

GEOTECTÔNICA TECTÔNICA GLOBAL

Prof. Eduardo Salamuni

**AULA 4: FUNDAMENTOS
CONCEITUAIS: AS HIPÓTESES QUE
ORIGINARAM A TEORIA DA
TECTÔNICA DE PLACAS**

CRONOLOGIA DE UM NOVO PARADIGMA

1. Introdução

- A teoria da Placas acha-se fundamentada em grande volume de dados, de diversos campos das Ciências, e em todas as escalas de observação.
- Destacam-se os dados sobre anomalias magnéticas e sismos naturais.
- Três hipóteses deram origem, efetivamente, à Teoria das Placas:

Deriva continental

Expansão do fundo oceânico (anomalias magnéticas)

Mapeamento dos hipocentros de sismos naturais

2. CRONOLOGIA DO CONHECIMENTO QUE EMBASA A TEORIA E O NOVO PARADIGMA

- 1596** - O holandês **Abraham Ortelius** postulou que os continentes não estiveram sempre nas suas posições atuais, sugerindo que as Américas "foram rasgadas e afastadas da Europa e África por terremotos e inundações".
- 1620** - Obra *Novum Organum* (**Francis Bacon**), sugere ajuste entre a América do Sul e a África.
- 1666** - Obra *La Corruption du gran et petit Monde* (**François Placet**), postula separação de terras, unidas antes do Dilúvio, devido ao afundamento da Atlântida.
- 1801** - **Alexander Humboldt** concluiu que o oceano Atlântico correspondia a um extenso vale invadido pelas águas oceânicas, sugerindo a separação dos continentes.

1858 - Na obra *La création et ses mystères dévoilés* **Antonio Snider-Pellegrini** sugere que os continentes se concentraram em um só lado da Terra após seu resfriamento, cuja instabilidade só se equilibrou, após o dilúvio, por extensas fraturas e separação das Américas do Velho Mundo.

1879 - Na obra *Physics of the Earth's crust* **Osmond Fisher** sugere que a Lua, surgindo da Terra, gerou uma grande cicatriz no Pacífico; a crosta resfriada, se fragmentaria e deslocaria lateralmente, por meio da fluidez do interior da Terra, cujas correntes de convecção ascendiam debaixo dos oceanos e desciam sobre os continentes.

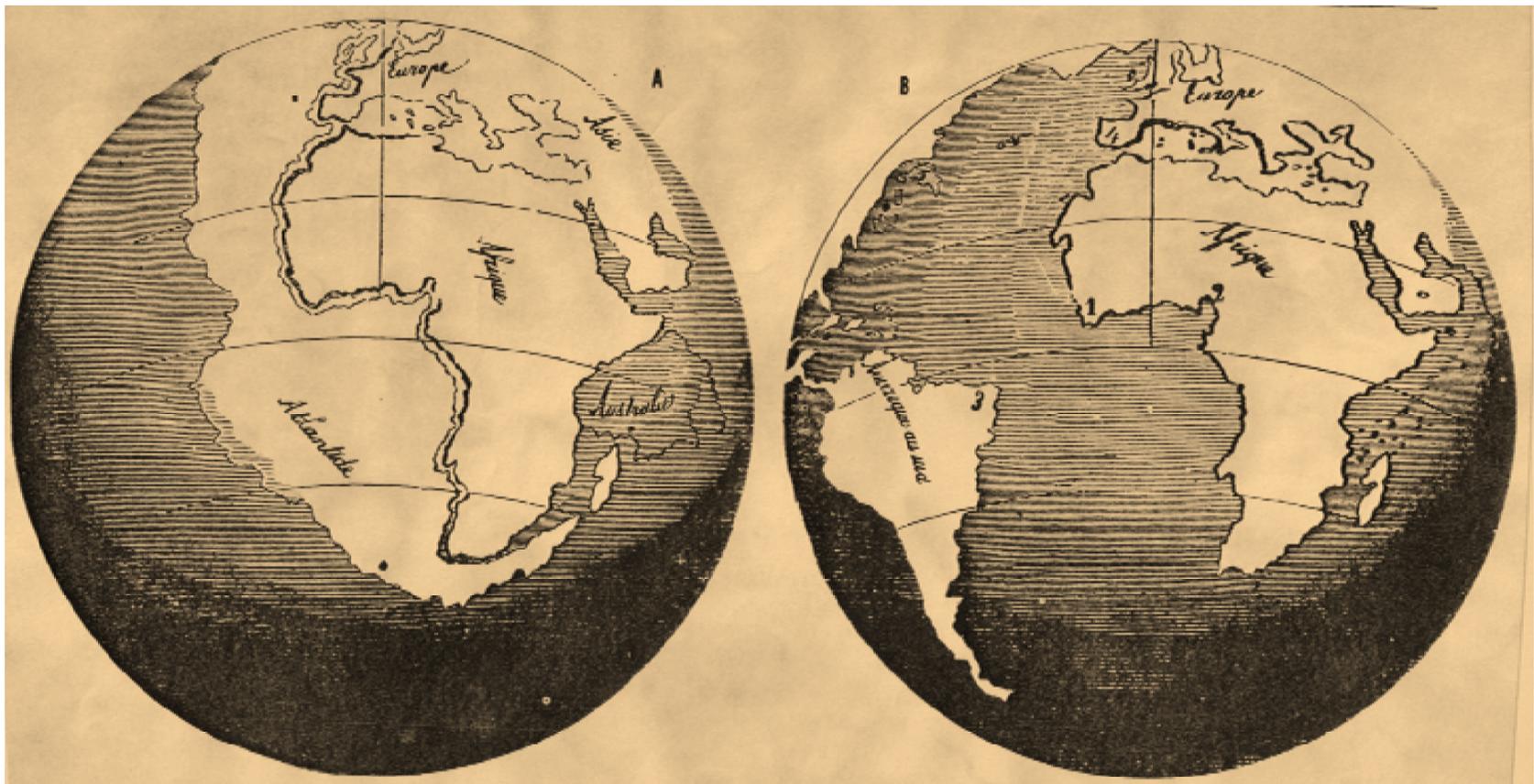
1910 - Em sua monografia, **Taylor** correlacionou feições geológicas e geomorfológicas entre os continentes, os quais se deslocariam de altas para baixas latitudes pelo movimento de rotação da Terra.

- 1912-1915** - Teoria da Deriva Continental (**Wegener**)
- 1915-1930** - Debates e contestações
(1930 - Morte de Wegener na Groenlândia)
- 1930-1950** - Teoria abandonada nos EUA
- 1950-1960** - Reavivamento da teoria
Exploração do assoalho oceânico (**Bullard**)
"Magnetismo fóssil" nas rochas (**Blackett**)
Deriva polar (**Runcorn**)
- 1960-1962** - Espalhamento do assoalho oceânico (**Dietz, Hess** → *Geopoetry*)
- 1963** - Anomalias magnéticas oceânicas (**Matthews**)
associadas aos derrames vulcânicos (**Vine**)

- 1963-1966** - Reversões do campo magnético (**Cox**)
Datação de derrames continentais
Datação de sedimentos marinhos
- 1965-1966** - Falhas transformantes
Distribuição de terremotos
- 1967-1968** - Surge a teoria da TECTÔNICA DE PLACAS
(**Dietz, Hess**) incorporando o espalhamento do assoalho oceânico e as idéias de deriva continental
- 1968-1970** - *Deep Sea Drilling Project Glomar*
(Geopoetry → Geofact Challenger)

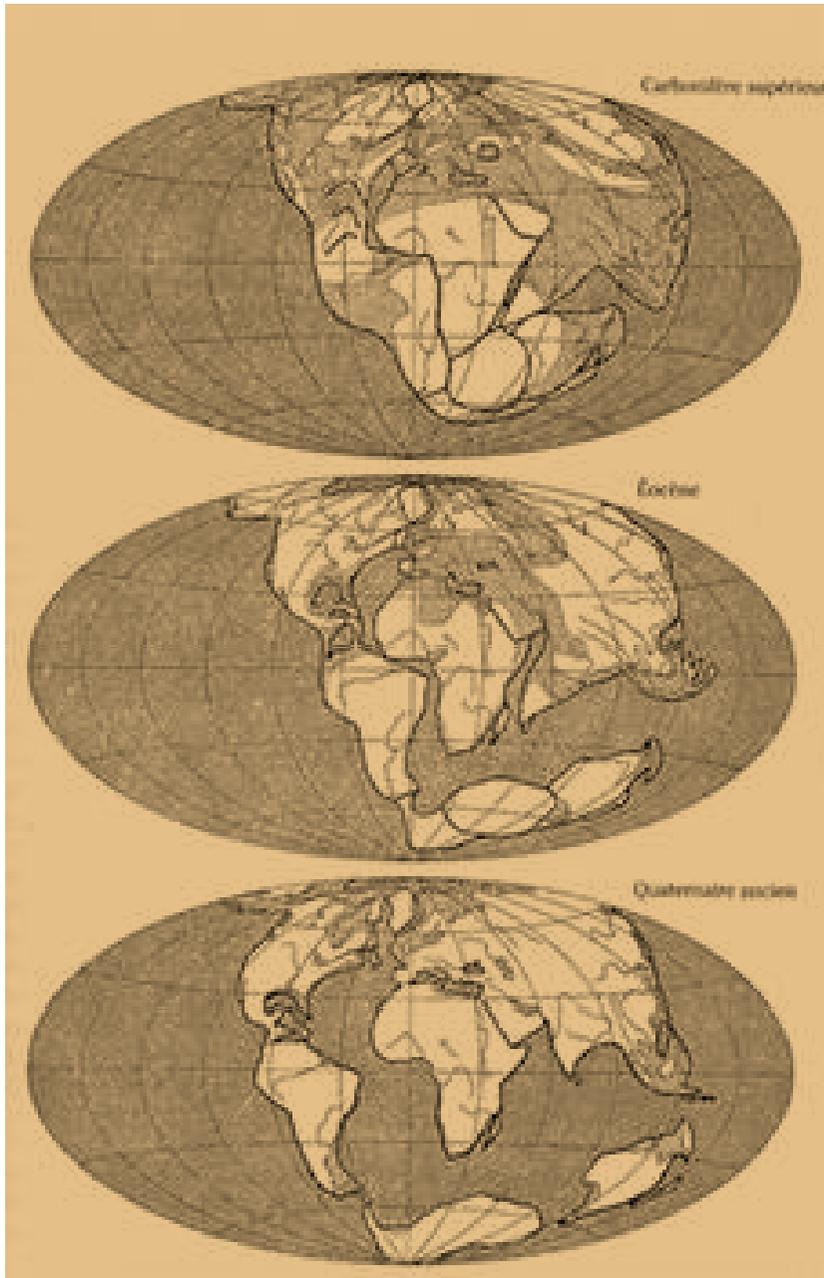
PRIMEIRA HIPÓTESE: DERIVA CONTINENTAL

- Desde a metade do século 19 já se tinha a intuição de que os continentes deviam mover-se entre si.
- Alfred Wegener (1915), no livro *Origin of Continents and Oceans*, supôs que os continentes migram uns em relação aos outros. Estava criada a Hipótese da Deriva Continental.
- Wegener baseou-se em informações precisas tais como:
 - (a) paleoclima: reconstrução de antigas zonas climáticas
paleontologia
 - (b) ajuste geométrico das margens dos continentes
 - (c) correspondência estratigráfica, litológica e estrutural.



Modelo do globo terrestre de Antonio Snider (1858): (A) antes da separação (B) após a separação

- Wegener propôs a denominação de **PANGEA** para o super continente que existia antes do início da deriva continental.
- Pangea foi formado por dois outros ambientes paleotectônicos: **Laurásia** (hemisfério norte) e **Gondwana** (hemisfério sul).
- Fragmentou-se em continentes meridionais, movendo-se para oeste ou para o equador ou em ambas as direções simultaneamente.
- Houve reação contrária por parte da comunidade geocientífica, principalmente dos geofísicos, em função da falta de evidências conclusivas.

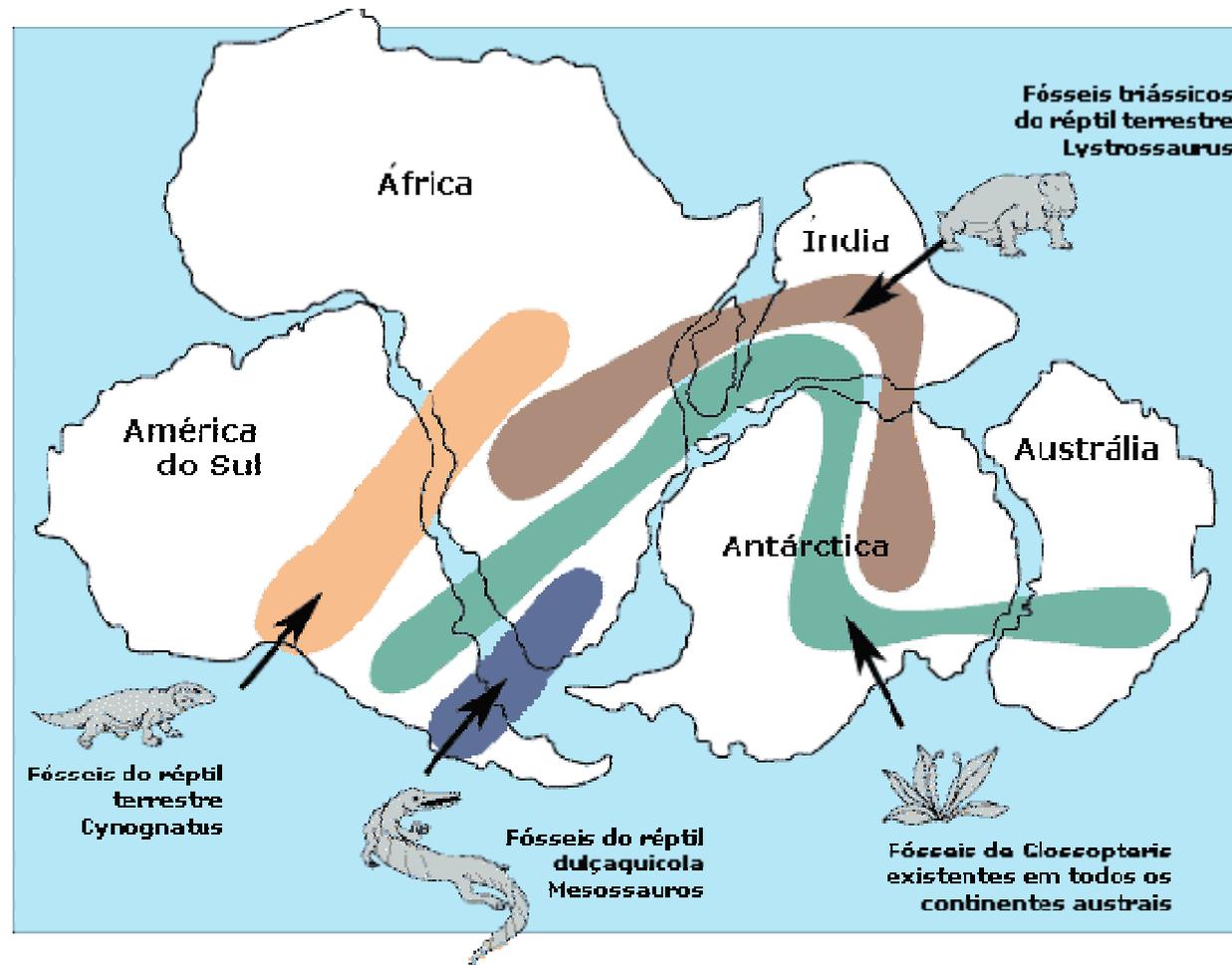


Reconstituição da deriva
dos continentes segundo
Alfred Wegner

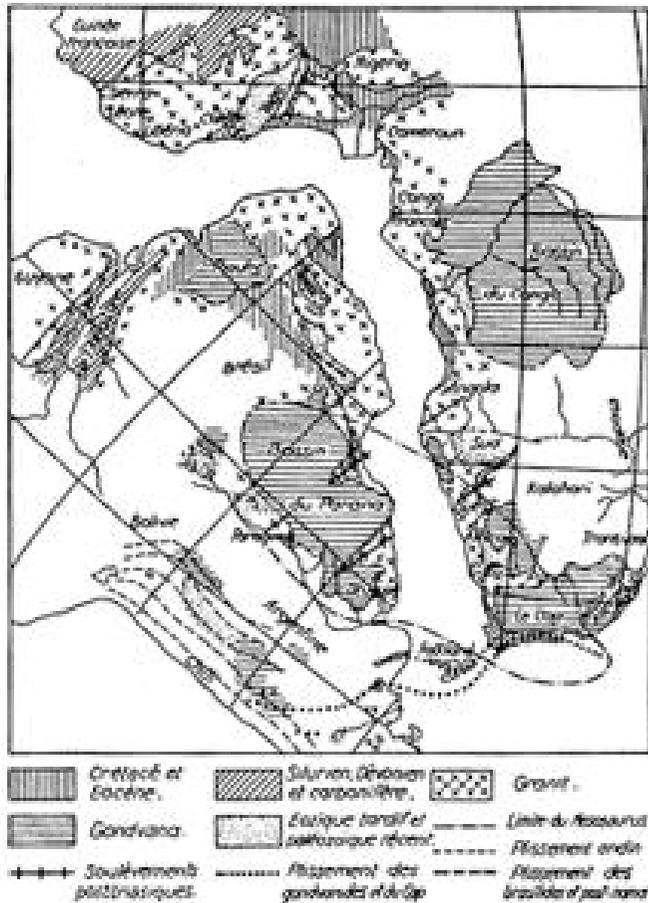
Fonte: *The Origin of Continents
and Oceans*, 1922, New York,
Dover Publications).

- A Hipótese da Deriva Continental só foi considerada novamente na década de 60. Os novos argumentos foram:

- (a) notáveis semelhanças entre rochas da Bacia do Paraná e a Bacia do Karoo (centro-oeste da África), similaridades entre faixas móveis proterozóicas (Cinturão Ribeira e o Cinturão Damara) e rochas antigas do Craton Sul-Americano e regiões cratônicas sul-africanas.
- (b) ajuste das bordas continentais não só ao nível da superfície mas principalmente ao nível das plataformas continentais.
- (c) notáveis semelhanças paleontológicas tanto em termos de fauna como de flora, que revelam mesmo paleoclima.
- (d) magnetismo fóssil: alguns litotipos se magnetizam no momento de sua formação, preservando um registro fóssil da direção do campo magnético da terra, quando se formaram. Há uma aparente trajetória de “deriva” polar (rochas com diferentes idades num mesmo continente).



Evidências paleontológicas: distribuições contínuas por vários continentes de quatro tipos de fósseis constituíram argumentos paleontológicos que Wegener apresentou em sua teoria (adaptado de Kious e Tilling, USGS)

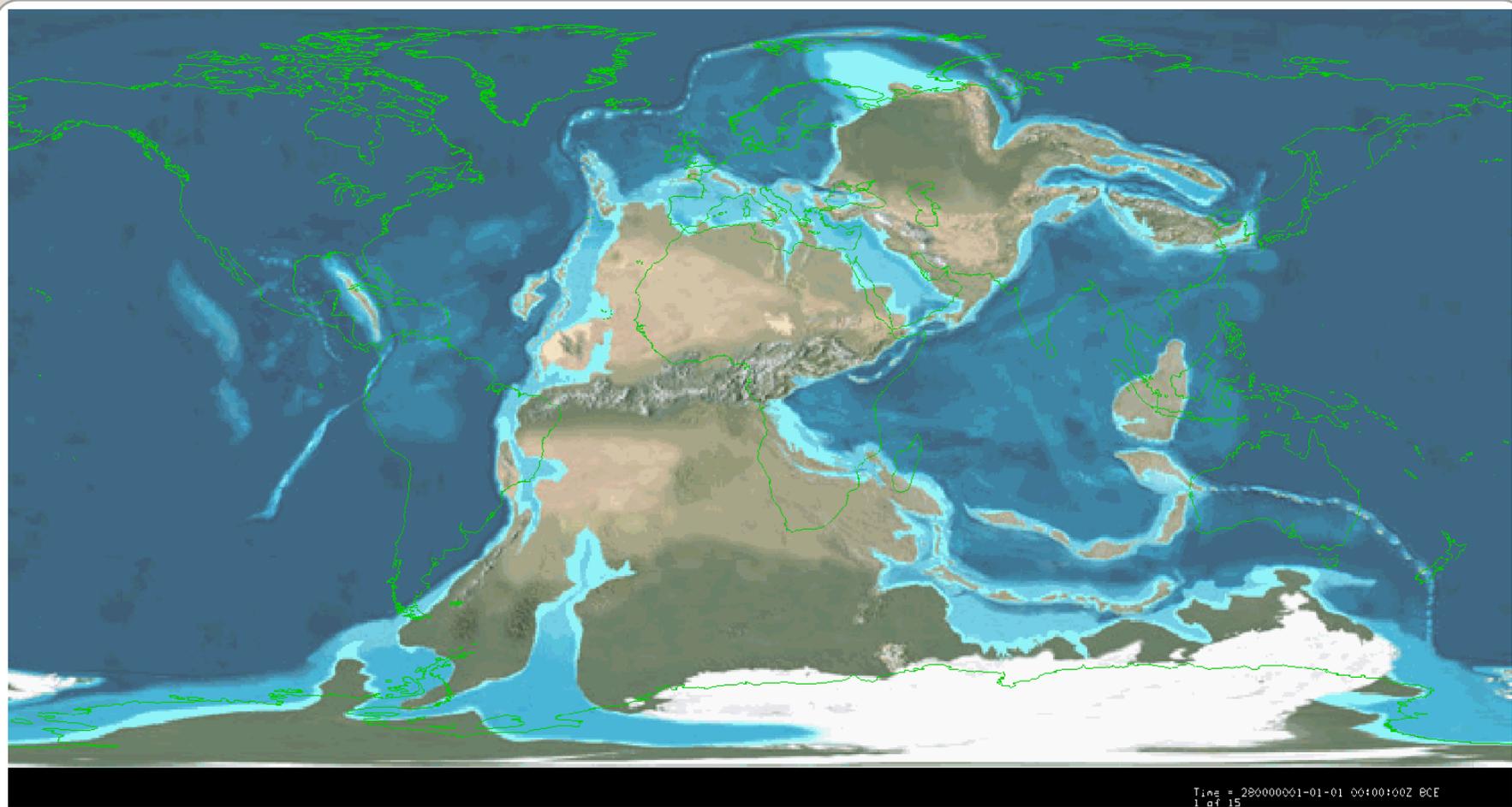


Continuidade de estruturas geológicas entre América do Sul e África, segundo Alexandre Du Toit (1927), geólogo sul-africano



Evidências crono-estratigráficas

- As mudanças de posição do campo magnético não são significativas: são as rochas que se movem em relação ao eixo magnético, deduzindo-se que há movimentação continental em relação ao Pólo.
- O paleomagnetismo pode ser comprovado no planalto do Decão (Índia), constituído por derrames de lava com idades de até 180 ma.
- O registro da magnetização possível nestas lavas fornece taxa de movimento da Índia de uma posição perto da latitude 45° , para sua posição atual no hemisfério norte.



Configuração dos continentes há 280 ma ([movimento 1](#))

SEGUNDA HIPÓTESE: EXPANSÃO DO FUNDO OCEÂNICO E AS ANOMALIAS MAGNÉTICAS

1. Expansão do Fundo Oceânico

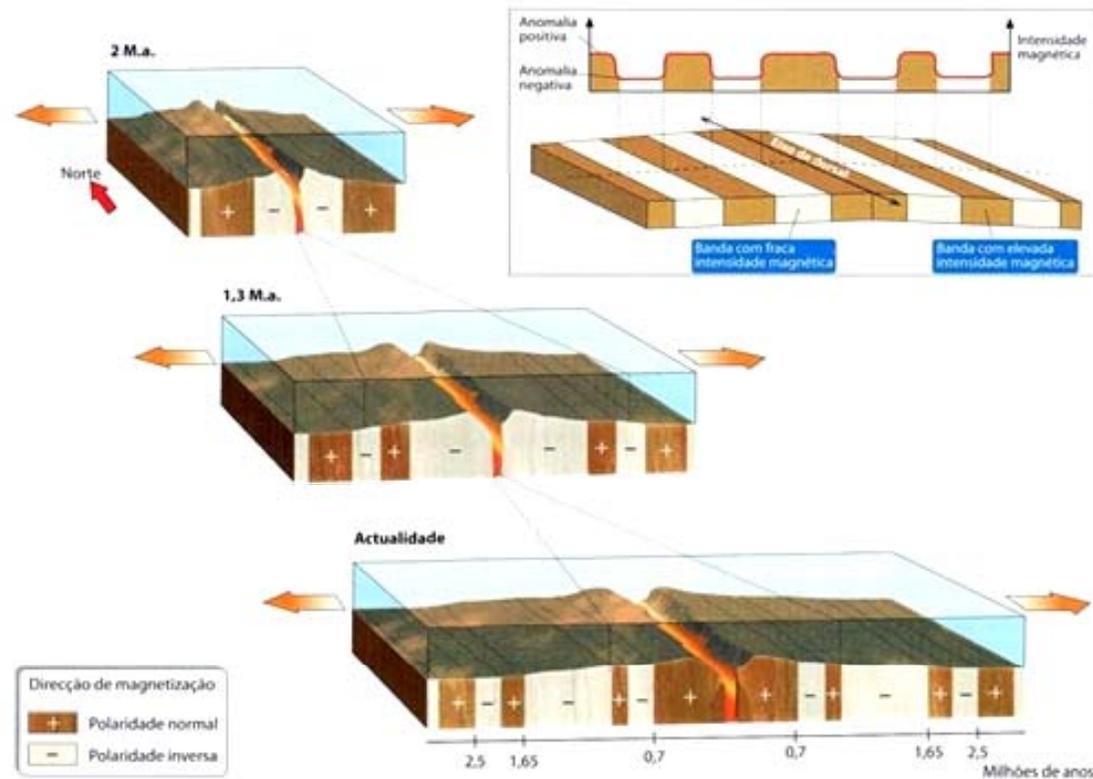
- No artigo "*A História das Bacias Oceânicas*" Harry Hess (1962) lança a idéia da expansão do fundo oceânico.
- A hipótese do autor foi embasada nas explicações para as seguintes questões levantadas pela batimetria do fundo oceânico realizadas para a 2ª Guerra Mundial:
 - (a) ausência de rochas oceânicas muito antigas (nunca mais velhas que aquelas do Mesozóico).
 - (b) a pouca espessura dos sedimentos no assoalho oceânico.

- **Hess** foi chamado de "geopoeta" e sua proposta foi sarcasticamente apelidada de geopoesia.
- **Dietz**, conhecendo as idéias de Hess, publicou artigo com idéias semelhantes. Cunhou o termo "crescimento do assoalho oceânico" e determinou que a entidade que se desloca lateralmente não é a crosta oceânica mas uma camada denominada de "**litosfera**".
- Esta idéia é central para a Teoria da Tectônica de Placas.
- **John Tuzo Wilson** (1965), defensor da teoria de expansão e contração do planeta, ao estudar o crescimento da crosta oceânica na Islândia comprovou a hipótese da expansão do assoalho oceânico.
- Wilson propôs um ciclo de surgimento e destruição da crosta oceânica, que foi denominado de **Ciclo de Wilson**.

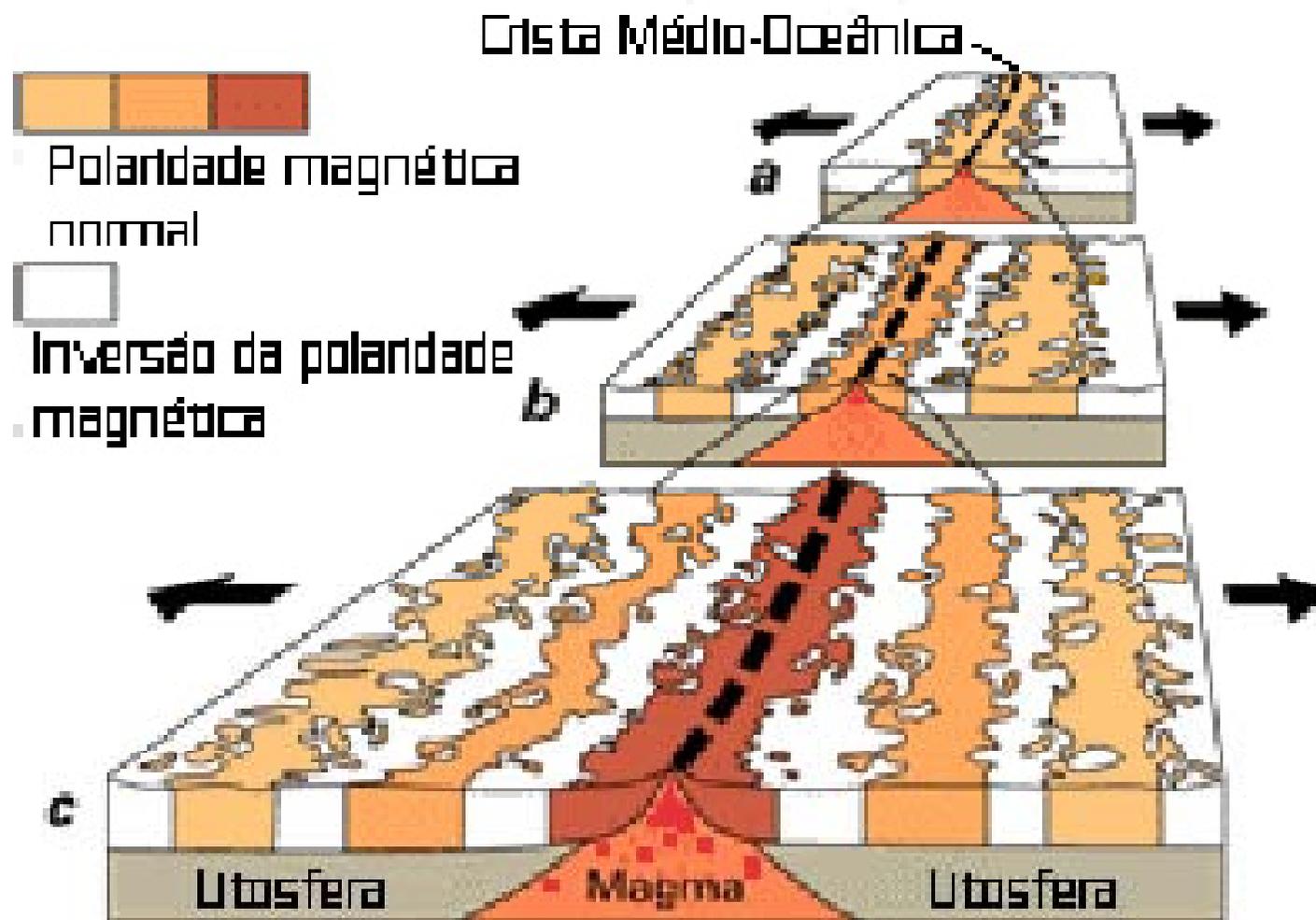
2. Anomalias Magnéticas e o Padrão Zebrado da Crosta Oceânica

- **F.J.Vine e D.H. Matthews** (1963) publicaram na NATURE artigo que revolucionou a geologia. Apontaram que as linearidades das anomalias magnéticas eram o resultado de magnetização alternada de faixas da crosta oceânica em direções opostas, em decorrência da inversão do campo magnético terrestre.
- Os autores reuniram a linearidade das anomalias, a inversão de polaridade e a expansão do fundo oceânico elaborando um modelo. Explicaram que o efeito de inversão de polaridade nas direções de magnetização da nova crosta oceânica, é caracterizada na dorsal por expansão do fundo oceânico.

- A alternância da polaridade gera faixas magnéticas que ficam impressas na crosta oceânica como em um “gravador”. As faixas de rochas, diferentemente magnetizadas, produzem anomalias em bandas paralelas ao centro de emissão.



Polaridade magnética das rochas dos fundos oceânicos

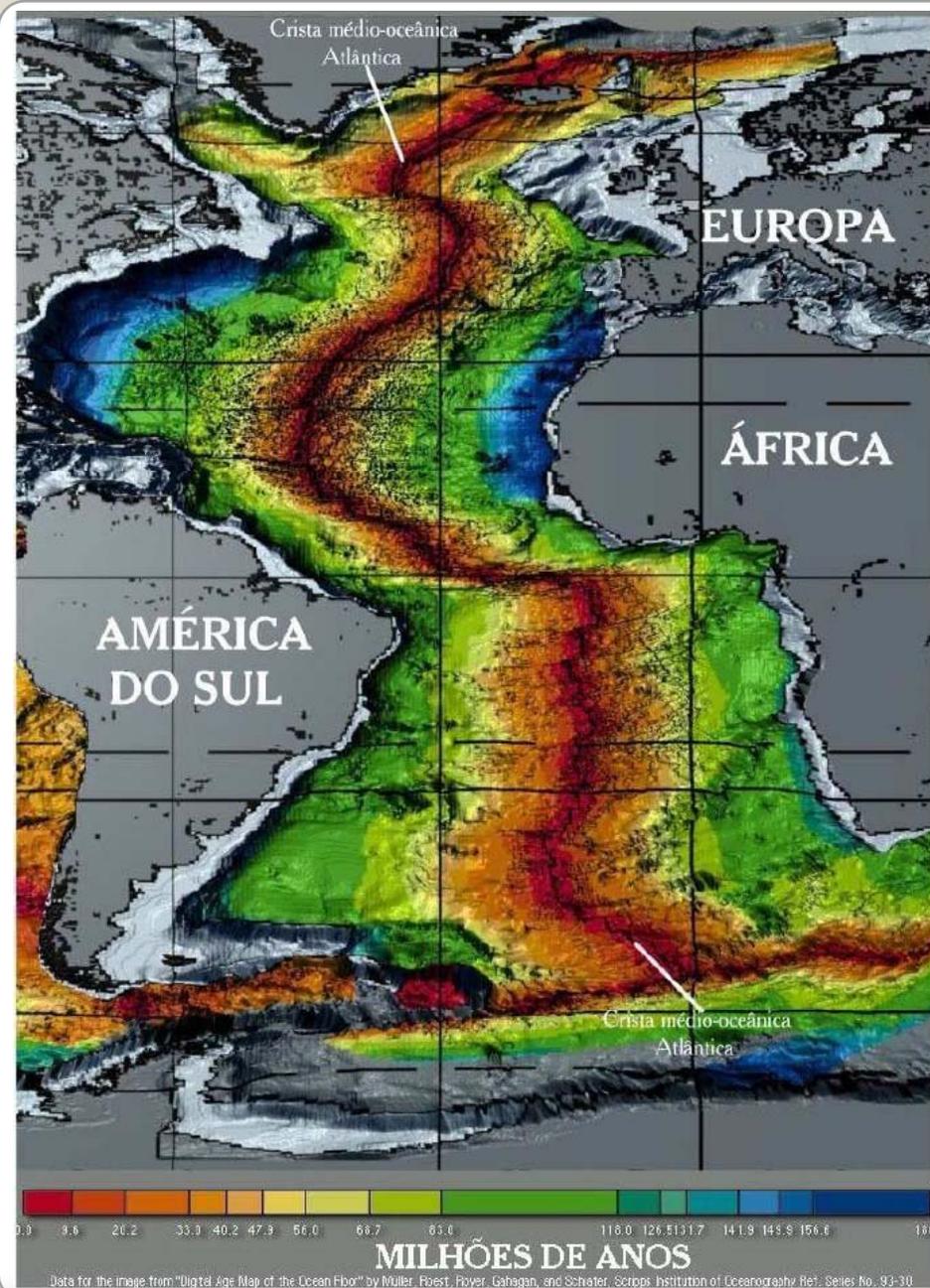


Detalhe da inversão de polaridade magnética das rochas dos fundos oceânicos

- Os aspectos fundamentais do modelo de VINE e MATTHEWS são:

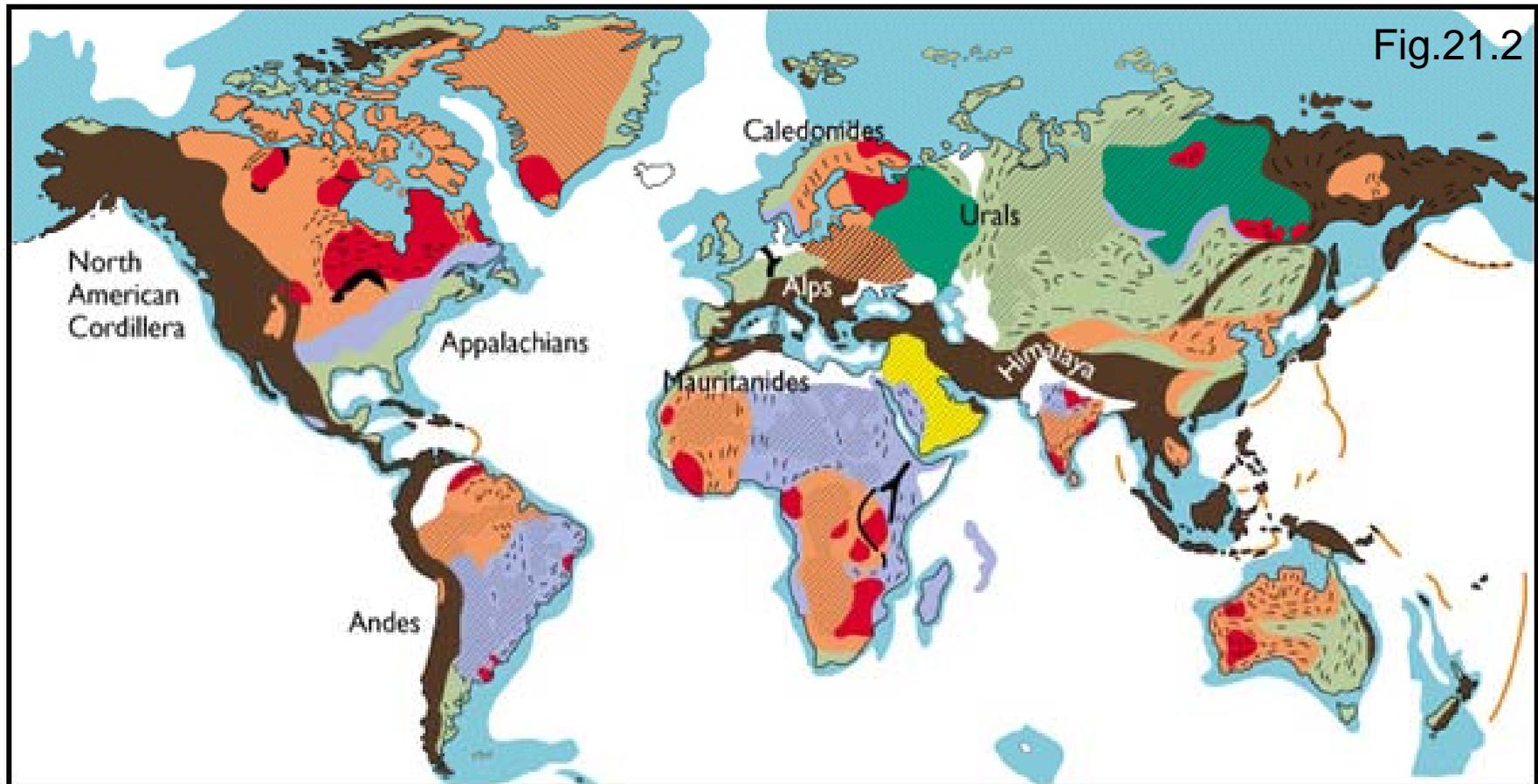
- (a) o perfil é simétrico em relação ao centro da linha de emissão; inversões de polaridade estão registradas em "estéreo" na "tela transportadora"
- (b) as anomalias lineares tal como se apresentam em mapas são paralelas ao centro emissor
- (c) o tamanho e a forma de cada anomalia varia segundo a largura dos blocos magnetizados situados abaixo

- As anomalias magnéticas das dorsais e dos fundos oceânicos apresentam as seguintes características fundamentais:
 - (a)** são lineares e alternadamente normais e reversas
 - (b)** apresentam distribuições em geral simétrica em relação ao rifte da dorsal
 - (c)** estão deslocadas nas zonas transformantes
 - (d)** refletem épocas de reversão polar (época Brunhes: normal/0-690 mil anos; Matuyama: reversa/690-1610 mil anos; Gauss: normal/1610-3320 mil anos etc.)
 - (e)** correspondem a acresções verticais sucessivas
 - (f)** permitem determinar a direção da expansão do fundo oceânico e sua velocidade (em função de suas larguras e orientação)



Esquema mostrando a idade da crosta oceânica da Bacia Atlântica: em vermelho idades que variam de 0 a 3,5 Ma e em azul idades que variam de 150 a 190 Ma.

Idade da crosta continental, para comparação com a idade da crosta oceânica



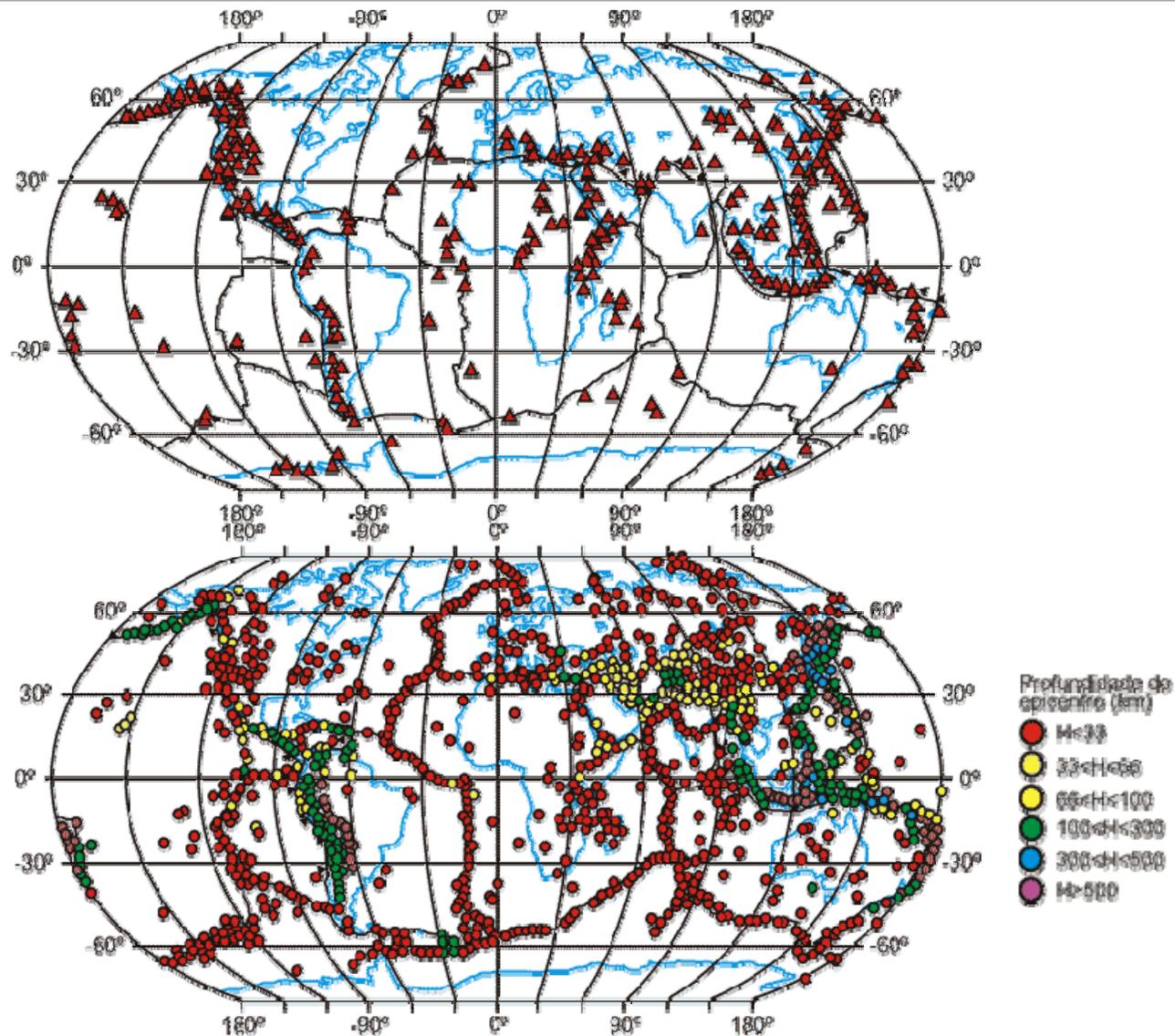
Áreas azuis claras marcam a crosta continental submersa

Time span (billions of years ago)

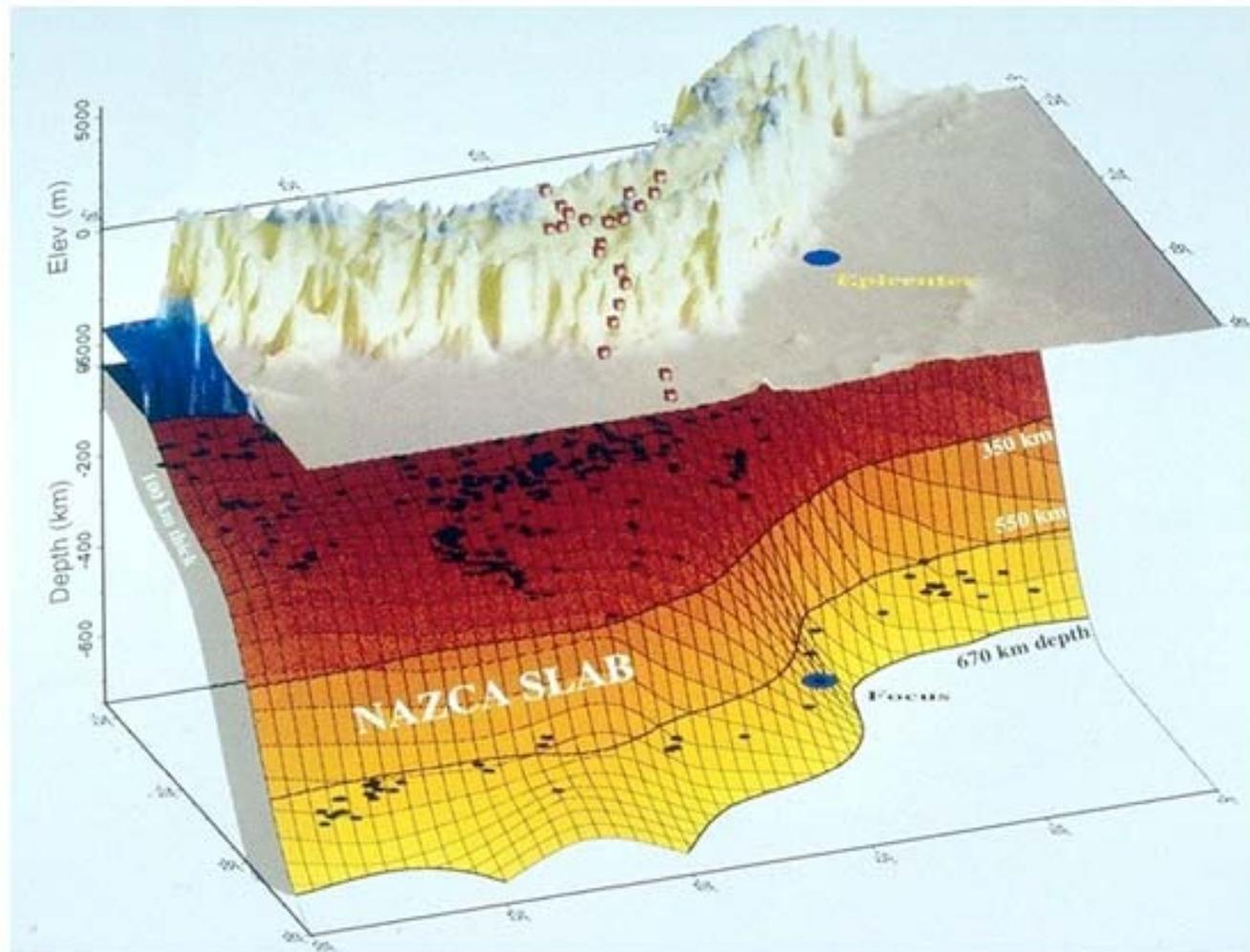


• TERCEIRA HIPÓTESE: DISTRIBUIÇÃO DOS HIPOCENTROS E ZONAS SÍSMICAS

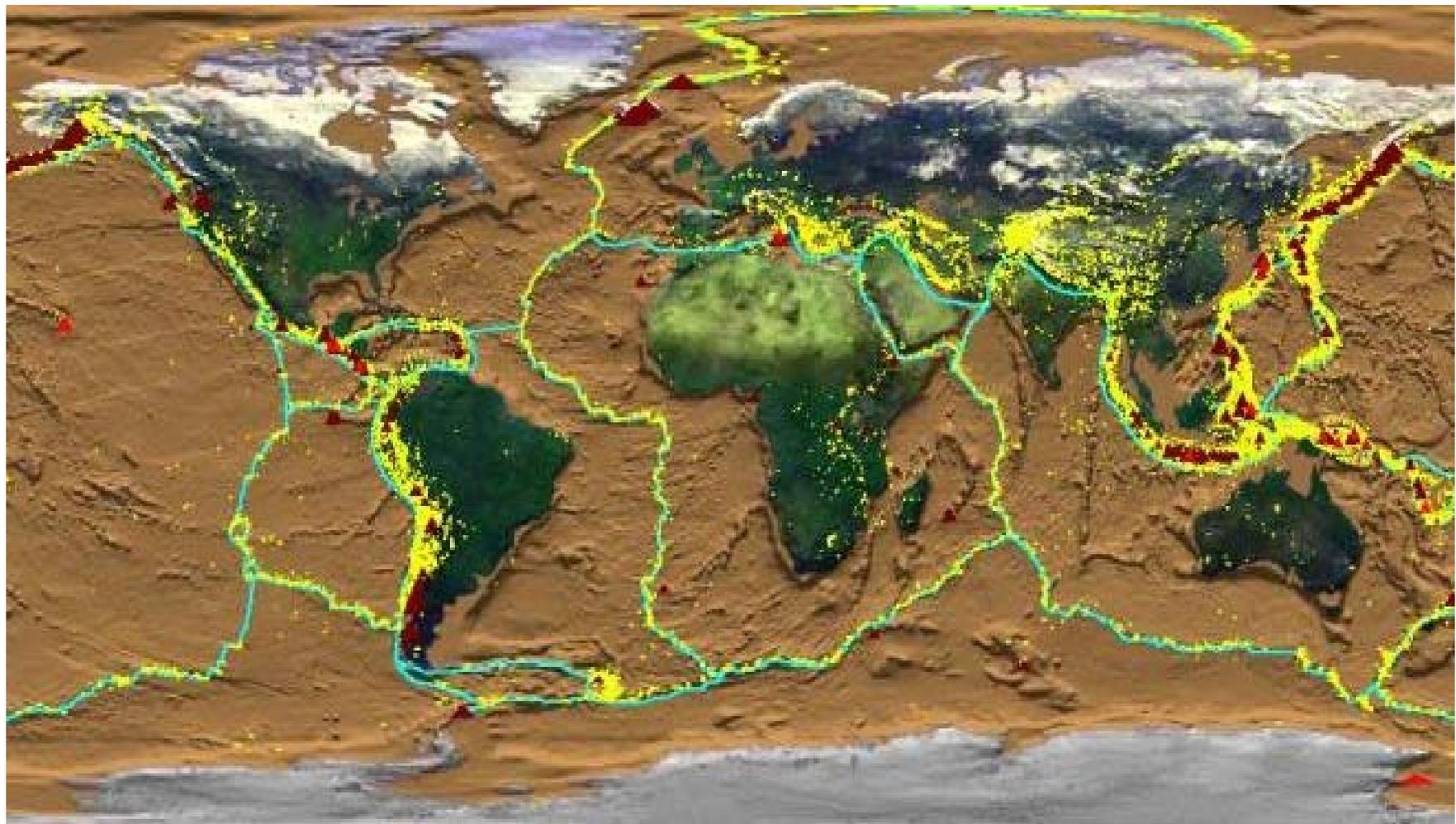
- Pesquisas sismológicas descobriram a concentração de hipocentros mergulham gradativamente sob as bordas de grandes placas litosféricas.
- Isto baseou a hipótese de que parte da crosta oceânica (*simática*) é que ocasionava os tremores ao mergulhar sob as placas continentais (*siática*).
- A este mergulho foi dado o nome de **subducção**. Nas áreas onde se previa a subducção, ocorre a grande maioria dos vulcões ativos e zonas de atividade magmática intermitente.



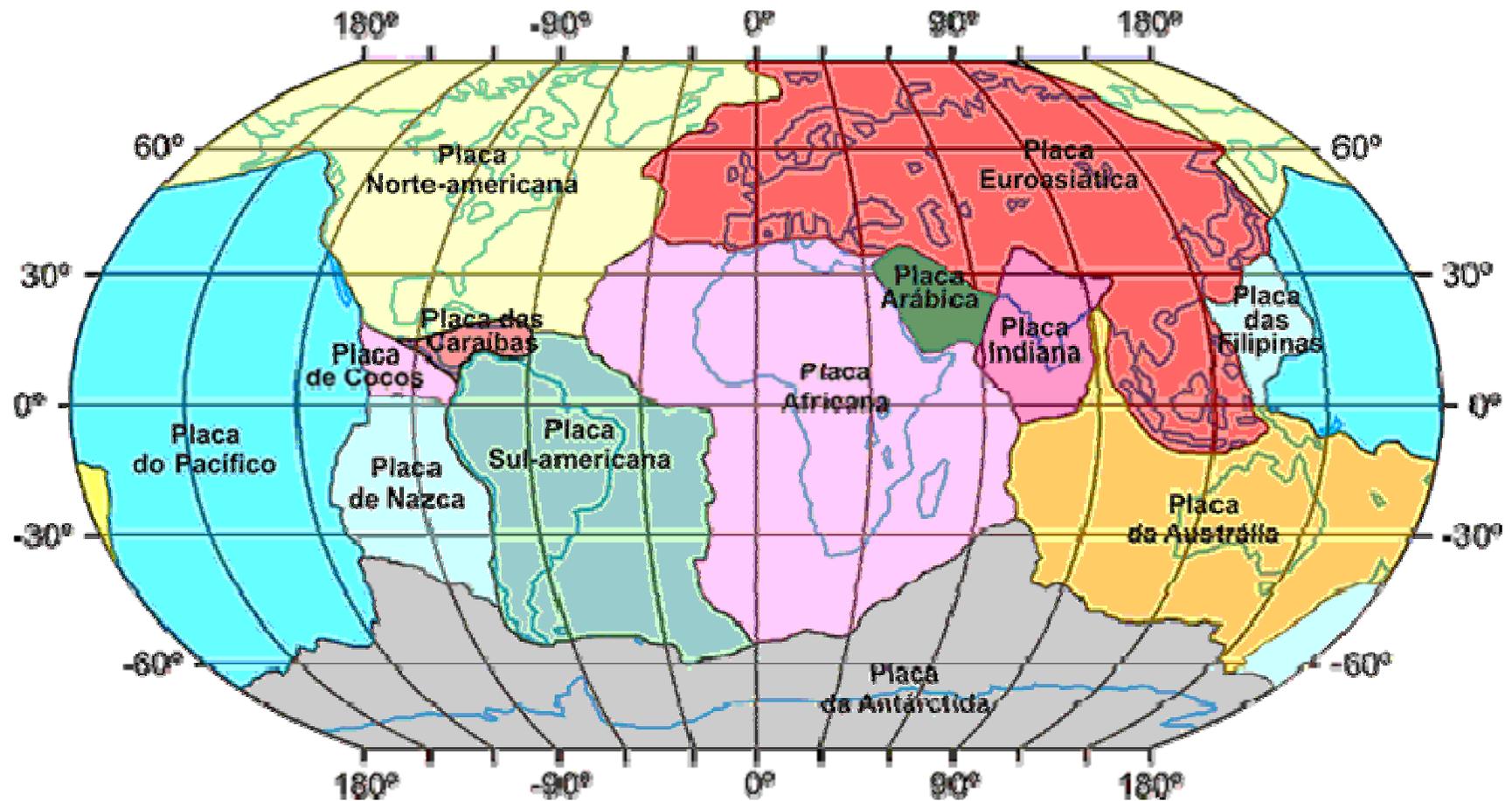
Distribuição dos (a) vulcões e (b) dos sismos entre 1965 e 1995 (adaptado de Ammon, C., 2001).



Zona sísmica na região do encontro das placas de Nazca e Sulamericana, grandes expressões geomórficas em zonas de subducção.



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



Limites das placas litosféricas na superfície

- Características destas zonas, onde ocorrem a grande parte dos hipocentros:

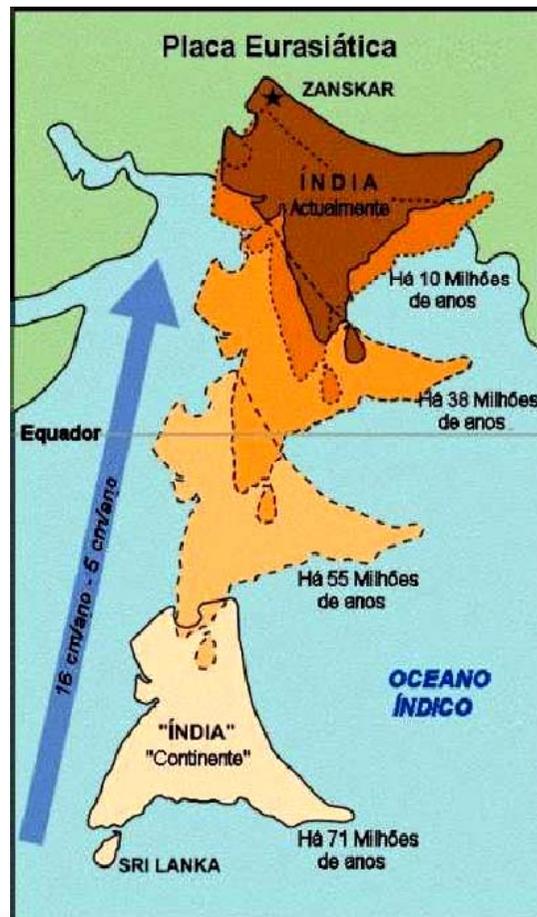
(a) hipocentros de média a grande profundidade (100-700 Km) relacionam-se em geral a zonas de Benioff.

(b) hipocentros rasos (menos de 100 Km) associam-se aos riftes das dorsais, às zonas transformantes, à faixa orogênica Alpes-Himalaia, a algumas zonas intraplaca e às zonas de Benioff (nestas, com grande dispersão quando envolve margem continental ativa).

(c) a distribuição dos epicentros, pela soluções de planos nodais e mecanismos focais, permite definir os limites das placas e seus tipos.

(d) As placas possuem velocidade de até 9 cm/ano deslocando-se sobre o substrato mantélico.

(e) As velocidades são determinadas por vários critérios (p. ex, considerando as idades e larguras das faixas magnéticas) e recentemente pelas medições de pontos georeferenciados por métodos geodésicos utilizando-se GPS.



Exemplo de deslocamento de placa (ou microplaca): deriva para Norte, do "Continente Indiano", entre 70 Ma e 55 Ma (colisão com a Eurásia e posição atual). Há rotação anti-horária, simultânea com o deslocamento.

Fonte: www.usgs.org
(modificada)