenso em planícies pode gerar uma coluna de ar quente em espiral, às vezes superior a 100 metros de altura.

1 Ventos fortes e velozes deslocam-se acima de ventos mais fracos e fazem com que o ar intermediário role como um lápis sobre a mesa.

VENTO FORTE



VENTO FRACO

2 Uma forte corrente de ar eleva a espiral.

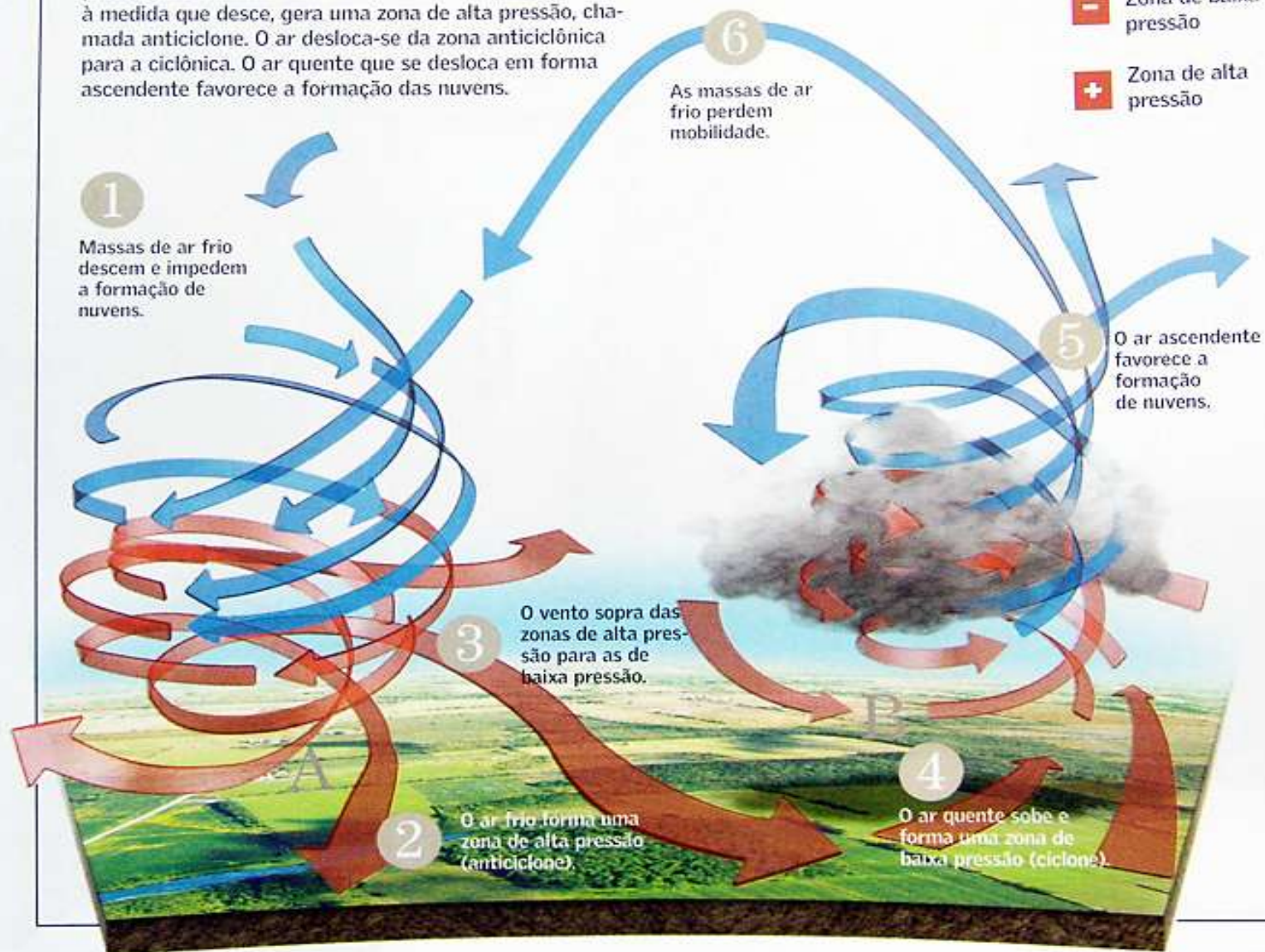


Alta e baixa pressão

 O ar quente, mais leve, tende a subir. Por baixo dele ocorre a formação de uma zona de baixa pressão, denominada ciclone. Quando o ar quente esfria, à medida que desce, gera uma zona de alta pressão, chamada anticiclone. O ar desloca-se da zona anticiclônica para a ciclônica. O ar quente que se desloca em forma ascendente favorece a formação das nuvens.

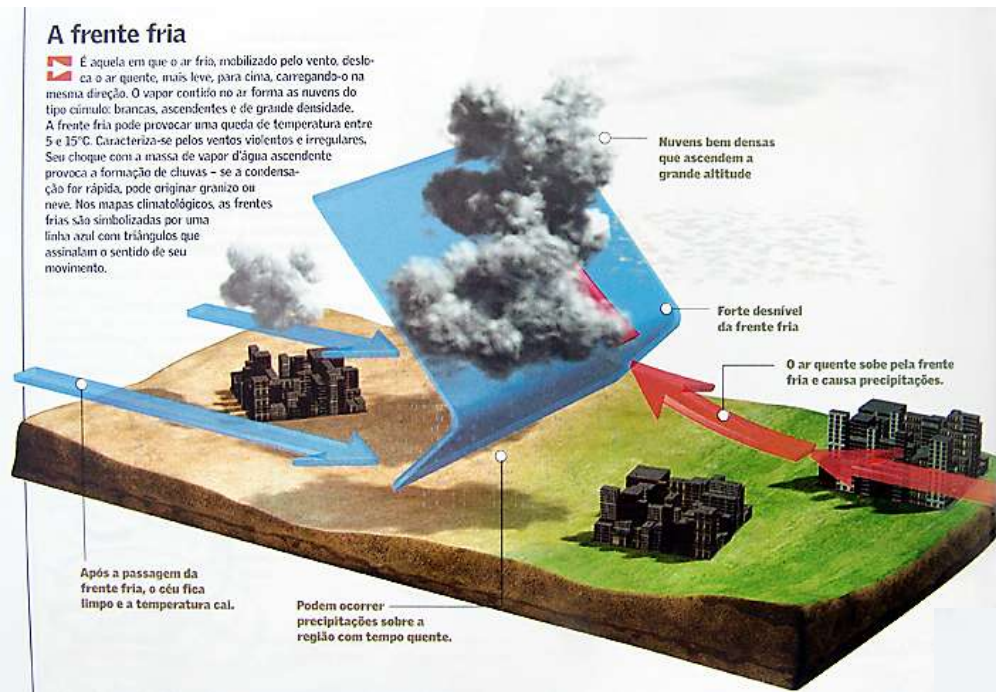
 Zona de baixa pressão

 Zona de alta pressão



A frente fria

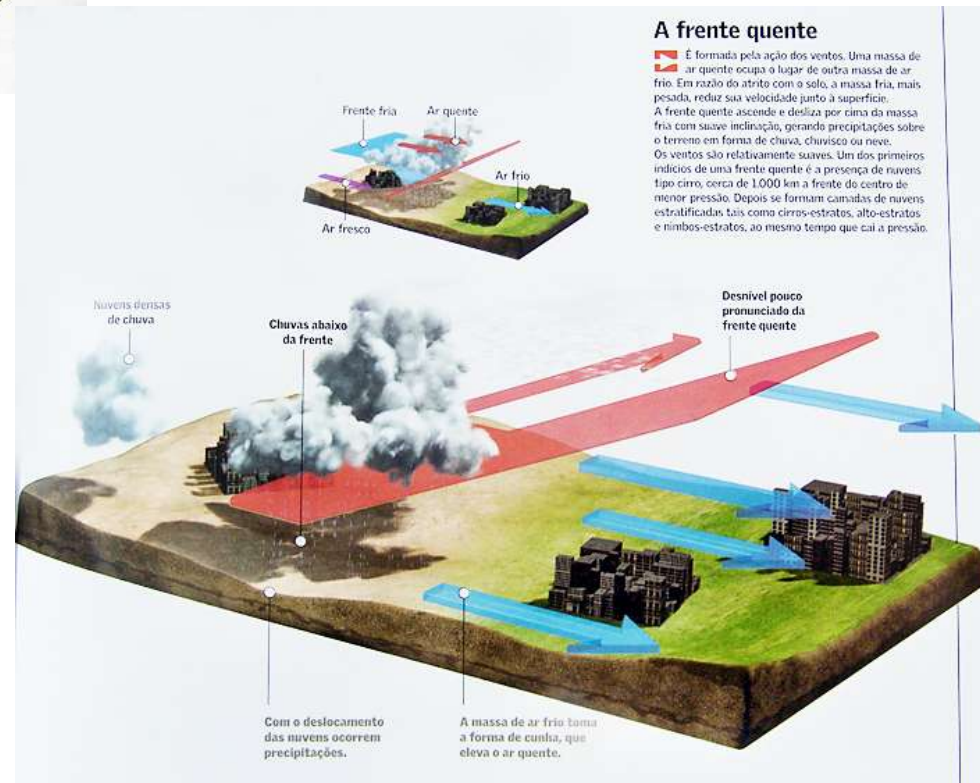
É aquela em que o ar frio, mobilizado pelo vento, desloca o ar quente, mais leve, para cima, carregando-o na mesma direção. O vapor contido no ar forma as nuvens do tipo cúmulo: brancas, ascendentes e de grande densidade. A frente fria pode provocar uma queda de temperatura entre 5 e 15°C. Caracteriza-se pelos ventos violentos e irregulares. Seu choque com a massa de vapor d'água ascendente provoca a formação de chuvas - se a condensação for rápida, pode originar granizo ou neve. Nos mapas climatológicos, as frentes frias são simbolizadas por uma linha azul com triângulos que assinalam o sentido de seu movimento.



Relações entre correntes de ar frio e correntes de ar quente são determinantes na precipitação e quantidade de chuvas ou estiagem

A frente quente

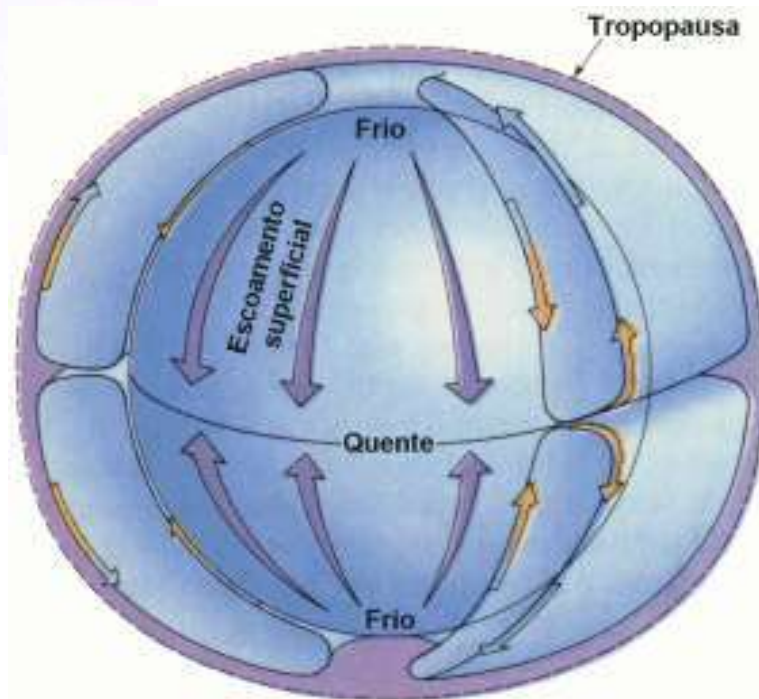
É formada pela ação dos ventos. Uma massa de ar quente ocupa o lugar de outra massa de ar frio. Em razão do atrito com o solo, a massa fria, mais pesada, reduz sua velocidade junto à superfície. A frente quente ascende e desliza por cima da massa fria com suave inclinação, gerando precipitações sobre o terreno em forma de chuva, chuveiro ou neve. Os ventos são relativamente suaves. Um dos primeiros indícios de uma frente quente é a presença de nuvens tipo cirro, cerca de 1.000 km a frente do centro de menor pressão. Depois se formam camadas de nuvens estratificadas, tais como cirros-estratos, alto-estratos e nimbo-estratos, ao mesmo tempo que cai a pressão.





Alísios e Contra-alísios

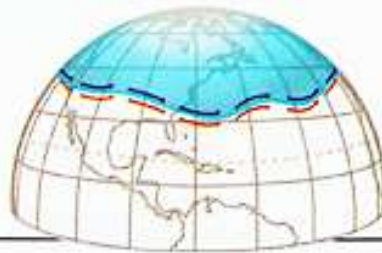
Ventos
predominantes
no globo



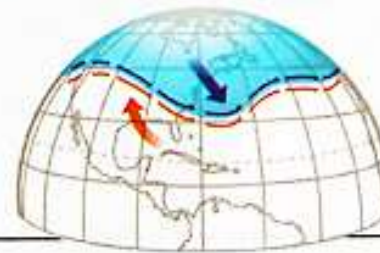
Ondas de Rossby

Nas correntes atmosféricas polares, situadas na parte superior da troposfera, ocorrem alterações estacionais chamadas ondas de Rossby. A dinâmica do sistema climático é afetada por essas ondas, que favorecem o intercâmbio de energia entre as baixas e as altas latitudes e até ocasionam a formação de ciclones.

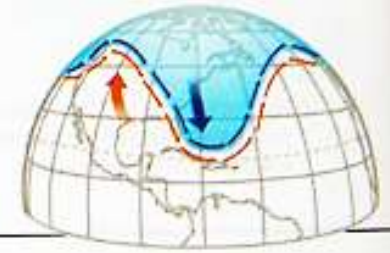
1 Uma onda longa de Rossby forma-se na corrente atmosférica na alta troposfera.



2 A força de Coriolis acentua a ondulação da corrente de ar polar.



3 A formação de um meandro de ar quente e frio pode originar ciclones.



A INFLUÊNCIA DOS VENTOS

MARÉS E FORÇA DE CORIOLIS

A força de Coriolis influencia o sentido dos ventos em cada hemisfério, determinando o deslocamento das correntes marítimas.

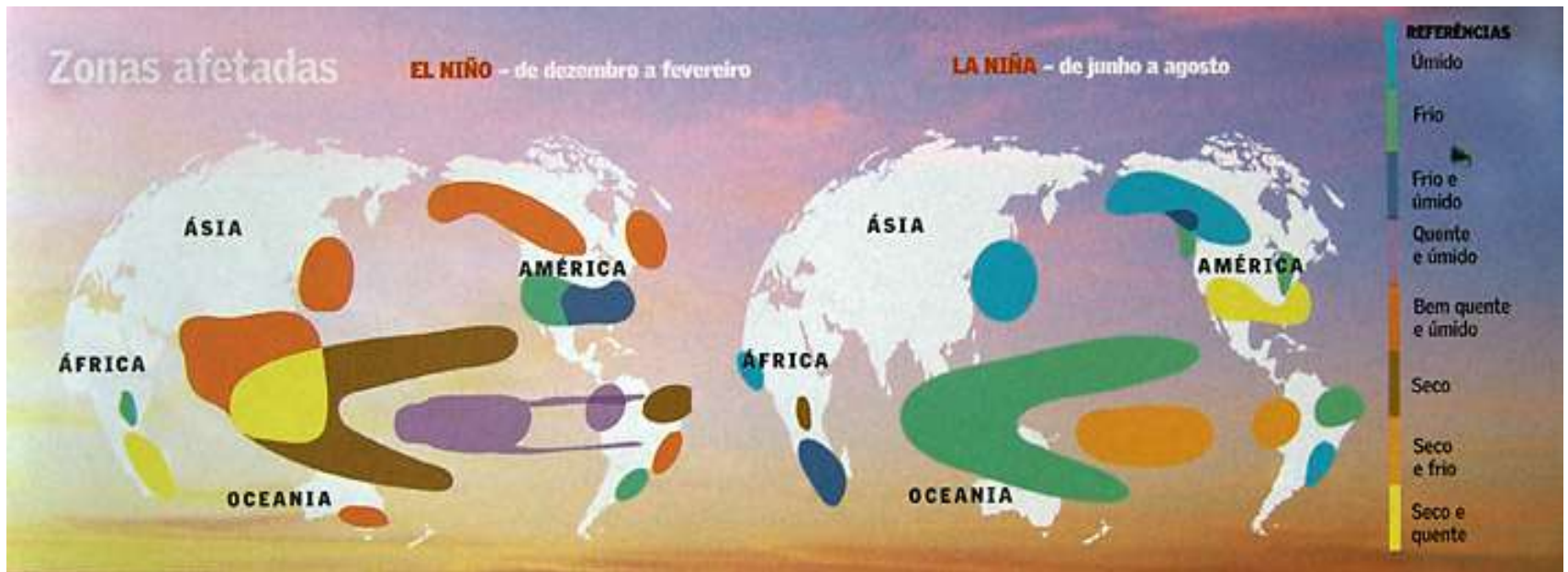


EQUILÍBRIO GEOSTRÓFICO

O desvio produzido pela força de Coriolis sobre as correntes marítimas é compensado por gradientes de pressão entre sistemas ciclônicos e anticiclônicos. Esse efeito é denominado equilíbrio geostrófico.



Ventos
predominantes
no globo



Pequenas variações podem causar grandes mudanças

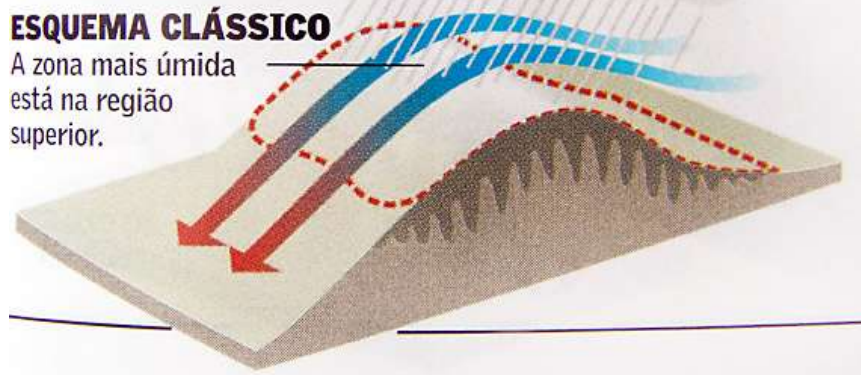
Fatores determinantes no clima

- Relevo ou altitude



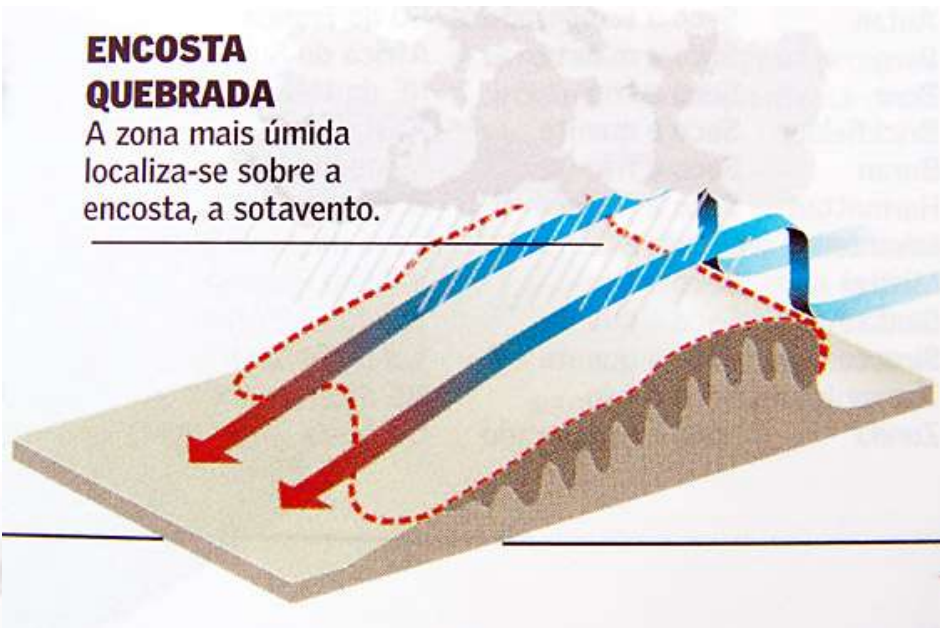
ESQUEMA CLÁSSICO

A zona mais úmida está na região superior.



ENCOSTA QUEBRADA

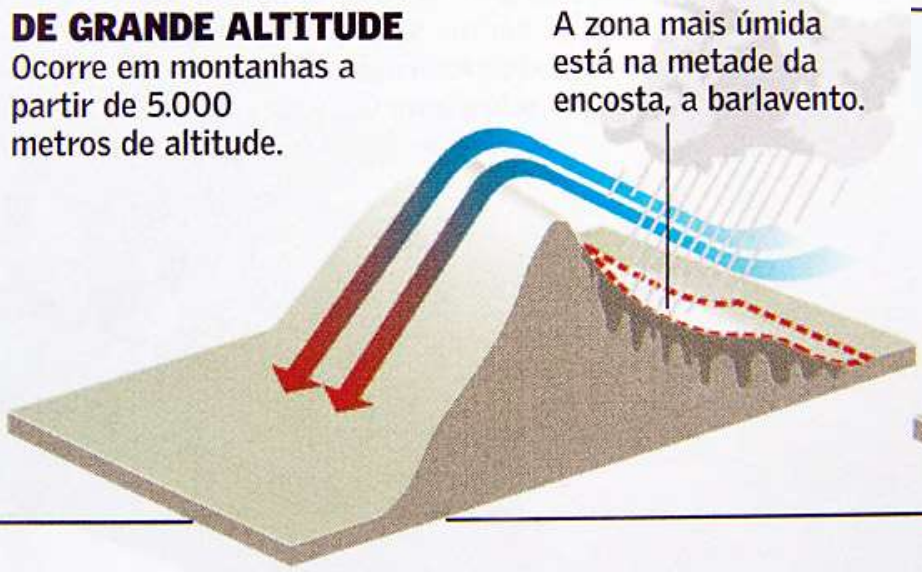
A zona mais úmida localiza-se sobre a encosta, a sotavento.



DE GRANDE ALTITUDE

Ocorre em montanhas a partir de 5.000 metros de altitude.

A zona mais úmida está na metade da encosta, a barlavento.



Influência do relevo na precipitação

É possível uma interação destes sistemas?

- A compreensão dos mecanismos do clima e os mecanismos da tectônica aponta **profundas influências**.
- A ação da tectônica nas esferas manto/crosta tem conseqüências na biosfera, hidrosfera e atmosfera
- Temperatura média atual 15 graus. Evidências geológicas apontam que já baixou 7 ou subiu 9 graus ao longo da história
- Estudo paleoclimáticos indicam esta interação ao longo da história da Terra



Simulação de paisagem no Proterozóico

Principais interações Tectônica x Clima

- Modificações em cadeias de montanhas
- Glaciações
- Fechamento e abertura de oceanos
- Vulcanismo
- Desertificação

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Milhões de anos	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	GLACIAÇÕES	OROGÊNESE	PALEOGEOGRAFIA			
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	Quaternário	Holocénico	,01	Faunas e floras actuais Primeiras manifestações de arte Sepulturas mais antigas		Orogenia alpina	 Elevação dos Himalaias Ligação das duas Américas Fecho e dessecação do Mediterrâneo			
			Plistocénico		Extinção dos mastodontes e dinotérios Aparecimento dos bois, cavalos e veados Primeiros utensílios de pedra						
		Neogénico	Pliocénico	1,8	Aparecimento dos homínidos						
			Miocénico	5,3							
		Paleogénico	Oligocénico	23,8	Primeiros proboscídeos Primeiros roedores Primeiros equídeos						
			Eocénico	34,6							
			Paleocénico	56							
	MESOZÓICO	Cretácico		65	Diversificação rápida dos mamíferos Primeiros primatas Últimos rudistas, amonites, belemnites, dinossauros, etc. Metatérios e eutérios diversificados		Orogenia alina				
				145	Primeiras angiospérmicas Primeiros rudistas						
			Jurássico	208	Primeiros teleosteos Aparecimento dos prototérios e térios Expansão das amonites Primeiras aves						
			Triásico	245	Répteis marinhos Primeiros dinossauros (saurisquianos e ornitiscuianos) Aparecimento dos hexacoralários Extinção dos trilobites, tetracoralários, goniatites, etc. Aparecimento dos holosteos						
	PALEOZÓICO	Pérmico		290	Aparecimento dos répteis		Orog. hercínica				
			Carbonífero	363	Últimos graptólitos Aparecimento dos anfíbios Primeiras gimnospérmicas Primeiros anonoides Últimos graptólóides						
		Devónico		409	Primeiras plantas e animais terrestres Primeiros peixes		Orogenia calcedónica	Acumulação dos "Old red sandstones"			
			Silúrico	439	Primeiros nautilóides						
		Ordovícico		510	Primeiros graptólitos Primeiros agnatas		Orogenia calcedónica				
			Câmbrico	544	Primeiros metazoários com esqueleto externo (trilobites, braquiópodes, equinodermes, moluscos, etc.) Fauna de Ediacara Reprodução sexual						
PROTEROZÓICO		Vendiano		1000	Primeiros depósitos de carvão (algas)	Orogenia alina	Orogenia alina	Constituição do Continente Rodínia			
				1400	Oxigénio livre na atmosfera						
				1800	Aparecimento de organismos eucariotas						
				2000	Instalação do grande filão do Zimbábue Organismos fotossintéticos Primeiros microrganismos (bactérias, cianobactérias)						
ARCAICO				2500	Primeiros vestígios de vida (estromatólitos)	Orogenia alina	Orogenia alina				
				3100	Final do bombardeamento meteórico e constituição das planícies lunares						
HADAICO				3500		Orogenia alina	Orogenia alina				
				4000							
				4600	Formação da Terra						

Relação de glaciações com orogenias e mudanças na conformação das placas

Erupções x temperatura global

- Cinzas e poeira impedem a passagem de luz calor e formam tempestades elétricas
- SO₂ reage com H₂O formando gotas de H₂SO₄
- As gotas refletem a luz do sol e diminuem a temperatura na superfície.
- Contribuem para aumentar o “buraco” na camada de ozônio facilitando a entrada de radiação UV

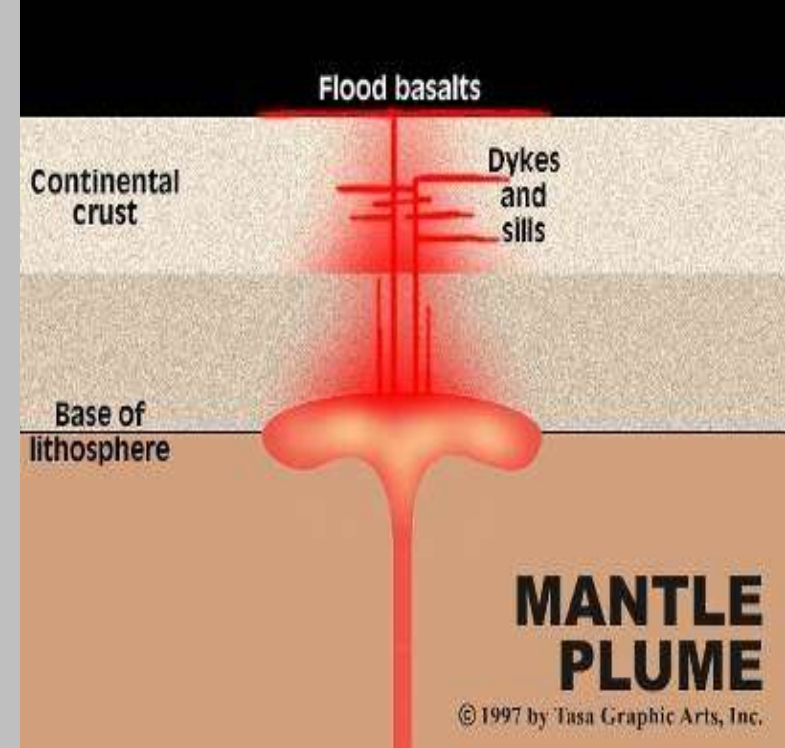


- O evento conhecido como Siberian Traps é a maior província basáltica do mundo
- Camadas de basalto com 2km na Sibéria
- Os gases emitidos neste vulcanismo teriam causado a extinção de 70% das espécies terrestres e 90% das espécies aquáticas



Vulcanismo do Permiano-Triássico

- Aumento brutal da produção de crosta
- Subida do nível do mar em 250 metros
- Elevação da temperatura média global em 10 graus
- Elevação substancial dos níveis de gás carbônico
- Formação de cadeia de montanhas controladas pela superpluma
- Extinção dos dinossauros?
- Deccan Traps – vulcanismo maciço Índia – Gerta Keller - Princeton



A superpluma
do cretáceo
médio



Monte Santa Helena – EUA, 1980 - 1 bilhão m³ de cinzas na atmosfera

Monte Tambora – Indonésia, 1815

- 150 km³ de cinzas na troposfera
- Coluna de cinzas e fumaça com 40km de altura.
- Chuva de cinzas em área de 500.000 km²
- Lançou 2 bilhões de toneladas de aerossol sulfúrico, provocando o “**Ano sem Verão**” e reduzindo 3 graus na temperatura global.

Krakatoa – Indonésia, 1883

- 19 km³ de cinzas na atmosfera.

Indonésia – 76 vulcões ativos com mais de mil erupções registradas



Pinatubo – Filipinas, 1991

- Reduziu 1 grau na temperatura global.
- O material lançado na atmosfera circundou o globo em três semanas e cobriu 42% do planeta dois meses depois da erupção.
- Inverno extremamente rigoroso na Nova Zelândia em 1992
- violentos ciclones em 1992, como o Andrew e o Iniki, nos EUA
- chuvas torrenciais que alagaram o meio-oeste dos Estados Unidos em 1993



Fluxo piroclástico – Pinatubo, 1991

- Monte Toba – há 75 mil anos – baixou 9 graus na temperatura global !!

10 das maiores erupções da história aconteceram no século XX

- Santa Maria – Guatemala – 1902
- Monte Pelee – Martinica – 1902
- Santa Helena – EUA – 1980
- El Chicón – México - 1982
- Nevado del Ruiz – Colômbia – 1985
- Pinatubo – Filipinas – 1991
- Kilawea – Havaí – 1993 até 1997
- Montserrat – Ilhas Sufrière – 1995
- Cerro Negro – Nicarágua - 1995
- Popocatépetl – México – 1997

O vulcanismo poderia ter influenciado no aquecimento registrado no século XX?



Estima-se que atualmente 550 vulcões
estejam em atividade no planeta



09/05/2010

Vulcão da Islândia prejudica tráfego aéreo europeu neste domingo

Após prejudicar voos na Espanha, em Portugal e na Itália, as cinzas procedentes do vulcão islandês Eyjafjallajökull se espalham pela Europa neste domingo, provocando o fechamento do espaço aéreo da Alemanha e da Áustria e ameaçando atingir outros países.



O nome do vulcão chamado **"Eyjafjallajökull"**, pode causar ainda mais problemas ao planeta. Segundo **Umberto Cordani**, professor do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da USP, a cortina de fumaça **pode diminuir a temperatura da Terra**.

<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/internacional/2010/04/16/vulcao.htm>



A nuvem de poeira do vulcão Eyjafjallajökull toma conta da Islândia

“Nas grandes explosões vulcânicas, os fragmentos sólidos do material vulcânico (cinzas vulcânicas) e gases podem ser lançados a grandes altitudes, na estratosfera e, dependendo de sua constituição e quantidade, podem interferir na radiação solar, impedindo que boa parte dela atinja a superfície da Terra”, explica Cordani.



Desequilíbrios podem gerar desertificação ou secas excepcionais em locais de clima normal.



Civilization exist by geologic
consent – subject to changes
whitout notice!

Will Durant

Para saber mais...

- *Scientific American* – As formas mutantes da Terra – Ed. Especial. N.20 – 2007.
- *The mid-cretaceous superplume, carbon dioxide and global warming*. Ken Caldera, e Michael Rampino. *Geophysical Research Letters* vol 18, n.6 - 1991.
- Decifrando a Terra - Teixeira, Toledo, Fairchild & Taioli – Ed.Oficina de Textos
- Para Entender a Terra - Press, Siever, Grotzinger e Jordan – Ed. Bookman