

Deriva Continental e Tectônica de Placas

**Prof. Dr. Eder C. Molina
IAGUSP**

<http://www.iag.usp.br/~eder/deriv.ppt>

Deriva Continental e Tectônica de Placas

A teoria da tectônica de placas é muito recente, e tem trazido grande ajuda na compreensão dos fenômenos observados na Terra.

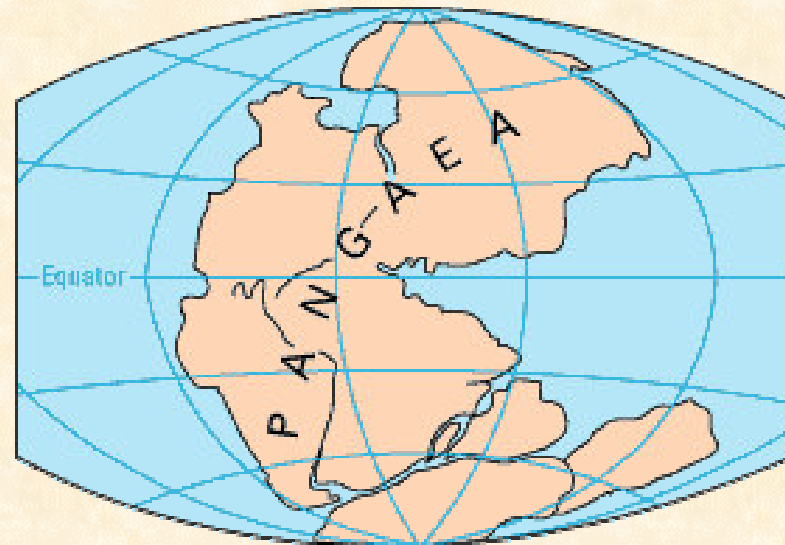
Abraham Ortelius, um elaborador de mapas, em 1596, sugeria que as Américas tinham sido separadas da Europa e da África por terremotos e enchentes.

Ortelius afirmava que este fato era evidente se fosse elaborado um mapa com a junção destes continentes, verificando-se a coerência entre as linhas de costa.



Alfred Wegener

Em 1912, Alfred Wegener, um meteorologista alemão, aos 32 anos de idade, propunha a teoria da DERIVA CONTINENTAL.

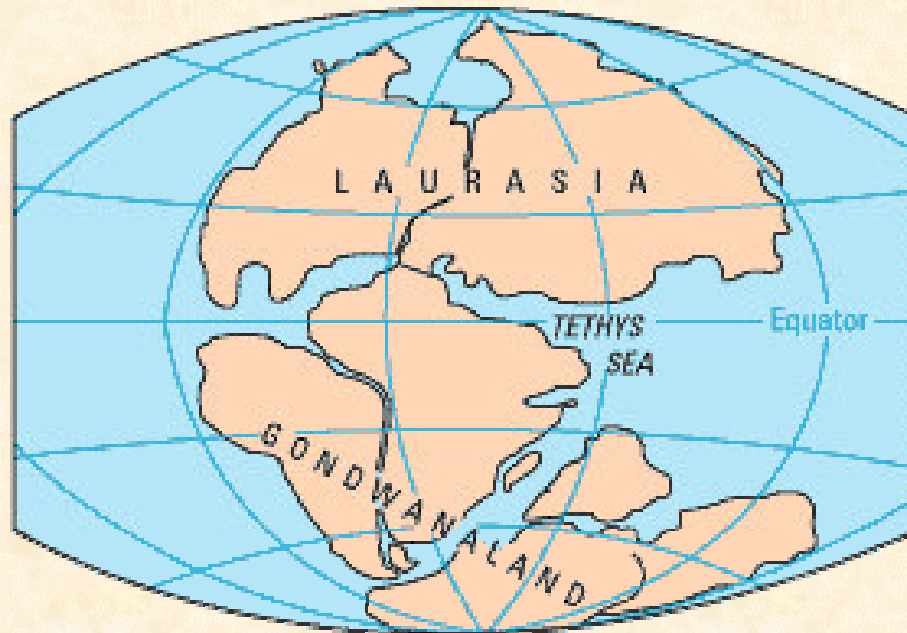


PERMIAN
225 million years ago

A teoria de DERIVA CONTINENTAL estabelecia que, há ~200 milhões de anos, todas as massas continentais existentes estavam concentradas em um supercontinente, que ele denominou de PANGAEA.

O supercontinente PANGEA

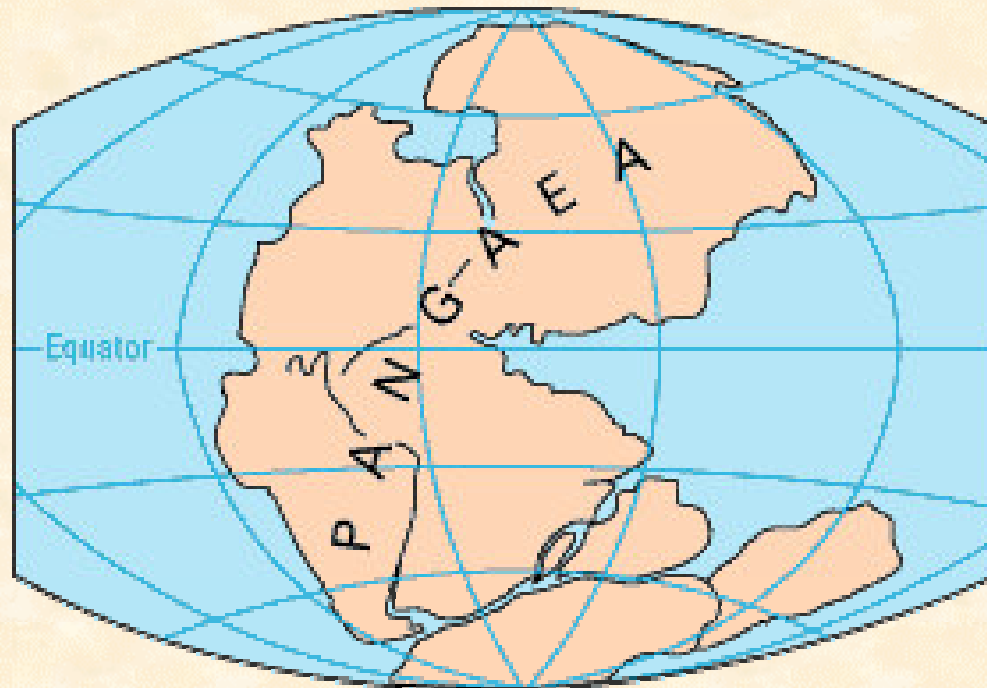
A quebra do supercontinente PANGEA originaria, inicialmente, duas grandes massas continentais: a Laurásia no hemisfério Norte, e o Gondwana no Hemisfério Sul, segundo Alexander Du Toit, um dos defensores da idéia de Wegener.



TRIASSIC
200 million years ago

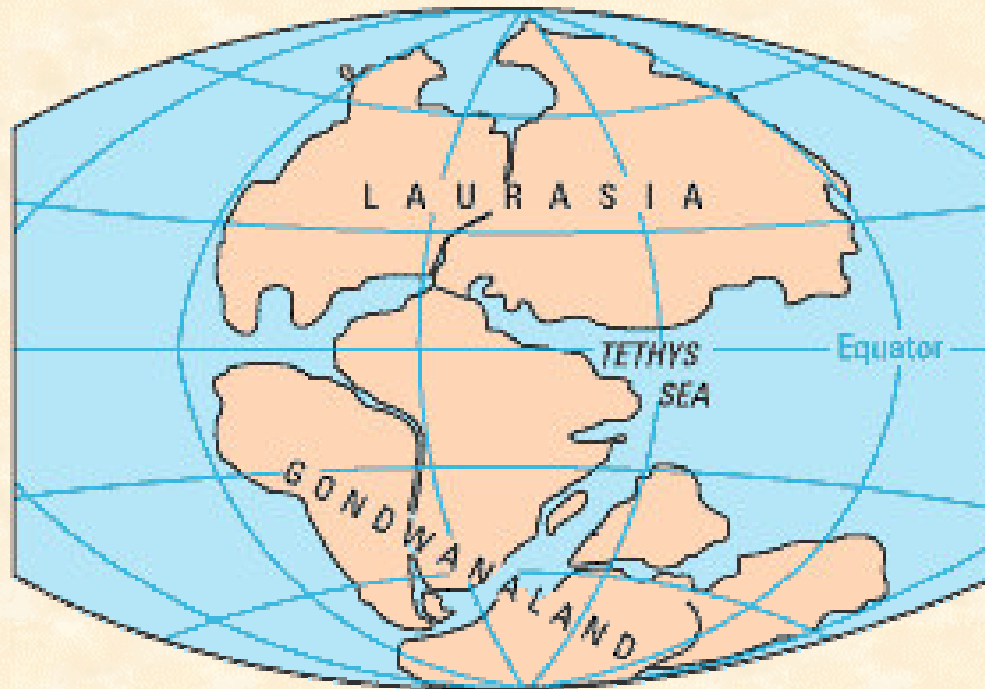
A Laurásia e o Gondwana teriam continuado o processo de separação, originando os continentes que conhecemos na atualidade.

A deriva continental



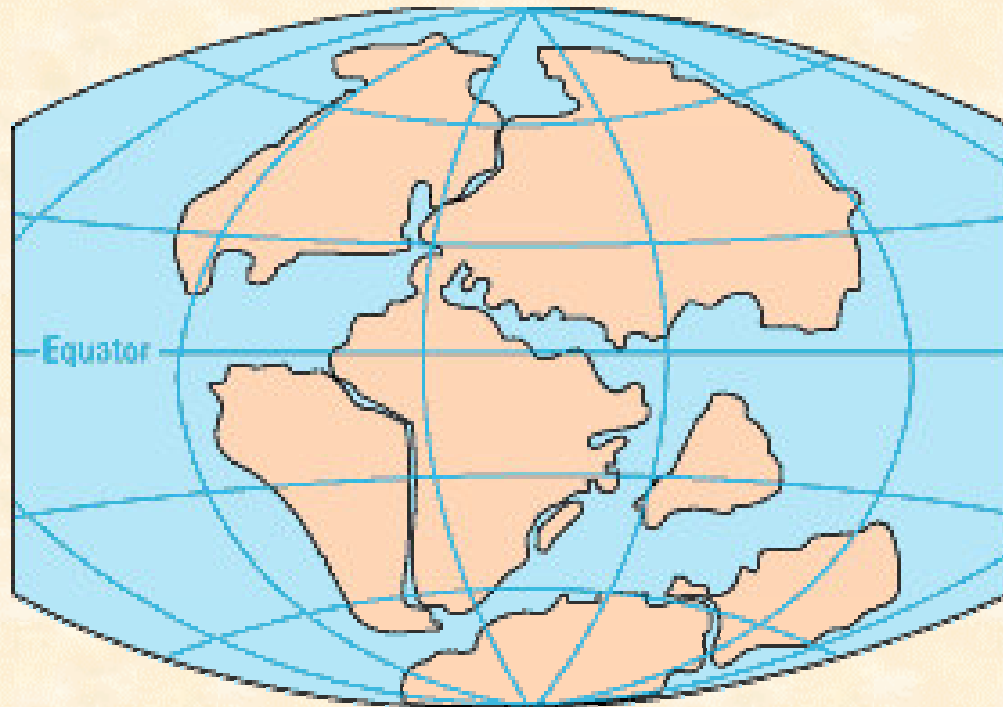
PERMIAN
225 million years ago

A deriva continental



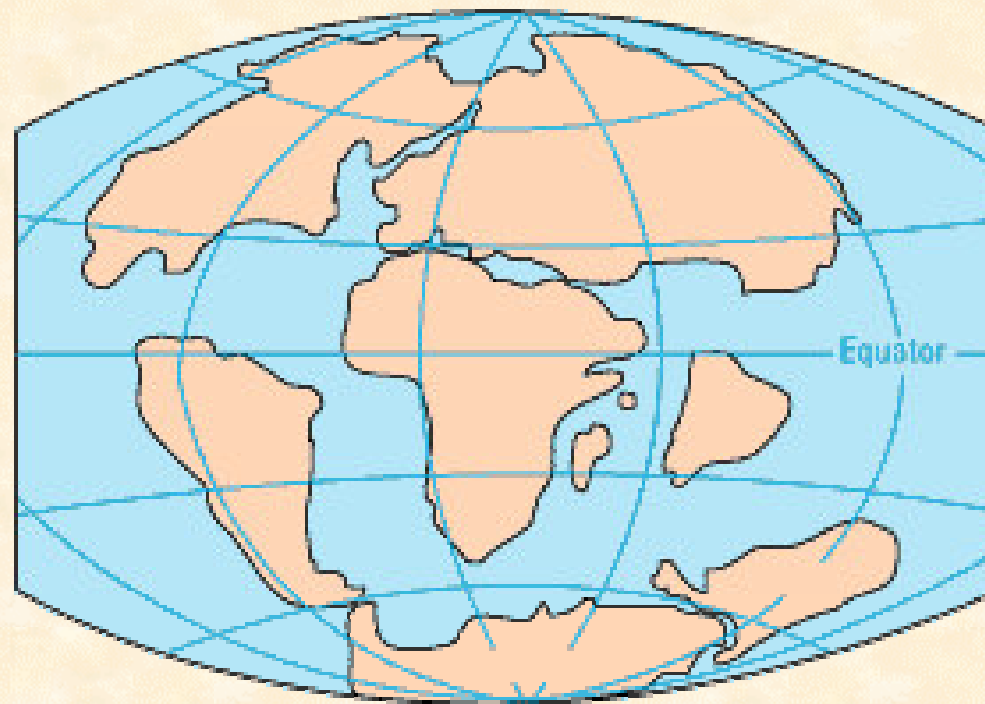
TRIASSIC
200 million years ago

A deriva continental



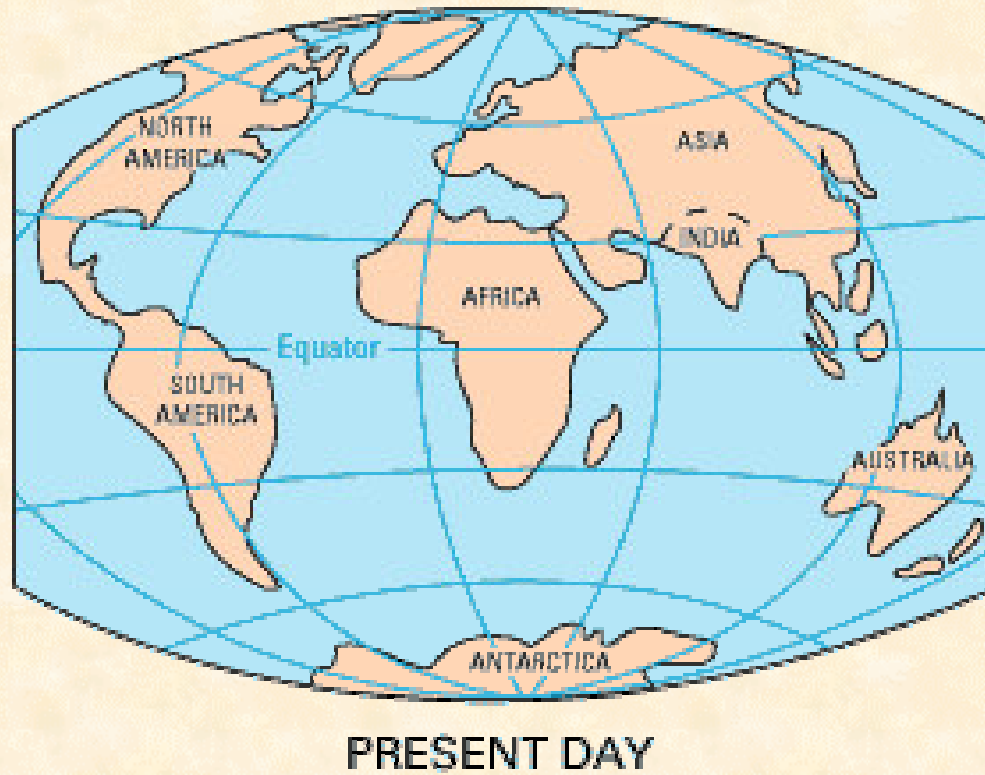
JURASSIC
135 million years ago

A deriva continental



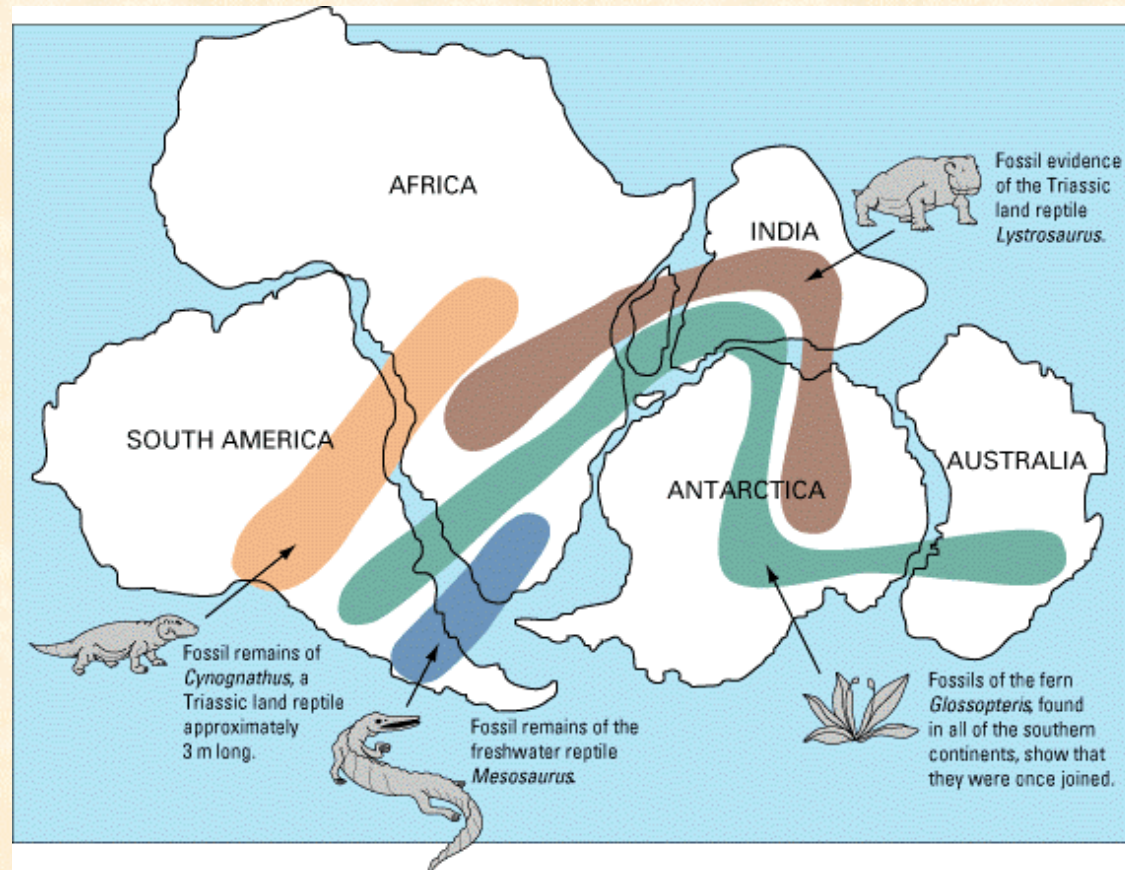
CRETACEOUS
65 million years ago

A deriva continental



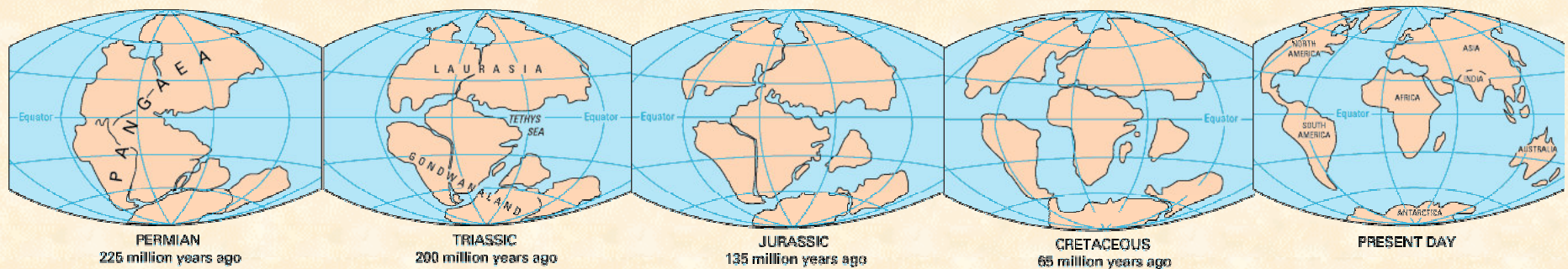
Principais evidências

A teoria de Wegener se apoiava especialmente na similaridade entre as linhas de costa da América do Sul e África, já notada por Ortelius; por evidências fornecidas por estruturas geológicas presentes nos dois continentes, e pela distribuição de fósseis e plantas em ambos os continentes.



Problemas na teoria da deriva

A teoria de Wegener explicava bem a distribuição dos fósseis, o ajuste das linhas de costa, e as dramáticas mudanças nos climas observadas em ambos os continentes. Explicava também a presença de sedimentos de origem glacial em locais onde hoje temos desertos, no caso da África.



A pergunta fundamental que Wegener não conseguiu responder foi: *“que tipo força conseguiria mover tão grandes massas a tão grandes distâncias?”*

A morte de Wegener

Alfred Wegener morreu durante uma expedição meteorológica à Groenlândia, em 1930. A idéia de comprovar a teoria da deriva continental ocupou toda a sua vida.

Algumas outras contribuições de Wegener na área diziam respeito à idade do assoalho oceânico. Ele percebeu que os oceanos mais rasos eram mais jovens, ou seja, que a crosta oceânica mais profunda é mais velha. Esta informação foi importante para a evolução da idéia da deriva continental para a teoria da Tectônica de Placas.

Uma das últimas fotos de Wegener, em novembro de 1930, pouco antes de partir para a sua última expedição, em companhia do esquimó Rasmus Villumsen.



A contestação da teoria

A teoria de Wegener foi muito contestada nos anos seguintes à sua morte, com o principal ponto negativo sendo o fato de que as massas continentais não poderiam se movimentar pelos oceanos da maneira proposta sem se fragmentar inteiramente, o que foi argumentado por Harold Jeffreys, um renomado sismólogo inglês.

No início da década de 1950, porém, as idéias de Wegener foram retomadas, face a novas observações e descobertas científicas, ligadas especialmente aos oceanos. Um novo debate surgiu sobre as provocativas idéias de Wegener e suas implicações.

Deriva Continental e Tectônica de Placas

| | | |
|-----------|---|------------------|
| 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 associadas ao espalhamento | Matthews Vine |

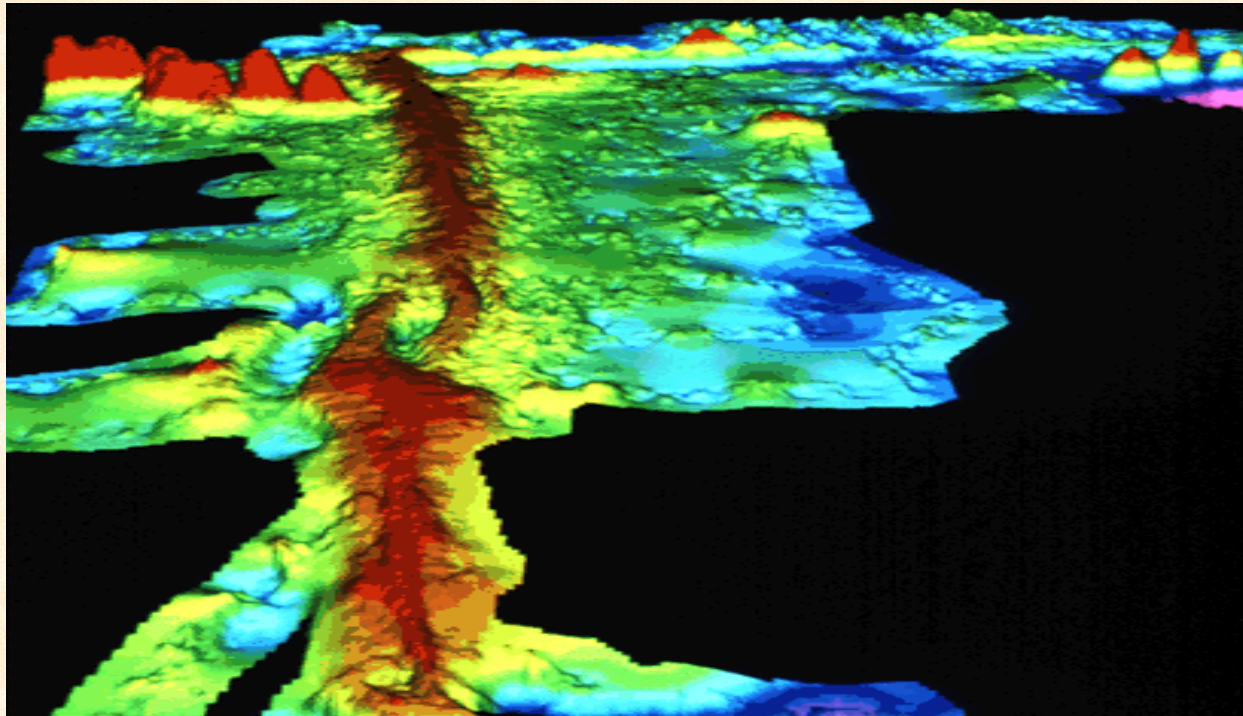
Deriva Continental e Tectônica de Placas

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

A deriva continental rediscutida

Principais descobertas científicas que causaram a retomada da discussão da idéia de mobilidade dos continentes:

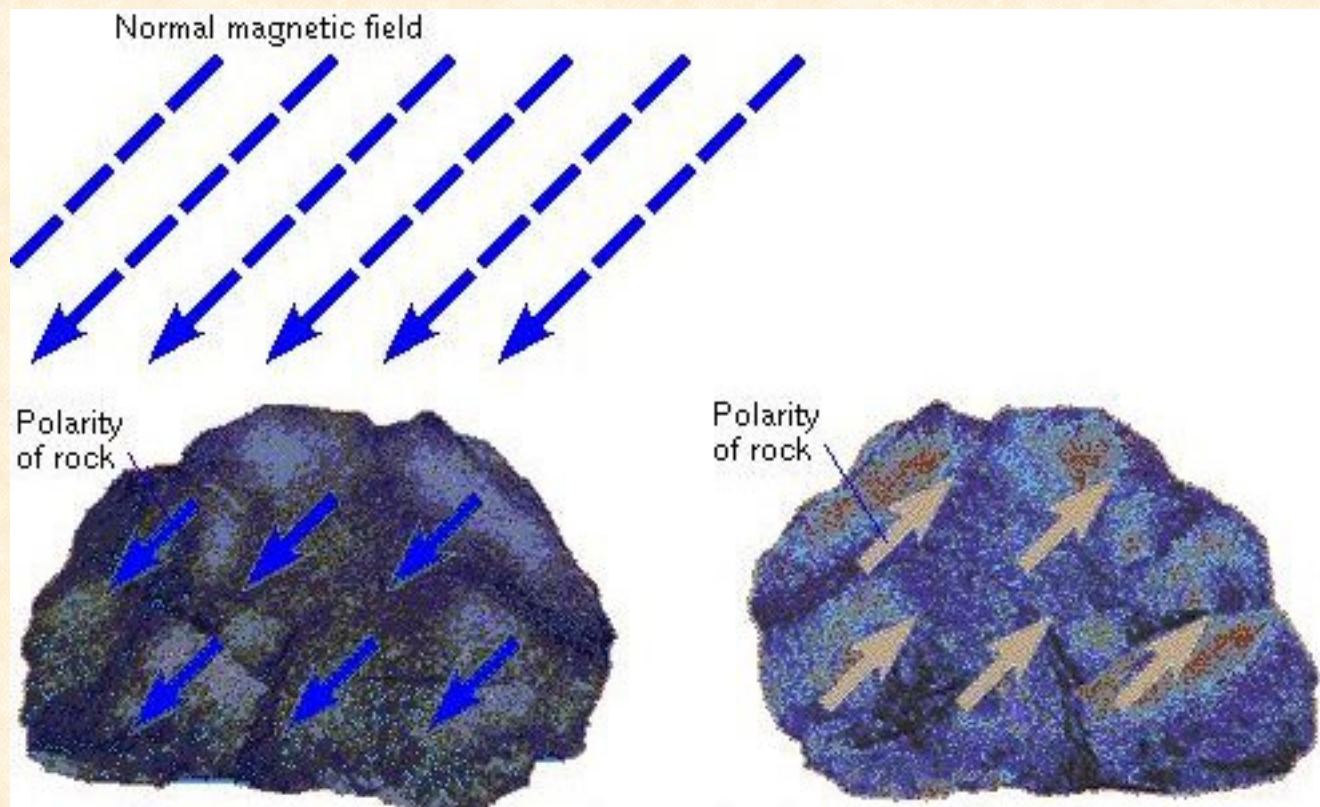
1) verificação do fato de que o assoalho oceânico é jovem e contém muitas feições fisiográficas;



A deriva continental rediscutida

Principais descobertas científicas que causaram a retomada da discussão da idéia de mobilidade dos continentes:

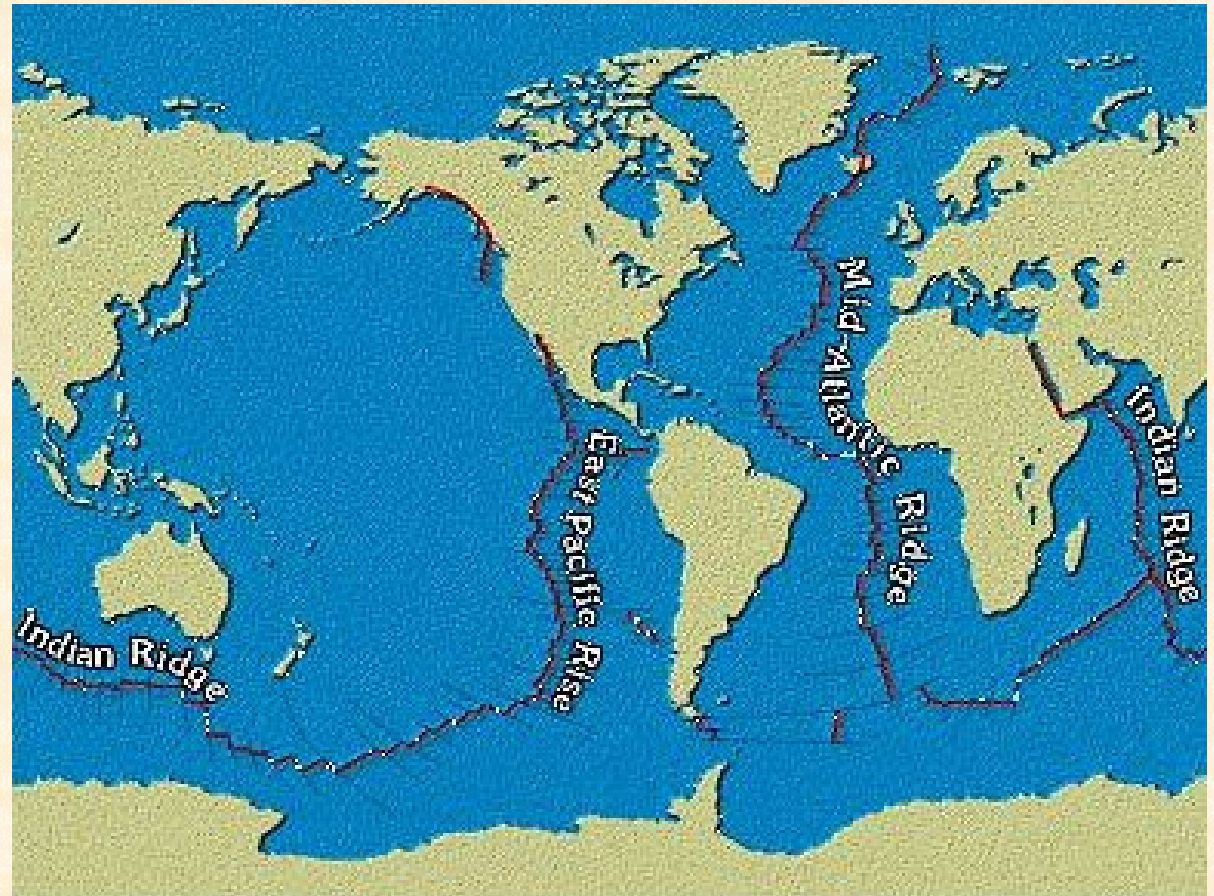
2) confirmação das reversões geomagnéticas no passado da Terra;



A deriva continental rediscutida

Principais descobertas científicas que causaram a retomada da discussão da idéia de mobilidade dos continentes:

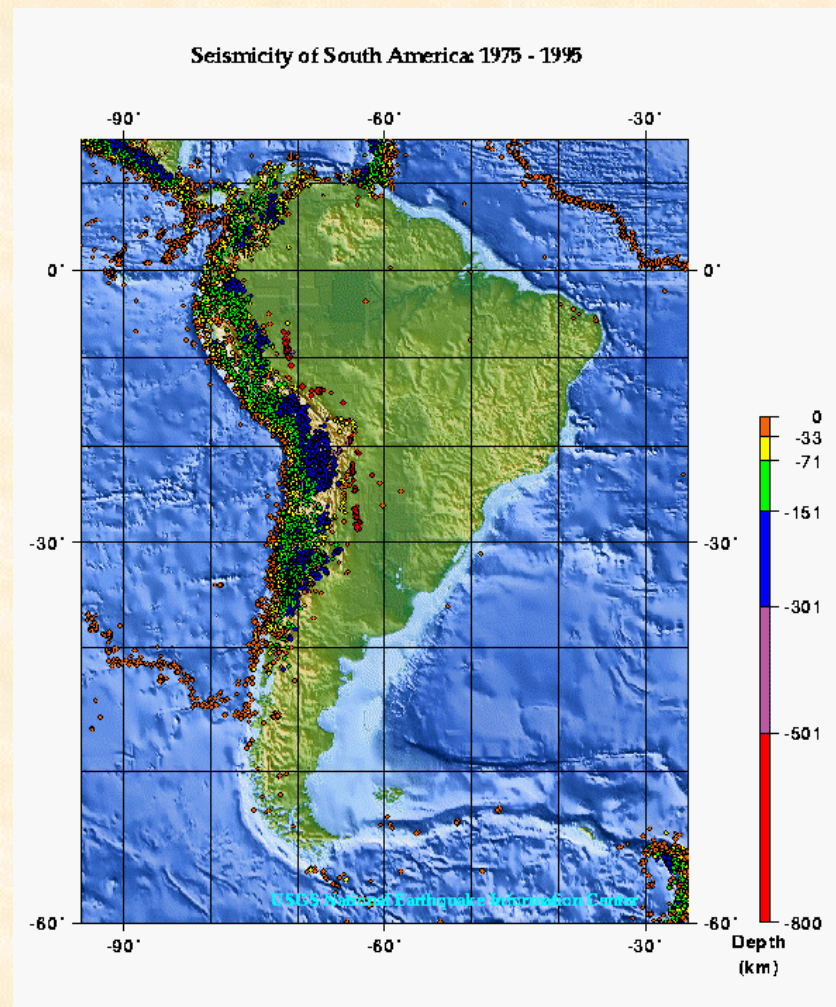
3) aparecimento da hipótese do afastamento do assoalho oceânico e conseqüente reciclagem da crosta oceânica;



A deriva continental rediscutida

Principais descobertas científicas que causaram a retomada da discussão da idéia de mobilidade dos continentes:

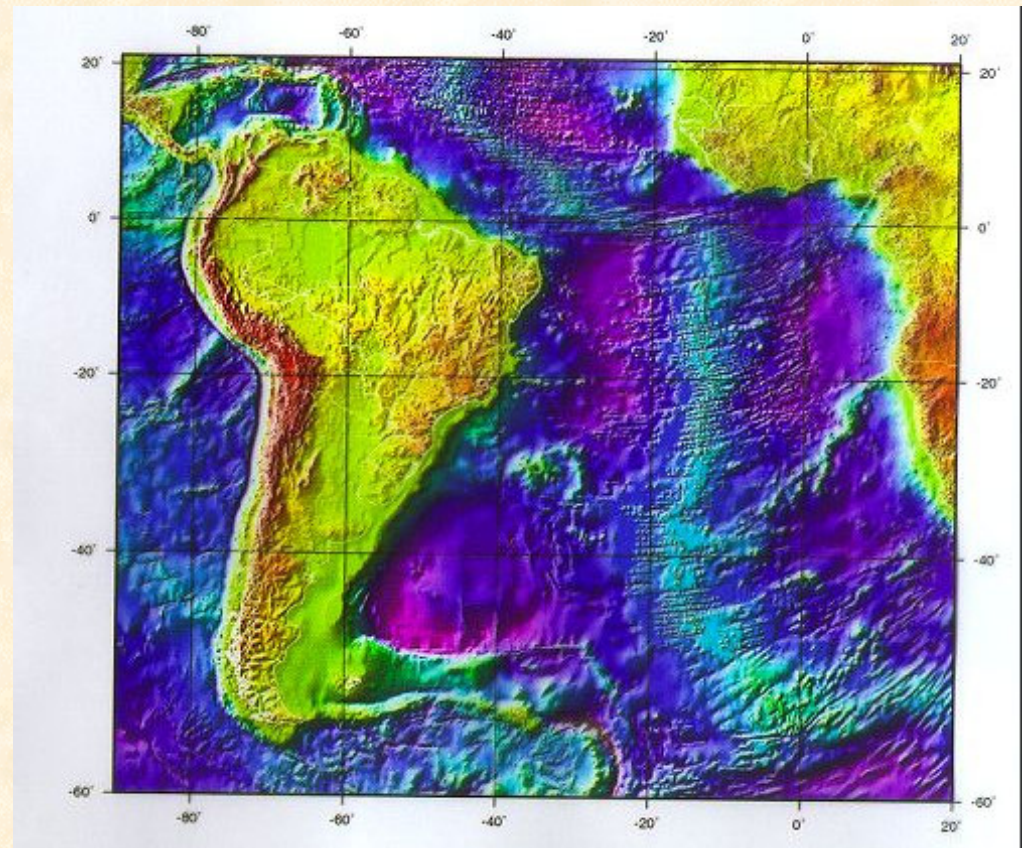
4) comprovação científica da distribuição de terremotos e vulcanismo ao longo de trincheiras oceânicas e cadeias de montes submarinos.



O assoalho oceânico

A fisiografia do assoalho oceânico

Durante as guerras mundiais, muito esforço foi feito para um mapeamento preciso do fundo oceânico, resultando em uma imagem inesperada: um assoalho “*enrugado*”, com montes e depressões, o que foi constatado quando da necessidade da implantação de cabos telegráficos submarinos. Foram descobertas enormes cadeias de montanhas submarinas, situadas no meio do oceano Atlântico.



O assoalho oceânico

Verificação da idade do assoalho oceânico

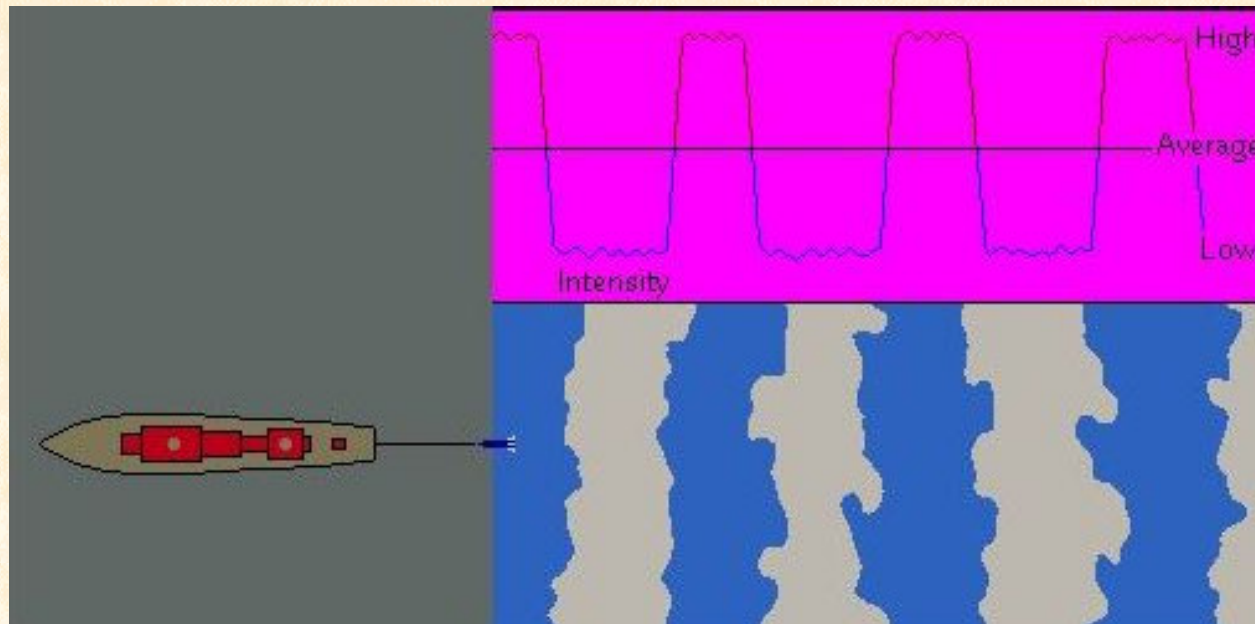
Acreditava-se que o assoalho oceânico tinha em média 4 bilhões de anos, e, portanto, deveria ter uma camada sedimentar bastante espessa; em 1957, sismólogos no navio USS Atlantis verificaram que em determinados locais a espessura dos sedimentos era muito delgada.



A magnetização da crosta oceânica

No início da década de 1950, os cientistas utilizaram os magnetômetros (desenvolvidos na Segunda Guerra Mundial para a detecção de submarinos) para investigar a crosta oceânica.

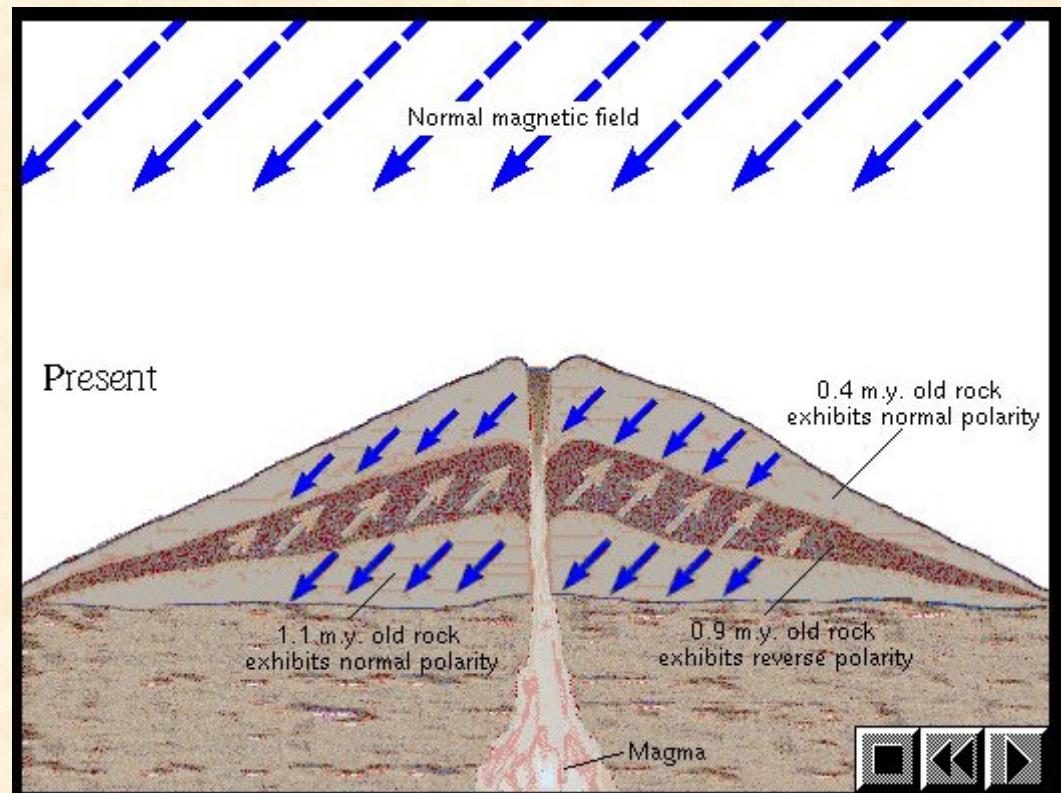
Era esperado que o material da crosta oceânica apresentasse alguma resposta magnética, pois o basalto contém minerais com características magnéticas.



Reversões do campo geomagnético

Verificação da existência das reversões do campo geomagnético

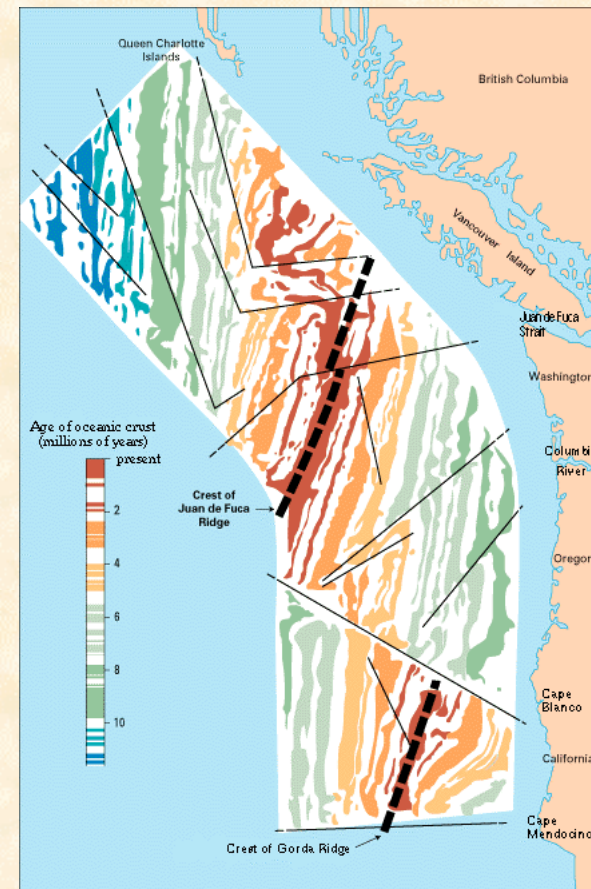
Já no início do século XX, os paleomagnetistas verificaram que as rochas terrestres podiam ser classificadas em dois grupos: as que apresentavam polaridade magnética compatível com a do campo presente, e as que apresentavam polarização reversa.



Reversões do campo geomagnético

Verificação da existência das reversões do campo geomagnético

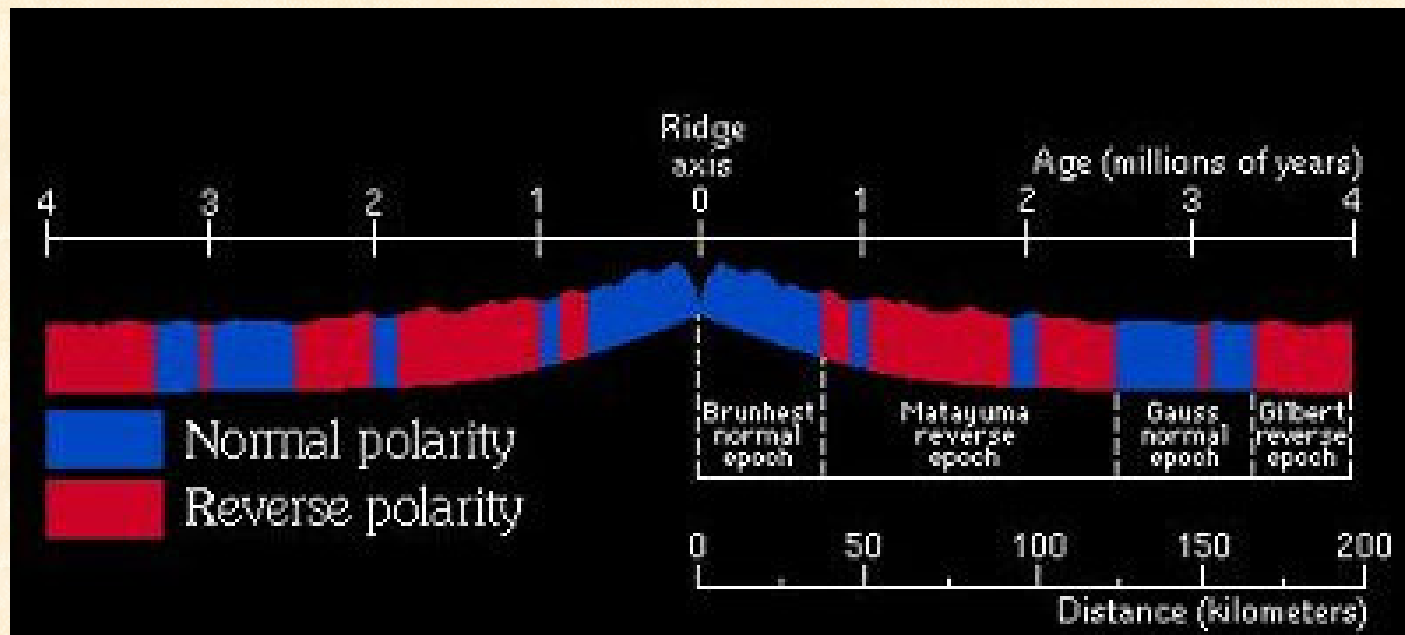
A magnetização destas rochas implicava em um processo que gerasse um padrão simétrico em relação a um centro de espalhamento; isto poderia ser explicado se as rochas estivessem sido formadas em um centro de espalhamento, onde o material magnético registraria a direção e intensidade do campo magnético da época da formação. As rochas conteriam, então, um registro do “magnetismo fóssil” da Terra.



O espalhamento do assoalho oceânico

A hipótese do afastamento do assoalho oceânico e conseqüente reciclagem da crosta oceânica

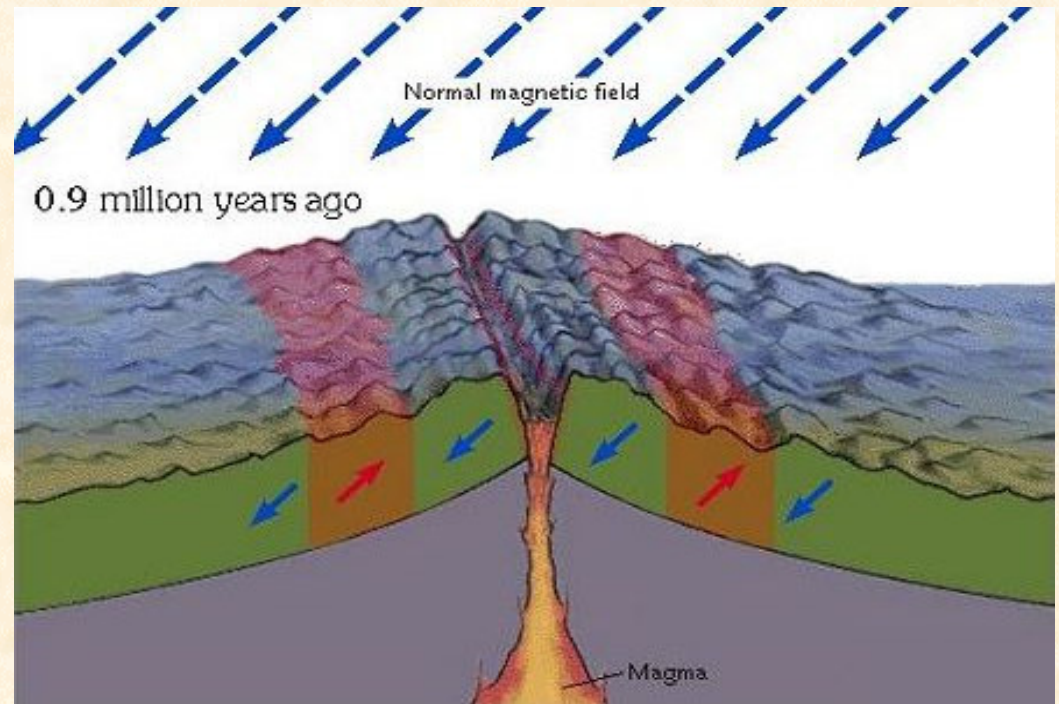
A evidência do padrão simétrico de anomalias magnéticas trazia uma questão importante: *“qual o processo de formação da crosta oceânica que explica este padrão?”*



O espalhamento do assoalho oceânico

A hipótese do espalhamento do assoalho oceânico e conseqüente reciclagem da crosta oceânica

As teorias da época (1961) diziam que as dorsais meso-oceânicas eram zonas de fraqueza da crosta, onde o material do manto subjacente se incorporava às placas, afastando-as. Este processo, denominado **espalhamento do assoalho oceânico**, duraria milhões de anos, formando as cadeias oceânicas observadas.



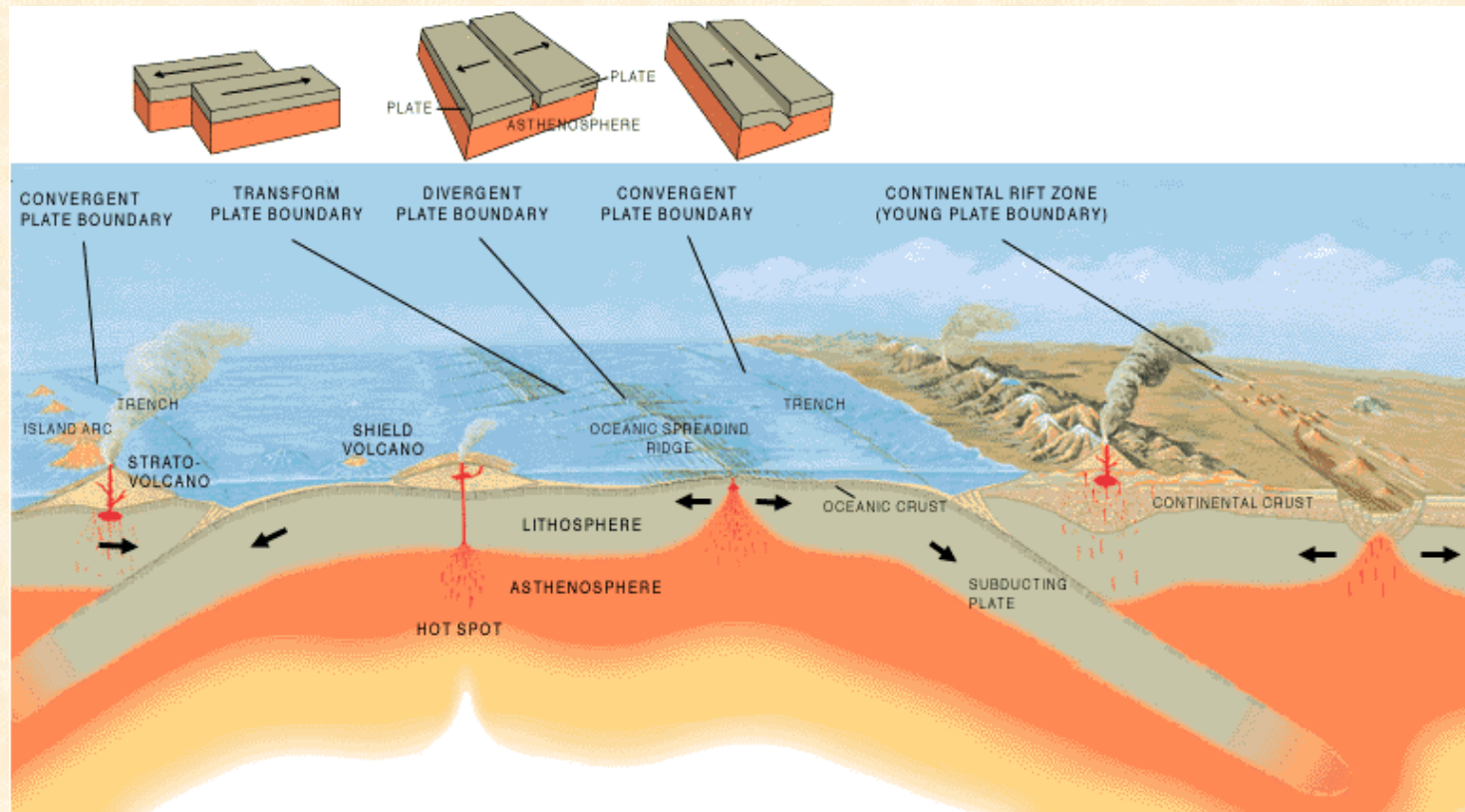
O espalhamento do assoalho oceânico

Fatos que comprovavam a teoria do espalhamento do assoalho oceânico:

- 1) As rochas nas proximidades da dorsal são muito jovens, aumentando sua idade com o afastamento da dorsal;**
- 2) As rochas mais jovens, próximas da dorsal, sempre apresentavam polaridade positiva (idêntica ao do campo geomagnético atual);**
- 3) Havia um padrão de magnetização que apresentava simetria em relação à dorsal (rochas à mesma distância da dorsal apresentavam polaridade idêntica). Isto mostrava a simetria do espalhamento, e a frequência de inversão da magnetização.**

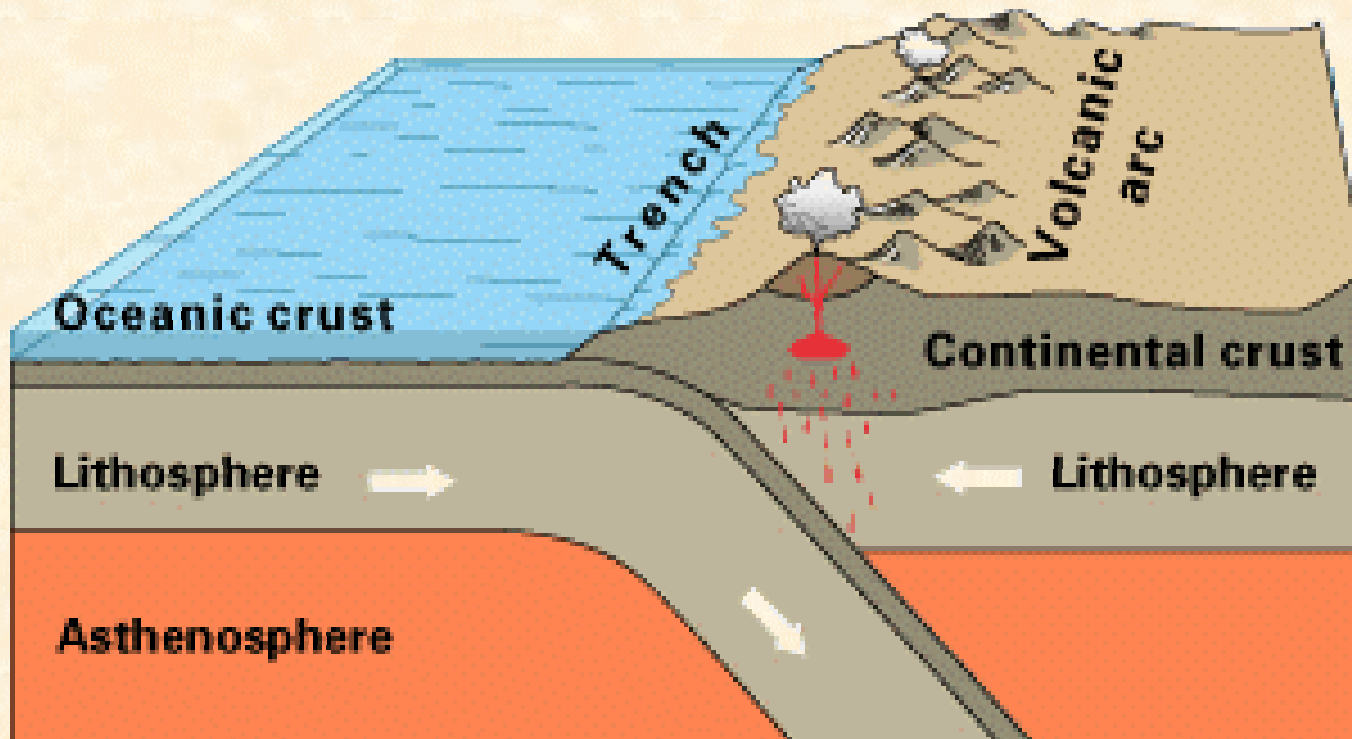
O espalhamento do assoalho oceânico

Problema: se na dorsal oceânica havia contínua criação de placas, e não havia evidência de que a Terra estivesse aumentando de tamanho, em algum lugar deveria estar havendo a destruição de material.



Trincheiras oceânicas

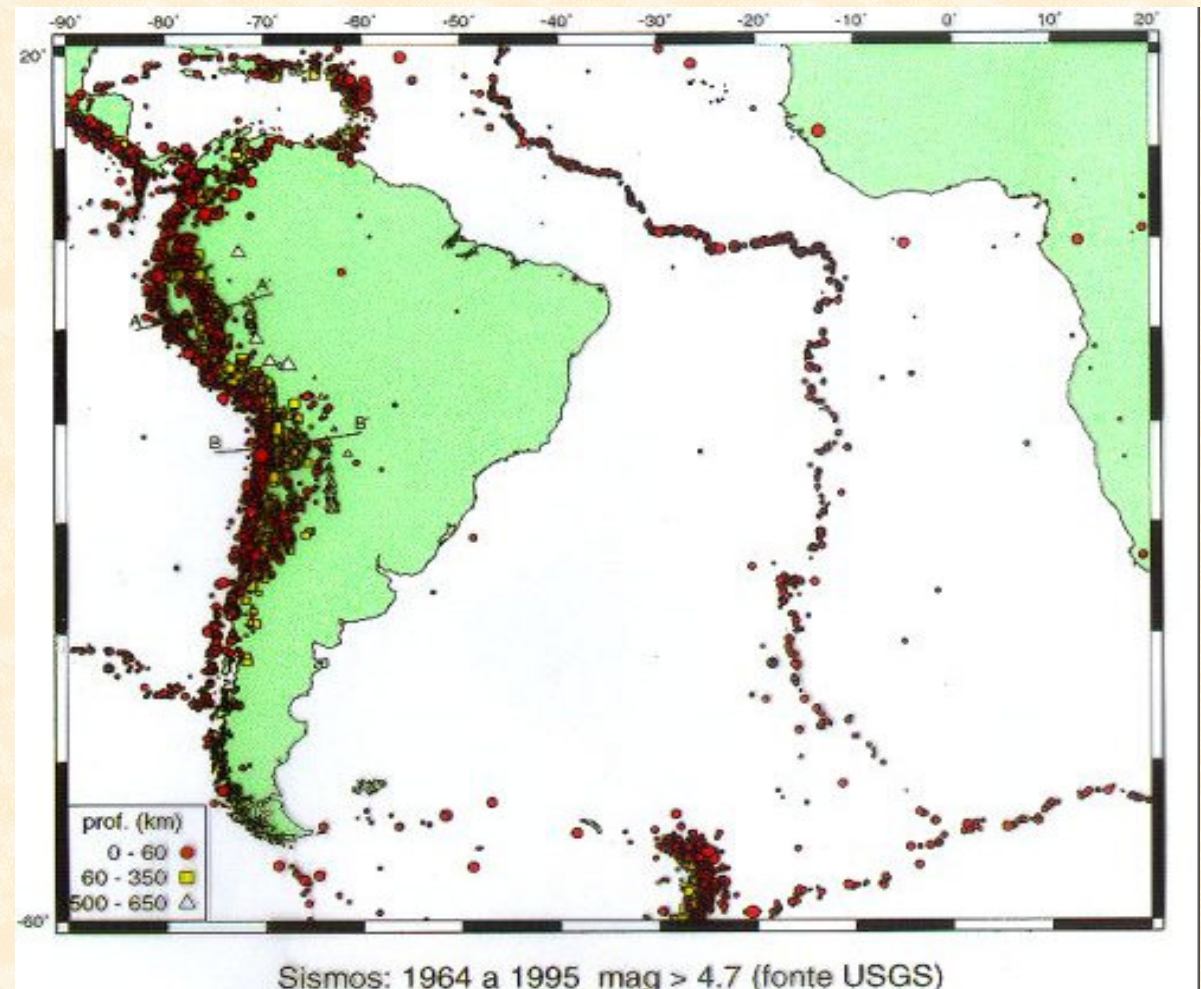
Dois cientistas, Dietz e Hess, postularam que, nas trincheiras oceânicas (faixas estreitas ao longo do cinturão do Pacífico muito profundas), a crosta oceânica estaria sendo consumida, em contraposição com a criação da crosta nas dorsais oceânicas.



Terremotos e vulcanismo

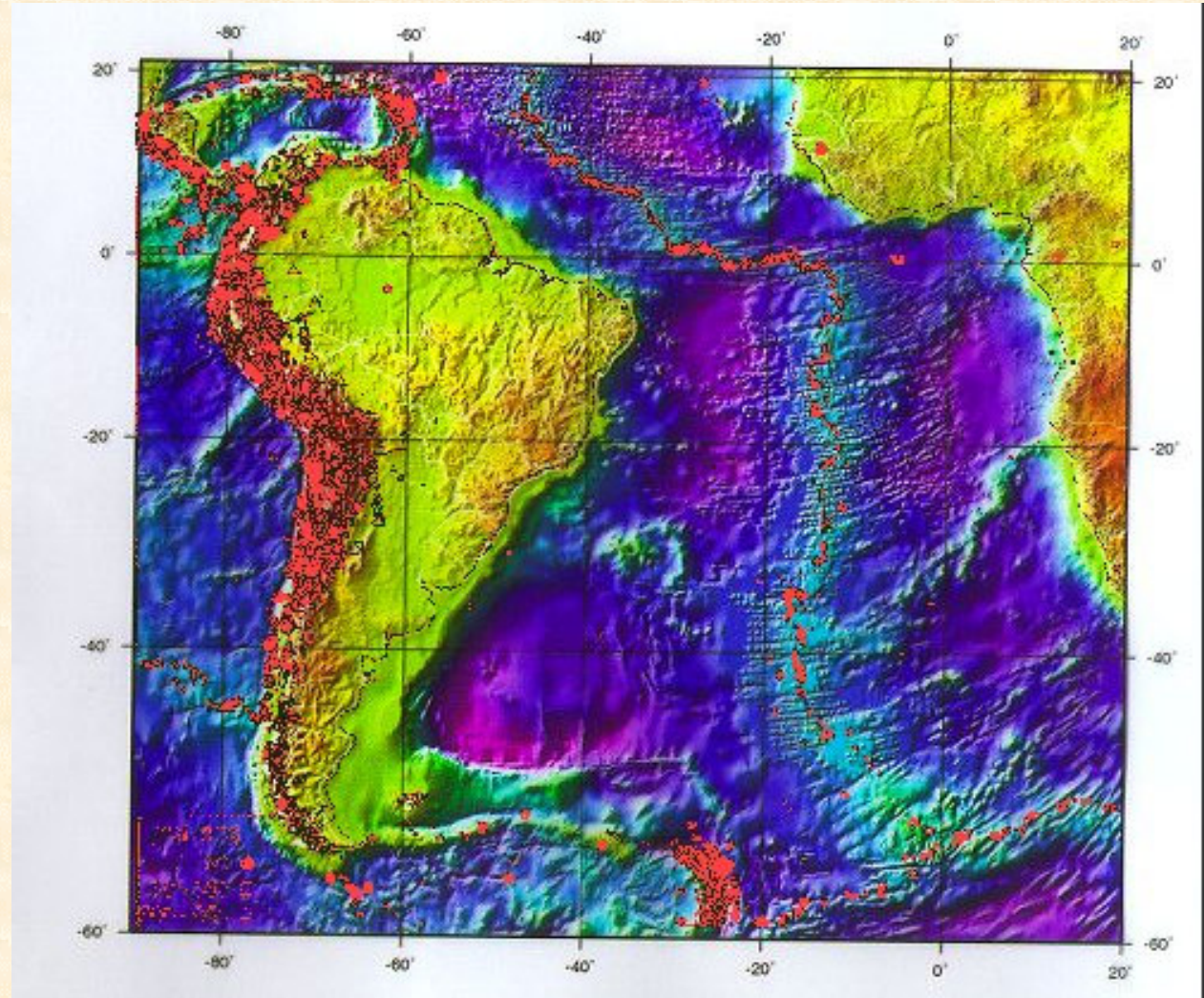
Concentração de terremotos e vulcanismo

Com o desenvolvimento dos sismógrafos no início do século XX, os cientistas perceberam que os terremotos concentravam-se preferencialmente ao longo das trincheiras oceânicas e dorsais meso-oceânicas.



A distribuição de terremotos

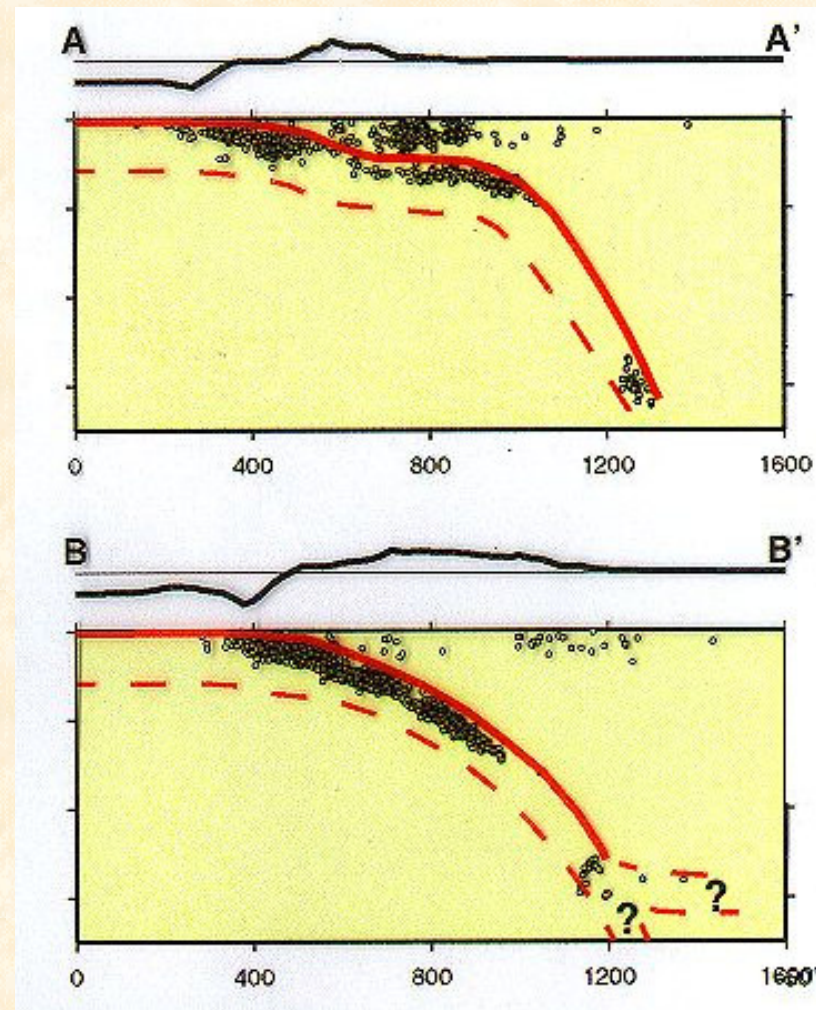
A implantação da rede mundial de sismógrafos, para detectar explosões nucleares clandestinas, trouxe grande avanço no conhecimento da distribuição dos abalos sísmicos.



A tectônica de placas

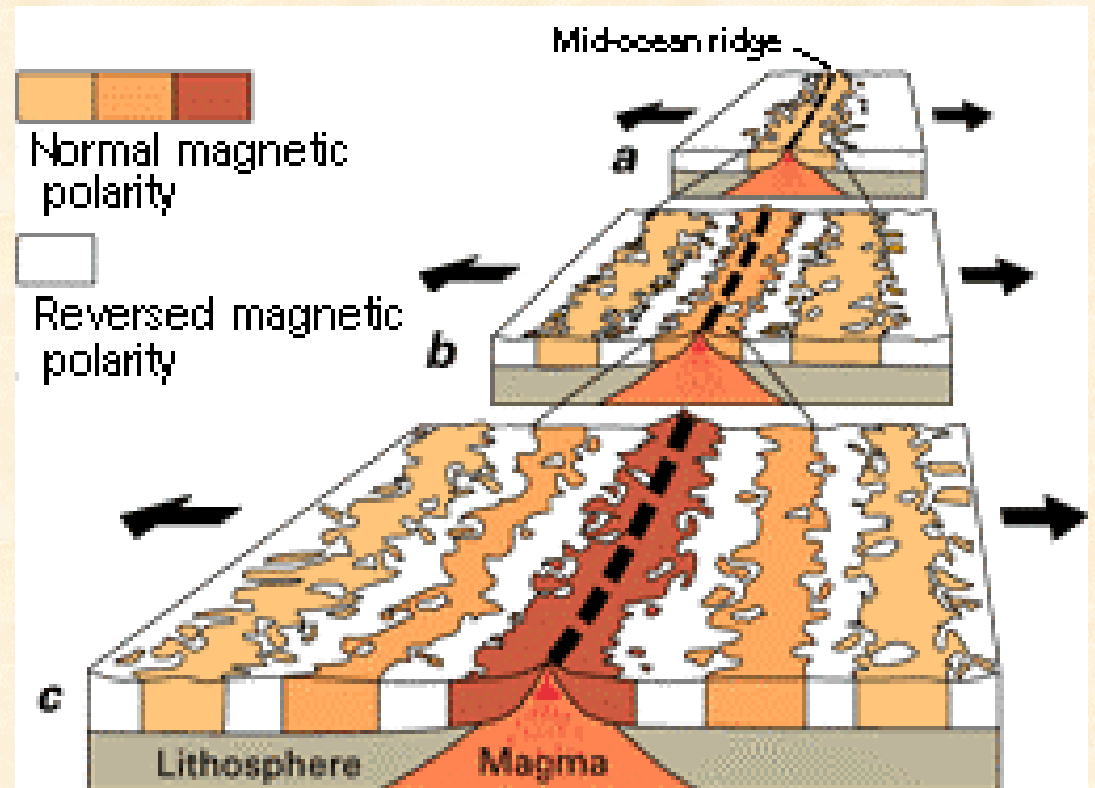
Com estes dados, o quadro mostrava-se completo:

Nas trincheiras oceânicas, havia destruição da placa oceânica; a concentração de terremotos nestas regiões, associados a vulcanismo e evidência de material oceânico no alto de montanhas (como no caso dos Andes, por exemplo), são evidências deste fato.



A tectônica de placas

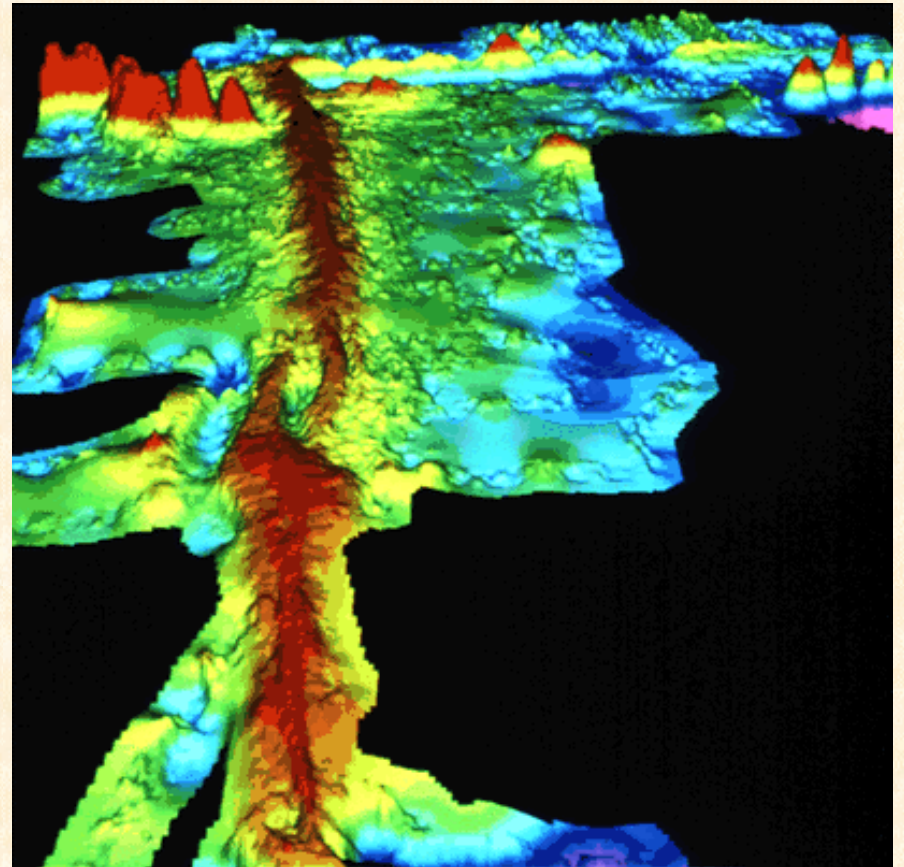
Nas dorsais oceânicas, havia a criação de crosta por acreção de material do manto às bordas das placas; esta construção de placas era evidenciada pela idade progressiva da placa ao se afastar da dorsal, ao padrão magnético e à concentração de terremotos nestas regiões.



Tipos de bordas de placas

MARGENS DE ACRESÇÃO

Nas dorsais oceânicas, há uma contínua separação entre duas placas, com acréscimo de material proveniente do manto às bordas das placas. É uma região de constante separação entre as placas, injeção de novo material e crescimento lateral das placas.



Tipos de bordas de placas

MARGENS DE CONVERGÊNCIA

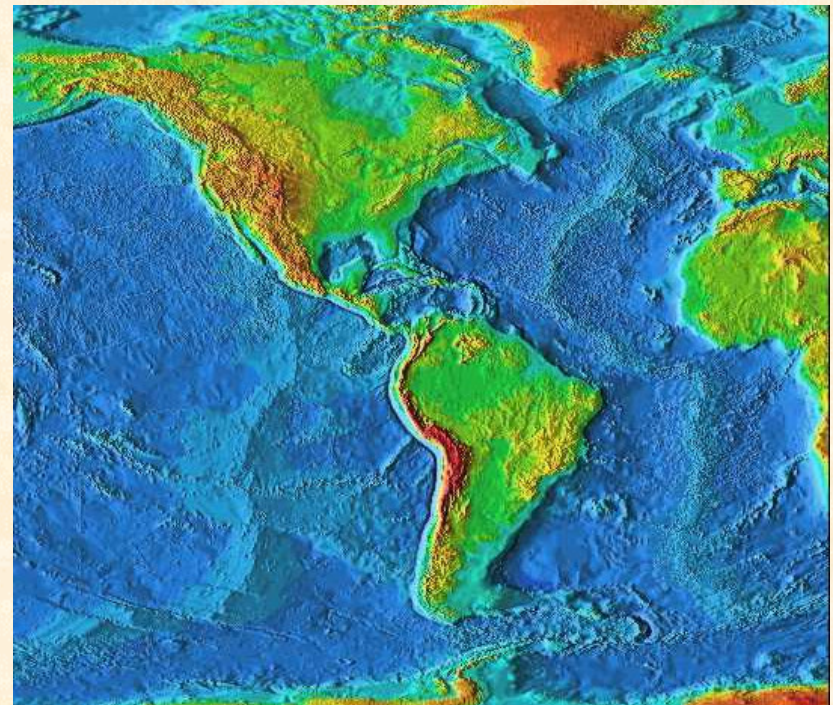
Local onde duas placas colidem, havendo a subducção de uma delas. A elas estão associados os sismos que ocorrem em trincheiras oceânicas profundas, arcos de ilhas e cinturões de montanhas. No caso de uma das placas ser oceânica, normalmente ocorre um extensivo vulcanismo.



Tipos de bordas de placas

MARGENS DE CONSERVAÇÃO

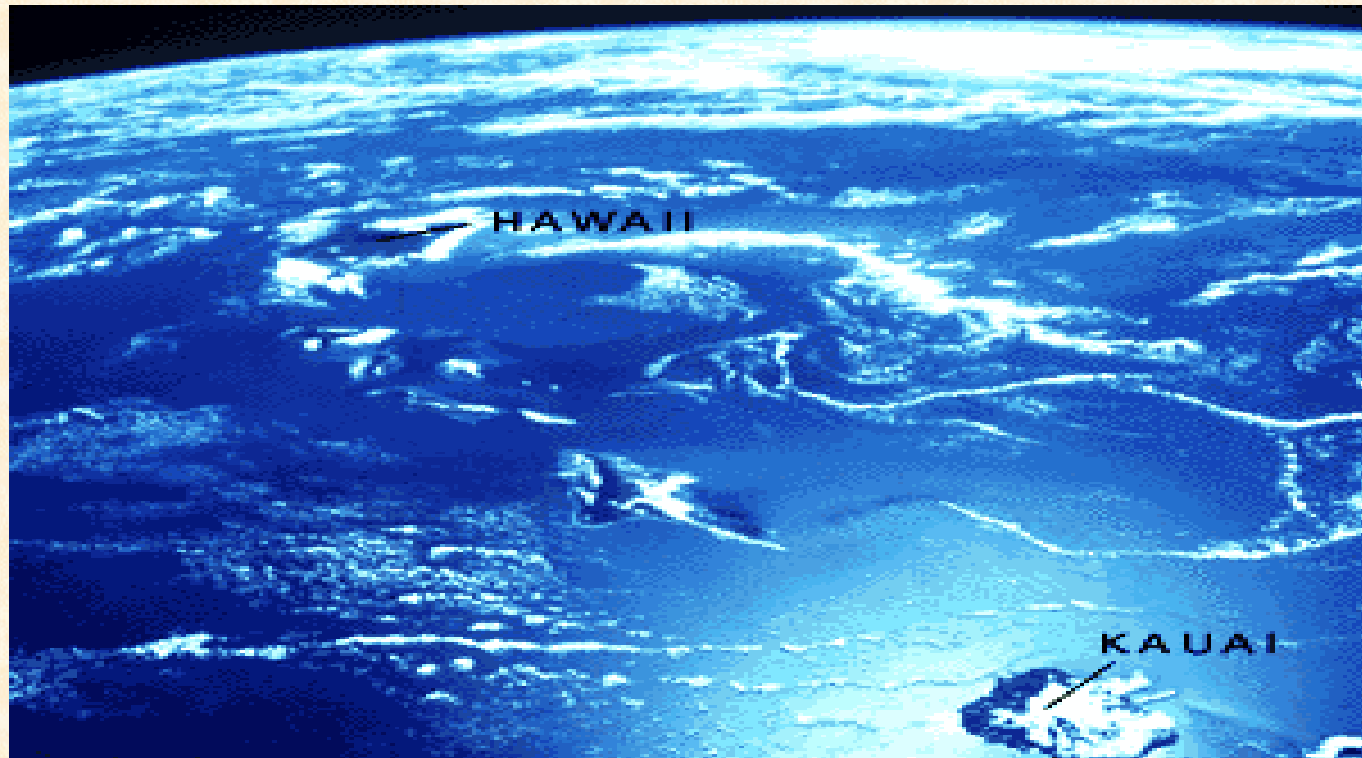
As falhas transformantes são estruturas presentes nas dorsais oceânicas, que conectam dois segmentos da dorsal. Podem também conectar segmentos de zonas de subducção, mas o caso mais frequente é nas cadeias oceânicas. Neste tipo de margem de placa, não há criação ou destruição de placa, há apenas o deslocamento relativo entre duas placas.



Hot Spots

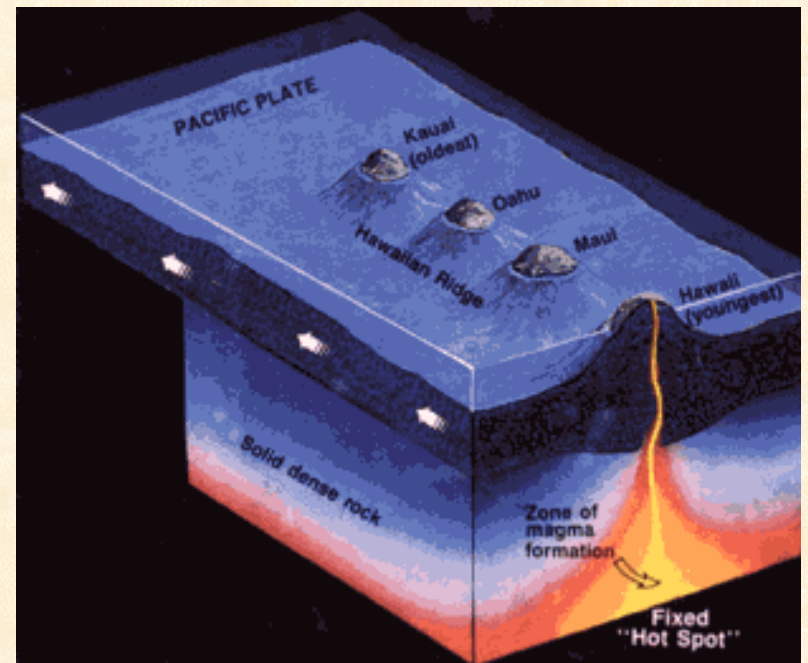
HOT-SPOTS (PONTOS QUENTES)

A maior parte do vulcanismo terrestre está associado aos processos que ocorrem nas bordas das placas. Alguns pontos específicos são exceção, como por exemplo, a cadeia vulcânica do Havaí.



Hot Spots






Em 1963, Tuzo Wilson, que já havia descoberto as falhas transformantes, sugeriu um mecanismo para este vulcanismo que ocorria fora das regiões de bordas de placas. Ele notou que em certas regiões, o vulcanismo esteve ativo por um longo período de tempo, e sugeriu que deveria haver regiões pequenas, quentes e de longa duração - os pontos quentes (hot-spots).



Hot Spots

Vários hot-spots já foram identificados, a maioria no interior das placas. Sugere-se que os hot-spots sejam a expressão de grandes “plumas” de material proveniente da interface manto/núcleo (camada D”), que atravessam todo o manto e atingem a superfície.

EXPLANATION

-  Divergent plate boundaries—
Where new crust is generated
as the plates pull away from
each other.
-  Convergent plate boundaries—
Where crust is consumed in the
Earth's interior as one plate
dives under another.
-  Transform plate boundaries—
Where crust is neither produced
nor destroyed as plates slide
horizontally past each other.
-  Plate boundary zones—Broad
belts in which deformation is
diffuse and boundaries are not
well defined.
-  Selected prominent hotspots

