

## 4. A Terra, um planeta em mudança

A Terra é um planeta que, como te apercebes no teu dia-a-dia, se mantém em constante mudança. As mudanças têm sido não só a nível geológico como também a nível biológico.

### 4.1. Princípios básicos do raciocínio geológico

A interpretação das alterações biológicas e geológicas tem sido influenciada pelo pensamento em vigor em cada época e reflecte esse mesmo pensamento. As primeiras explicações sobre as alterações geológicas eram **fixistas**, atribuindo as mudanças à existência de vontades do Criador (**criacionismo**) ou à existência de catástrofes (**catastrofismo**).

Mais tarde (século XVIII), Hutton verifica que as mudanças que ele presenciava eram repetições de fenómenos que haviam ocorrido em tempos anteriores (**uniformitarismo**).

Actualmente, para a explicação das alterações geológicas, existe uma nova corrente que efectua uma mistura das ideias catastrofistas com as ideias uniformitaristas, o **neocatastrofismo**.

O **catastrofismo**, como o seu nome indica, explica a extinção de espécies e as grandes alterações geológicas através da ocorrência de uma catástrofe. Um dos grandes impulsionadores desta teoria foi Cuvier (século XVIII), que explicava a ausência de um dado fóssil nos estratos de uma série sedimentar pela ocorrência de uma catástrofe (inundação, queda de meteoritos, vulcões) que eliminava os seres vivos que aí viviam. A modificação das espécies fossilíferas numa sequência sedimentar era explicada pela ocorrência de catástrofes seguidas de um repovoamento de espécies vindas de regiões diferentes ou, então, originadas pelo Criador.

A presença de fósseis marinhos no cimo das montanhas era explicada, segundo o catastrofismo, pela ocorrência de uma inundação que permitiu aos seres aquáticos viverem no cimo das montanhas.

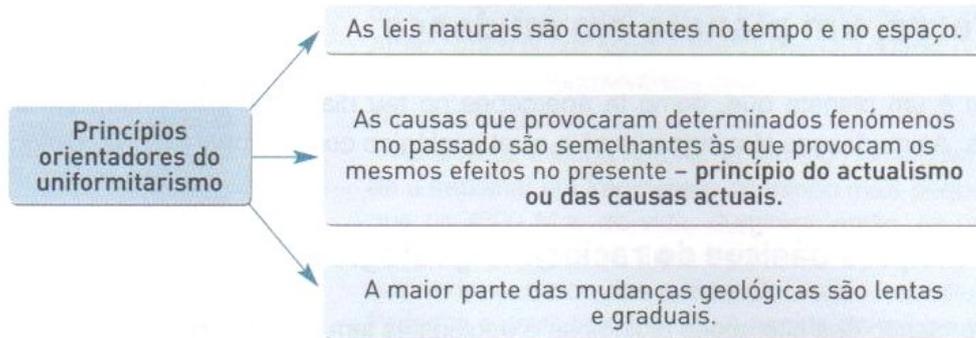
Quando dizes que a extinção dos dinossauros se deveu à queda de um meteorito, estás a explicar que ocorreu uma catástrofe, que foi a queda do meteorito, e que essa catástrofe eliminou a totalidade dos grandes dinossauros. A explicação que acabaste de efectuar foi uma explicação catastrofista, pois foi a existência de uma catástrofe que eliminou os dinossauros.

O **uniformitarismo** foi enunciado por Hutton (século XVIII) e contém ideias evolucionistas nos seus princípios orientadores, quando diz que os processos geológicos do passado podem ser explicados através dos processos geológicos actuais.

Hutton reconheceu que diariamente existiam alterações geológicas, podendo essas alterações ser mais visíveis, como o caso de uma erupção vulcânica, ou menos visíveis, como é o caso da formação de uma montanha. Constatou, igualmente, que essas alterações não podem ser totalmente explicadas como tendo origem na actualidade, como é o caso da formação de uma montanha, mas que elas resultam de um acumular de pequenas alterações ao longo de muito tempo. Hutton introduziu, desta forma, uma noção de tempo diferente da existente nessa altura, já que, para explicar a lenta formação de uma montanha, era necessário um espaço de tempo muito grande.

Hutton deu, assim, uma grande ajuda à consolidação das teorias **evolucionistas**, ao fornecer o tempo necessário para se realizarem as lentas alterações e a actuação da selecção natural, que os evolucionistas afirmavam existir nos seres vivos.

O uniformitarismo surge, desta forma, em oposição ao catastrofismo, baseando-se em três princípios orientadores.



Hutton reconheceu, no entanto, que nem todos os acontecimentos geológicos capazes de provocar grandes alterações são lentos e graduais, como é o caso dos vulcões. Além disso, não nos podemos esquecer que as condições ambientais não foram constantes ao longo dos tempos e, por esse motivo, também não provocaram exactamente as mesmas alterações nem as alterações foram constantes ao longo do tempo.

Se regressarmos à extinção dos dinossauros, e a explicarmos através da existência de alterações climáticas que provocaram alterações nas cadeias alimentares dos ecossistemas ocupados pelos dinossauros, provocando a sua lenta extinção pela fome, estamos a admitir uma explicação uniformitarista para a sua extinção.

Se admitirmos que ocorreu a queda de um meteorito na superfície terrestre e que esta queda (catástrofe) introduziu profundas alterações climáticas, que, propagando-se aos ecossistemas, alteraram as cadeias alimentares, levando a uma lenta extinção, pela fome, dos dinossauros (uniformitarismo), estamos a admitir uma explicação neocatastrofista para a extinção dos dinossauros.

O **neocatastrofismo** admite que as mudanças geológicas e biológicas podem dever-se à existência de uma catástrofe que provocou alterações ambientais, que actuaram, lenta e gradualmente, ao longo de um espaço temporal alargado. O neocatastrofismo aceita a existência de fenómenos catastróficos para explicar as alterações da Terra, aceitando, igualmente, os princípios orientadores do uniformitarismo.

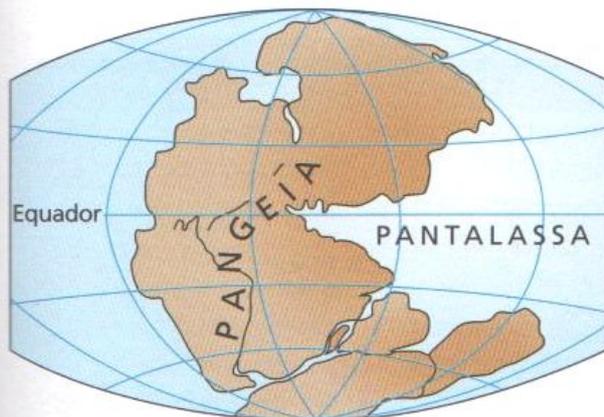
## 4.2. Mobilismo geológico

A Terra encontra-se em permanente mudança. As montanhas erguem-se diariamente, milímetro a milímetro, de forma imperceptível. Os vulcões e os sismos originam violentas explosões de energia e materiais que provocam danos e modificações de dimensão variada.

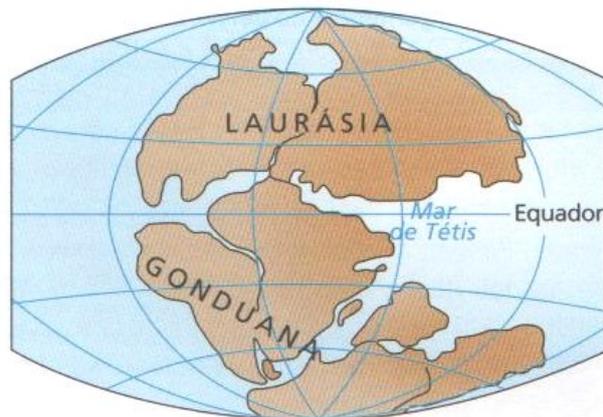
Alguns cientistas, como Wegener, admitiram que as modificações da Terra foram ao ponto de ter existido apenas um continente (**Pangeia**), que flutuava no único oceano existente (**Pantalassa**) e que se fragmentou (fig. 11).

Wegener (1912) enunciou a **teoria da deriva dos continentes**, que serviu de base à teoria da tectónica de placas. Segundo esta teoria, as massas continentais apresentavam uma baixa densidade e, por esse motivo, flutuavam sobre as densas massas oceânicas, movimentando-se e alterando a superfície do planeta. A **teoria da deriva dos continentes** diz-nos que há 200 M.a. existia apenas um supercontinente, a Pangeia, rodeado por um único oceano, a Pantalassa. A Pangeia, há 180 M.a., fragmentou-se, originando dois continentes, a Laurásia e a Gondwana, que, há 70 M.a., começaram a afastar-se.

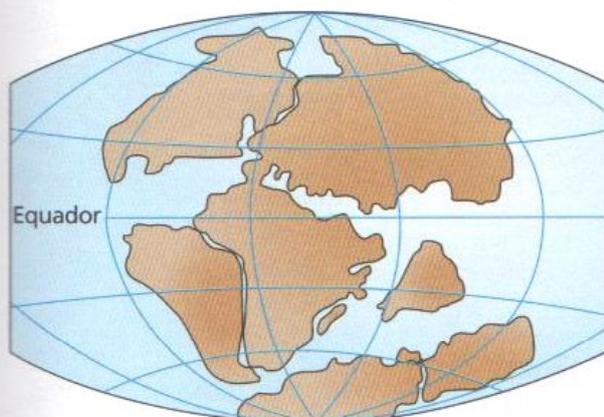
Para enunciar a teoria da deriva dos continentes, Wegener apoiou-se em diversos tipos de argumentos: argumentos morfológicos, argumentos geológicos, argumentos paleoclimáticos, argumentos paleogeográficos e argumentos paleontológicos (tab. 5).



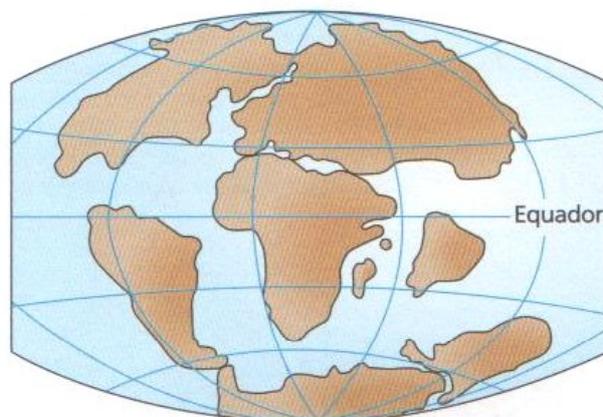
**Pérmico**  
225 milhões de anos



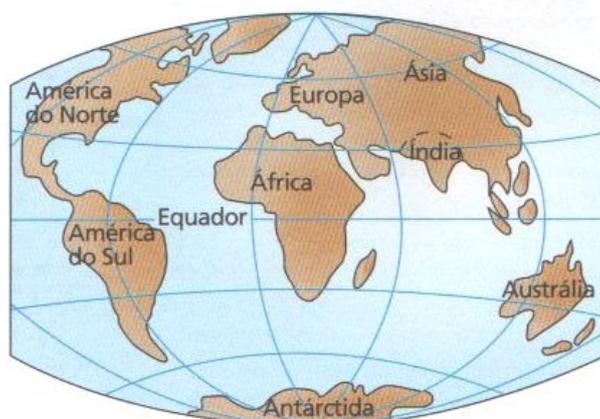
**Triásico**  
200 milhões de anos



**Jurássico**  
135 milhões de anos



**Cretácico**  
65 milhões de anos

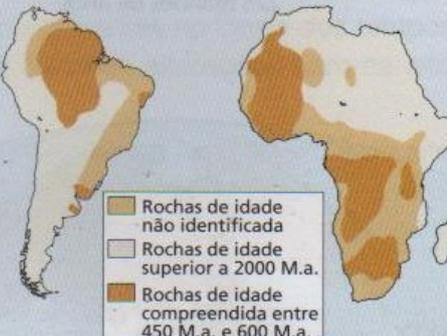
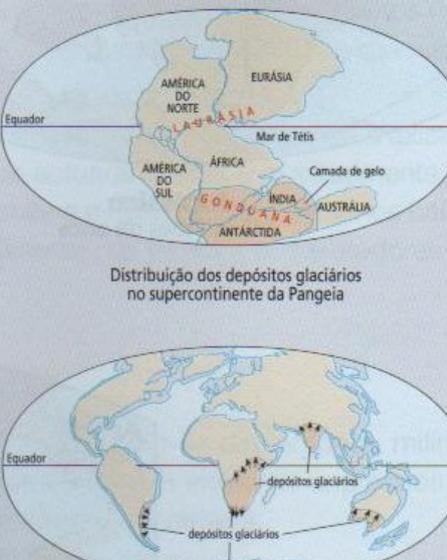
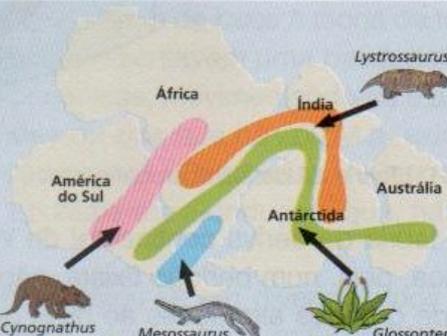


**Actualidade**

[Fig. 11] Teoria da deriva dos continentes.

A teoria da deriva continental de Wegener sofreu fortes críticas da comunidade científica da época, pois, num período fixista, não eram bem recebidas ideias que introduziam a necessidade de grandes alterações ao nível dos continentes. Wegener necessitava de argumentos mais fortes para a sua teoria e de conseguir explicar a origem da força que provocava a flutuação dos continentes sobre os oceanos.

**Tabela 5 • Argumentos da deriva dos continentes**

Argumento	Descrição	Esquema
<p><b>Morfológico</b></p>	<p>Wegener, ao analisar a forma dos bordos dos continente africano e sul-americano, constatou que estes encaixavam, tal como as peças de um <i>puzzle</i>, e que esse ajuste ainda era maior se tentasse ajustar as plataformas continentais dos dois continentes.</p>	
<p><b>Geológico</b></p>	<p>Wegener utilizou as semelhanças litológica e estrutural existentes entre os continentes sul-americano e africano. A presença de rochas com a mesma idade e as mesmas deformações, na África do Sul e na Argentina, foram explicadas por Wegener como tendo sido formadas ao mesmo tempo e nas mesmas condições, ou seja, os continentes teriam de estar juntos no momento da sua formação.</p>	
<p><b>Paleogeográficos Paleoclimáticos</b></p>	<p>A análise de rochas que permitem concluir das condições climáticas vigentes no momento da sua formação, caso das moreias (depósitos glaciares) e do carvão, foi outro objecto de estudo utilizado por Wegener. Os argumentos paleogeográficos correspondem à utilização do estudo de depósitos glaciares, portanto, climas frios, e de depósitos de carvão, que revelam a presença de climas quentes e húmidos no momento da sua formação, ou seja, na Terra primitiva. A grande dispersão física de depósitos de origem glaciária mostra, pelo contrário, uma grande coesão, se admitirmos os continentes unidos no momento da formação destes depósitos glaciários.</p>	 <p>Distribuição dos depósitos glaciares no supercontinente da Pangeia</p> <p>Distribuição dos depósitos glaciares com cerca de 300 milhões de anos na actualidade</p>
<p><b>Paleontológico</b></p>	<p>A presença de determinados fósseis, como a <i>Glossopteris</i>, o <i>Mesossaurus</i>, o <i>Cynognathus</i> e o <i>Lystrossaurus</i>, em regiões da África e da América do Sul, de encaixe morfológico semelhante, serviu de argumento paleontológico para a existência de deriva dos continentes. Os seres vivos que deram origem a estes fósseis deveriam ter vivido em conjunto, pelo que o seu distanciamento é devido a uma separação e afastamento dos continentes.</p>	

A teoria de Wegener foi abandonada durante algum tempo, até que, muitos anos mais tarde, com outro pensamento científico a vigorar (evolucionismo), ela foi retomada e com novas roupagens – a **teoria da tectónica de placas** (década de 60 do século XX).

A teoria da tectónica de placas baseia-se na teoria da deriva continental, mas explica a fonte energética do movimento das placas tectónicas e admite que não são os continentes que se movimentam, mas sim as placas tectónicas ou litosféricas que contêm esses continentes.

A **litosfera** corresponde ao conjunto formado pela crosta terrestre (crosta continental e crosta oceânica) e pela parte superior do manto superior. A litosfera, de características rígidas, não apresenta uma espessura constante, pois apresenta uma maior espessura ao nível dos continentes do que ao nível dos oceanos, apresentando-se dividida em vários fragmentos que constituem as **placas tectónicas** (fig. 13).

As placas tectónicas podem abranger apenas a crosta oceânica, como no caso da placa do Pacífico, ou possuírem crosta oceânica e crosta continental, tal como a placa africana.

As placas tectónicas, tal como um *puzzle*, possuem zonas de união de umas com as outras (tabela 7). Os limites existentes entre as placas podem ser de três tipos: **limites convergentes**, **limites divergentes** e **limites conservativos** (tabela 6).

**Tabela 6 • Tipos de limites entre as placas tectónicas**

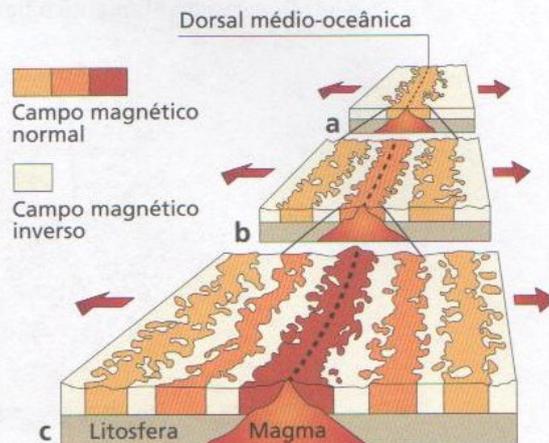
Limite	Características	Esquema
Convergente	<p>O limite convergente, que ocorre, por exemplo, nas ilhas do Japão e nos Himalaias, promove a convergência entre as placas. Este tipo de limite permite explicar a formação de ilhas e a formação de cadeias de montanhas e está associado às zonas de subdução. Ao convergirem, as placas tectónicas colidem, mergulhando em profundidade (subdução) a placa mais densa (placa oceânica), flutuando e originando cadeias de montanhas a placa menos densa (placa continental), como podes observar na figura 12A. Se as duas placas que colidem são oceânicas, formam-se ilhas de origem vulcânica (fig. 12B). Se as duas placas que colidem são continentais, formam-se cadeias de montanhas que podem estar associadas a fenómenos vulcânicos (fig. 12C).</p> <p>Os limites convergentes estão associados a grandes sismos, fenómenos de origem vulcânica, metamorfismo, deformação das rochas.</p>	
Divergente	<p>O limite divergente, que ocorre, por exemplo, no rifte do oceano Atlântico, promove o afastamento entre as placas tectónicas (fig. 12D). Este tipo de limite permite explicar a expansão dos fundos oceânicos, estando associado ao vulcanismo fissural, típico das dorsais médio-oceânicas, nas zonas de rifte. Ao longo da fissura provocada pelas forças divergentes, ocorre uma ascensão de magma basáltico de origem mantélica, que, ao atingir a superfície, arrefece, solidificando e originando nova litosfera.</p>	
Conservativo	<p>O limite conservativo, que ocorre, por exemplo, na falha de Santo André e na falha Açores-Gibraltar (falhas transformantes), provoca o deslizamento das placas, movimentos horizontais de partículas (fig. 12D).</p>	



Ao contrário da teoria da deriva dos continentes, a teoria da tectónica de placas encontrou uma explicação para o movimento das placas tectónicas e argumentos mais eficazes.

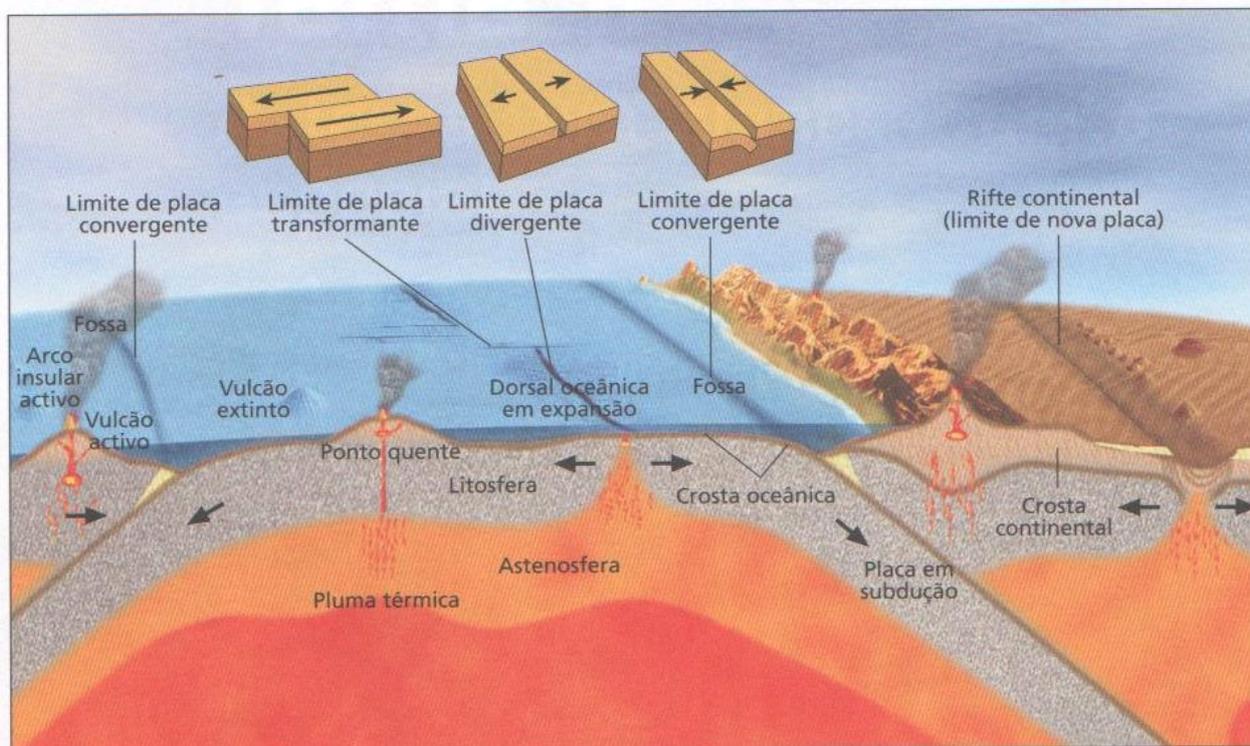
O estudo do fundo oceânico revelou que as rochas constituintes haviam registado o campo magnético existente no momento da sua formação. Analisando o registo desse campo magnético (fig. 14), verificou-se que este apresentava simetria em relação ao rifte, o que demonstrava a existência de uma expansão dos fundos oceânicos. A **expansão dos fundos oceânicos** e o **magnetismo das rochas** foram os novos argumentos utilizados para validar a teoria da tectónica de placas.

Como podes observar na figura 14, o rifte, limite convergente por onde são continuamente emitidas lavas basálticas, regista o campo magnético da actualidade. Se continuares a analisar o perfil geomagnético, verificas que a linha central tracejada funciona como um plano de simetria. Isto significa que a lava emitida ao nível do rifte solidificou, ocupando um determinado espaço, formando um novo fundo oceânico, o que revela a existência da expansão do fundo oceânico. Se efectuarmos a datação desse novo fundo oceânico, verificamos que ele é tanto mais antigo quanto mais afastado se encontra do rifte.



[Fig. 14] Geomagnetismo do fundo oceânico.

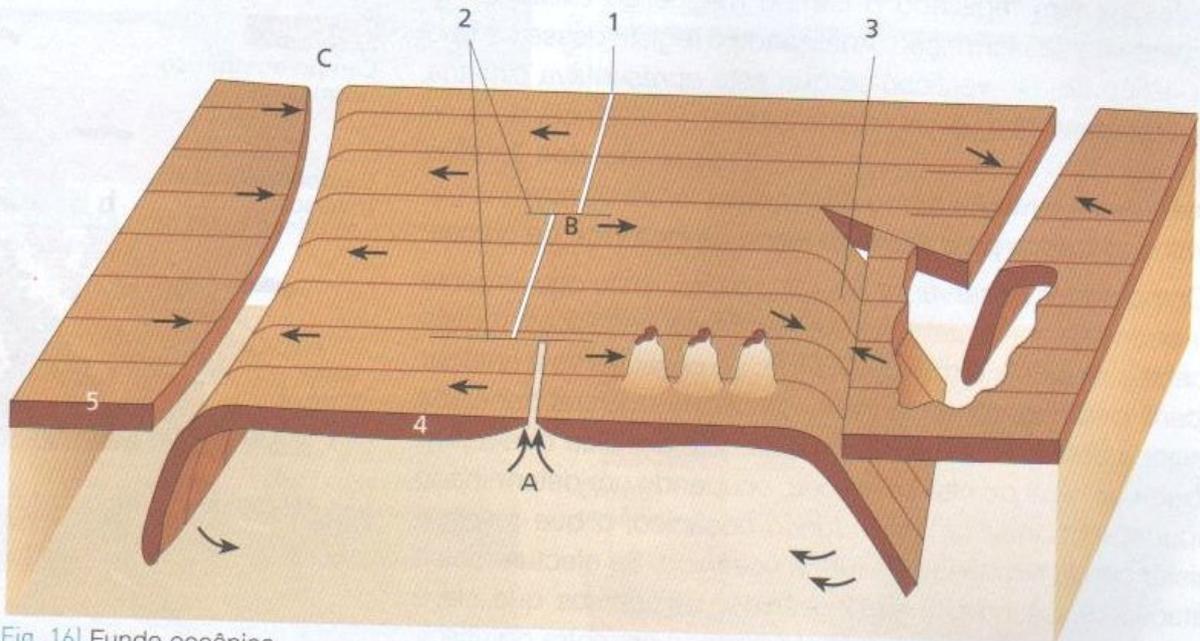
Esta expansão do fundo oceânico (fig. 15) vai criar forças de tensão sobre as áreas continentais, daí a modificação destas. Uma vez "empurradas e comprimidas", as placas continentais começam a soerguer-se, originando cadeias montanhosas. As placas oceânicas, porque constituídas por rochas mais densas, efectuam um mergulho, originando desta forma uma zona de subdução. Ocorre também subdução das placas oceânicas quando uma nova placa oceânica colide com outra placa oceânica mais antiga. A subdução deste material permite à superfície terrestre restabelecer-se do crescimento dos oceanos, provocando, assim, a movimentação dos continentes.



[Fig. 15] Teoria da tectónica de placas.

### Exercício resolvido 4

1. Observa atentamente a figura 16, que representa uma secção do fundo oceânico.



(Fig. 16) Fundo oceânico.

1.1. Faz a legenda dos números da figura.

1.2. Indica o tipo de limites de placas existente em A, B e C.

1.3. Indica um local onde se podem encontrar os limites representados por A e C.

Proposta de resolução:

1.1. 1 – Rifte; 2 – Falha transformante; 3 – Zona de subdução; 4 – Crosta oceânica; 5 – Crosta continental.

1.2. A – Limite divergente; B – Limite conservativo; C – Limite convergente.

1.3. O limite A (divergente) pode ser encontrado na dorsal médio-atlântica e o limite C (convergente) pode ser encontrado junto dos Himalaias.