

COMPREENDER A ESTRUTURA E A DINÂMICA DA GEOSFERA

MÉTODOS DE ESTUDO DO
INTERIOR DA GEOSFERA

A 3D rendering of the Earth is centered in the image. A red vertical line passes through the center of the Earth, representing the axis of rotation. Surrounding the Earth are several concentric, glowing blue and purple lines with arrows, representing the Earth's magnetic field. The background is a dark, deep blue with some faint, glowing patterns.

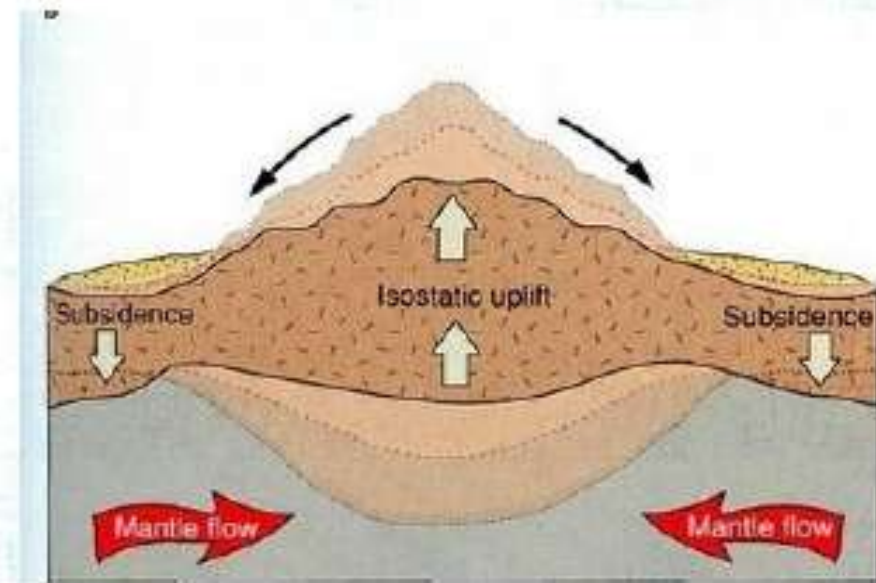
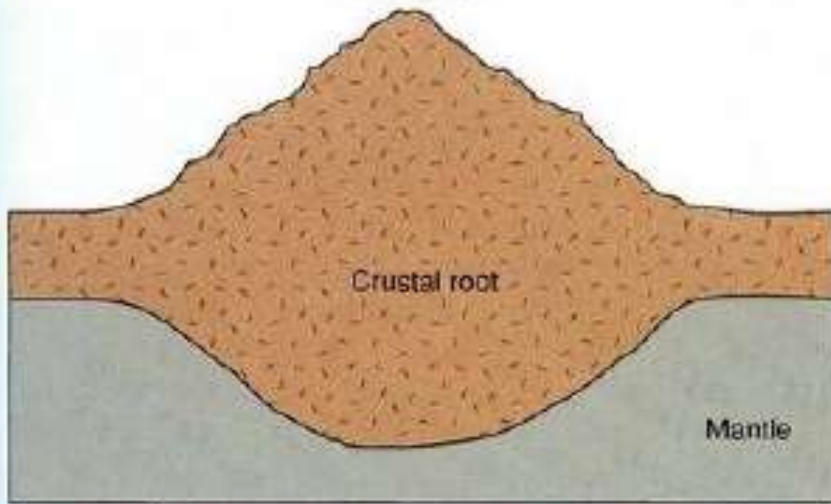
Que fenómenos permitem provar que a geosfera apresenta um **forte dinamismo**?

- ✓ A **formação de novas montanhas** é uma evidência do permanente dinamismo terrestre
- ✓ A vida interna da Terra revela-se aos nossos olhos quando **vulcões** entram em actividade
- ✓ O “**arrastamento**” de placas litosféricas ...
- ✓ O **ciclo das rochas** recicla os materiais ...
- ✓ Processos subtilmente lentos que pouco a pouco e continuamente, soergam massas continentais – **isostasia**.
- ✓ **Sismos** que, sendo dos mais temidos fenómenos naturais pela sua imprevisibilidade e pelas suas pesadas consequências, nos permitiram abrir uma janela de conhecimento para o interior do planeta....

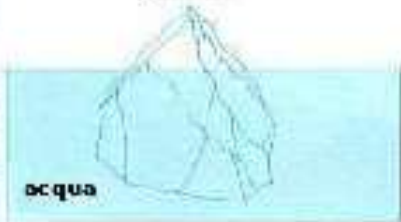


DINÂMICA DA GEOSFERA

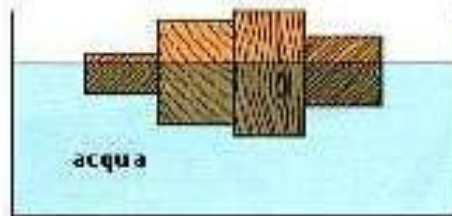
Mountains



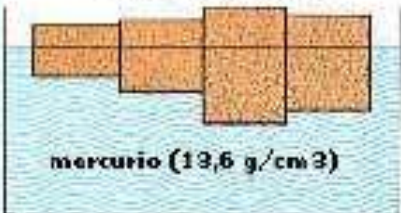
ghiaccio



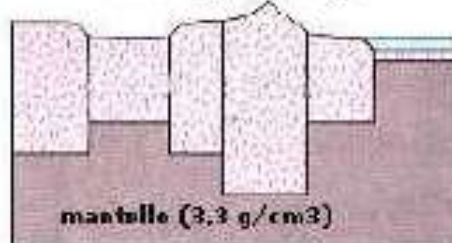
legno



rame (8,9 g/cm³)



crosta (2,7 g/cm³)



O fenómeno da Isostasia

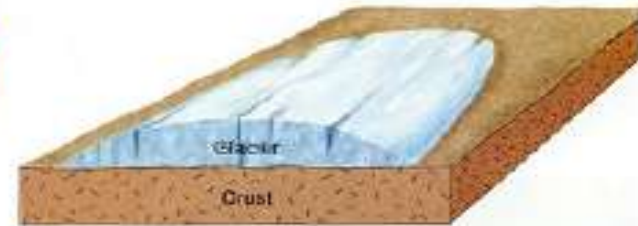
DINÂMICA DA GEOSFERA

O fenómeno da Isostasia

Sendo a astenosfera uma zona com comportamento plástico, a litosfera (menos densa), está em equilíbrio sobre aquela zona. Quando se rompe este equilíbrio ocorrerão movimentos verticais de ascensão ou descida!

Sedimentação e glaciações alteram o equilíbrio isostático e provocam afundamentos...

A erosão e o degelo alteram também este equilíbrio e provocam soerguimentos!



A Glacier forms, adding weight to crust



B Subsidence due to weight of ice



C Ice melts, removing weight from crust



D Crustal rebound as crust rises toward original position

A EVOLUÇÃO DAS PAISAGENS DEPENDE DA COMPETIÇÃO ENTRE AS FASES DE LEVANTAMENTO E EROÇÃO!

DINÂMICA DA GEOSFERA

O fenómeno da Isostasia - Escandinávia

Estes movimentos verticais da litosfera podem ocorrer quando uma região é sobrecarregada com algum material, causando movimentos de subsidência (afundamento), ou descarregada, causando soerguimento.



Na Escandinávia, após o último período de glaciação (há 10.000 anos), o nível do mar elevou-se rapidamente. Mas a Escandinávia, que estava recoberta por uma camada de gelo, continua a soerguer-se até hoje, segundo uma taxa média de 1 cm/ano!

TIPOS DE MÉTODOS

As explorações efectuadas no nosso planeta, apenas estudam uma pequena parte da sua superfície, mantendo-se o seu interior como um “grande desconhecido”.

Com efeito, apesar de toda a tecnologia de que o Homem dispõe na actualidade, o conhecimento directo da Terra está limitado apenas a alguns escassos quilómetros da zona superficial.

Assim, são sem dúvida os dados da Sismologia, da Gravimetria e da Vulcanologia que mais informações têm fornecido ao Homem para saber um pouco mais sobre as zonas profundas do nosso planeta.



OBSERVAÇÃO E ESTUDO DIRECTO DA SUPERFÍCIE VISÍVEL

Estudo da estrutura, composição química e contexto tectónico dos afloramentos de rochas.

Modificações do percurso das águas de um rio



Modificações constantes do litoral



Afloramentos Rochosos



EXPLORAÇÃO DE JAZIGOS MINERAIS EFECTUADA EM MINAS E ESCAVAÇÕES

Fornecem dados referentes a materiais que se encontram um pouco abaixo da superfície terrestre (entre 3 – 4 Km).



SONDAGENS

São furos efectuados a níveis mais profundos na crosta terrestre e que permitem a extracção de colunas de rochas (carotes ou tarolos) que fornecem informações aos geólogos sobre o passado da Terra.



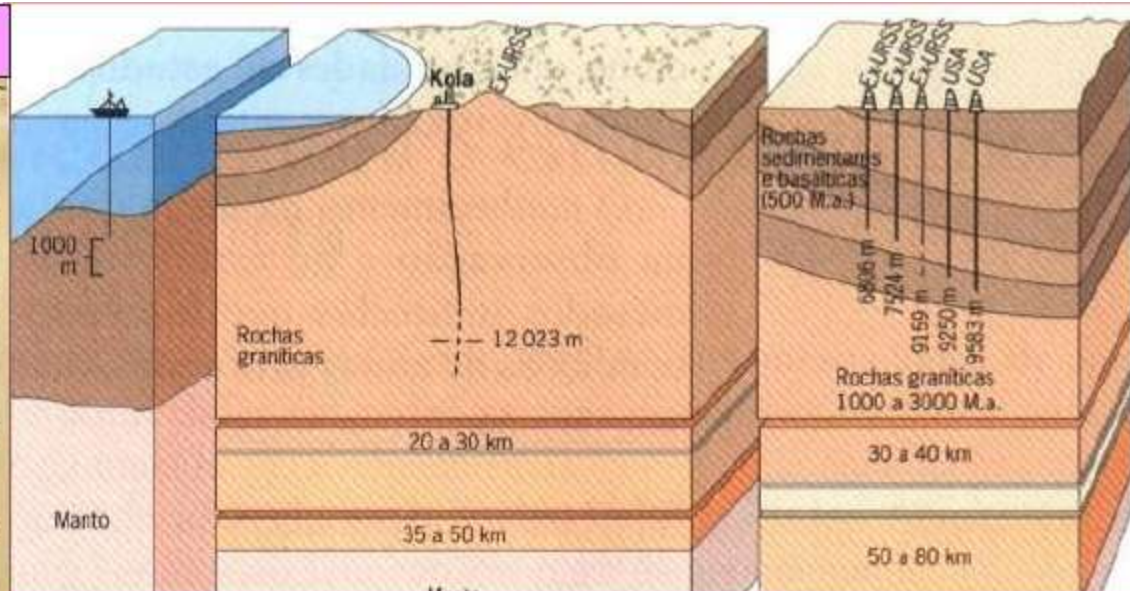
Carote extraído do Anticlinal Borba-Vila-Viçosa-Estremoz



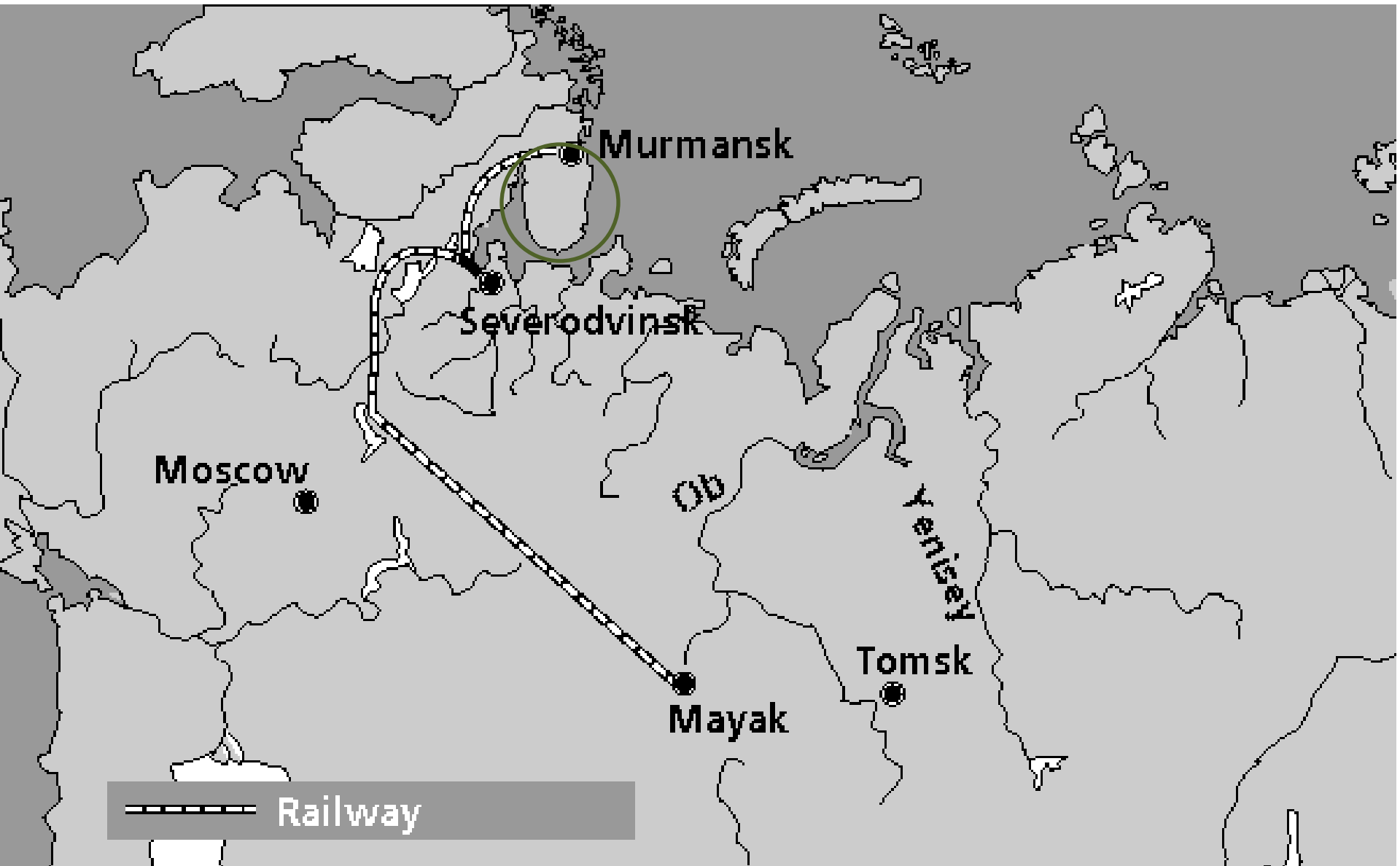
SONDAGENS

A perfuração mais profunda ao nível continental foi realizada pelos soviéticos em 1970, na Península de Kola, e atingiu cerca de 12 000 m de profundidade. Ao nível oceânico, a perfuração mais profunda foi realizada por americanos em 1991, no Pacífico Central e atingiu cerca de 2 000 m de profundidade sob o fundo oceânico situado a - 3 500 m.

Carotes



Furos ultraprofundos (> 1500 – 1700m de profundidade)



VULCANISMO

“vulcões - janelas abertas para o interior da Terra”

Os vulcões lançam para o exterior materiais oriundos de profundidades entre os 100 e 200 Km – o estudo do magma permite deduzir dados sobre as condições de pressão, temperatura e composição química do manto.

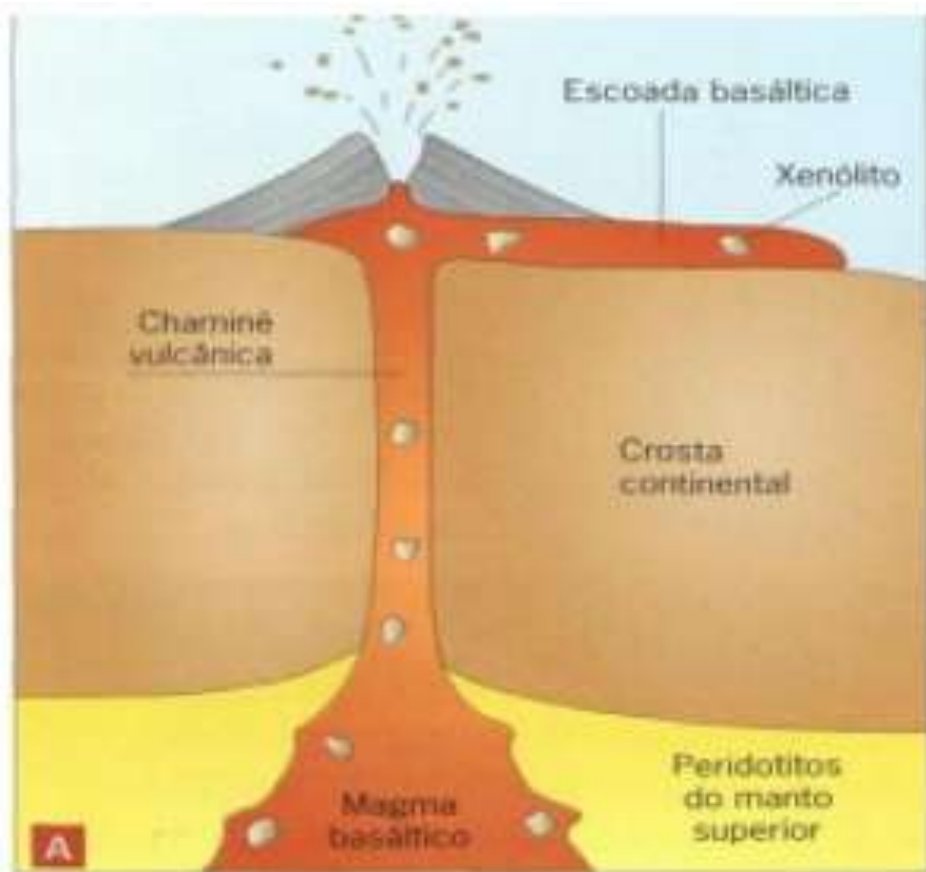
- Os xenólitos ou encraves são fragmentos de rochas encaixantes que foram arrancados pelo magma durante a sua ascensão (oriundos de profundidades de 200km ou mais).



Amostra de basalto contendo nódulos (verdes) de peridotito, rocha do manto



Vulcanóloga a recolher amostras de lava do vulcão Kilauea, Havai.



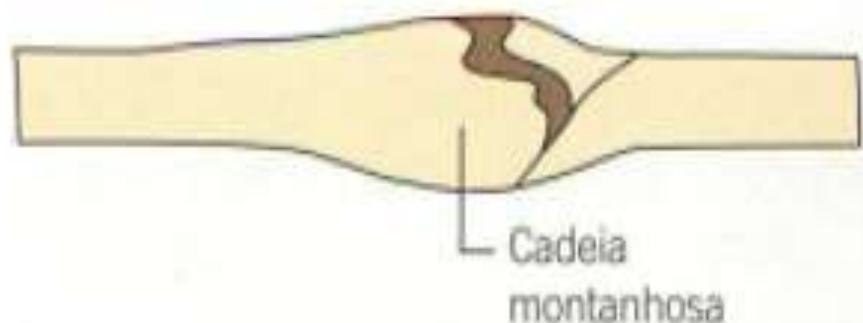
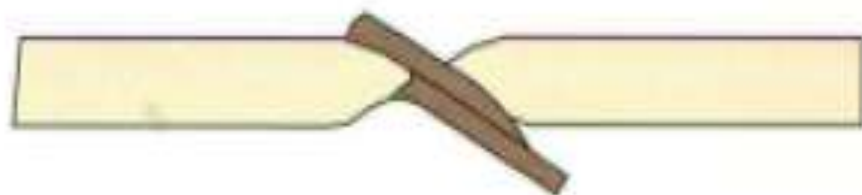
Basalto

Encrave de peridotito

B

✓ Movimentos tectónicos

Rochas que estavam em profundidade (crusta inferior ou manto superior) se situarem em zonas de limites convergentes, podem sofrer cavalgamentos, acabando por aflorar! ... Devido às forças, elas vão sendo lentamente transferidas de zonas profundas para a superfície!



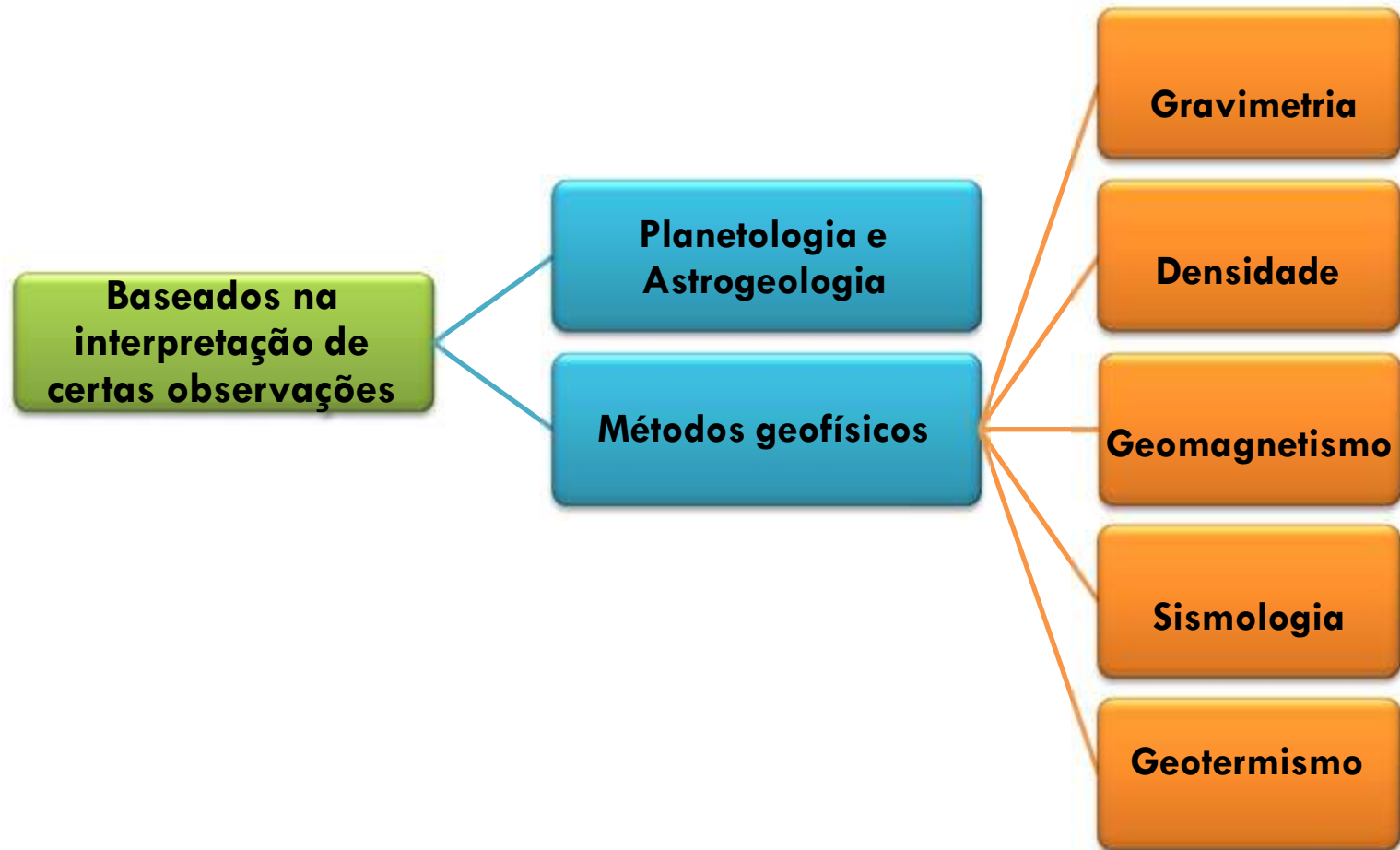
Estreitamento e fecho de um oceano, em cerca de 50 milhões de anos. Rochas do antigo fundo oceânico sobrepuseram-se a rochas continentais, no interior da cadeia montanhosa, assim formada por colisão dos continentes.

✓ Movimentos tectónicos



Gnaiss de Lagoa : esta rocha metamórfica, tipicamente continental está coberta por uma sequência representativa de uma antiga litosfera oceânica – Maciço de Morais, Macedo de Cavaleiros.

MÉTODOS INDIRECTOS



MÉTODOS INDIRECTOS – PLANETOLOGIA E ASTROGEOLOGIA

Os dados obtidos do estudo de outros corpos celestes são utilizados para fazer comparações e inferências sobre a Terra, como por exemplo, o estudo dos meteoritos.



Exploração da Lua

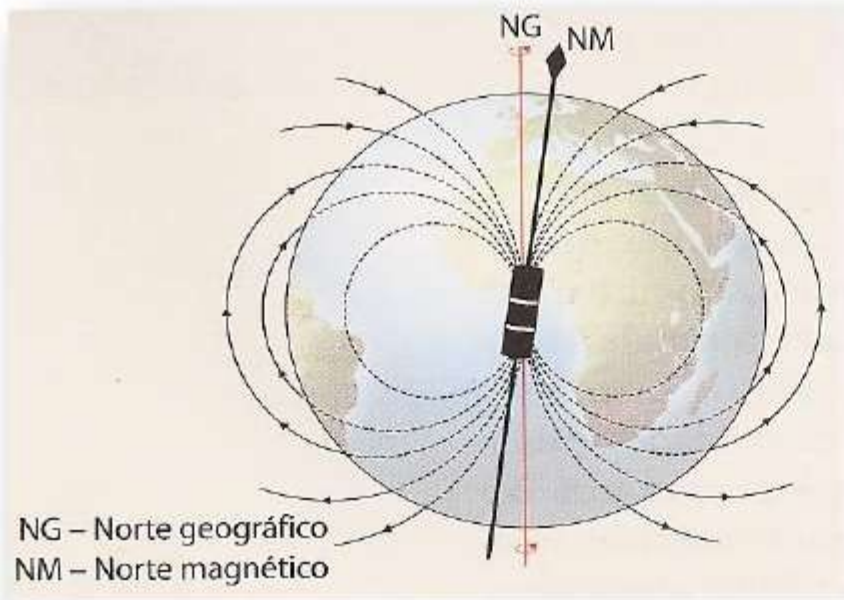


Siderito – similar ao núcleo terrestre

MÉTODOS INDIRECTOS - GEOMAGNETISMO

A Terra possui um campo magnético que se comporta como se o centro do planeta fosse ocupado por uma poderosa “barra” magnetizada.

- O campo magnético pode ser visualizado como uma série de linhas de força que, em cada local do espaço, nos indicam a orientação da força magnética.
- O campo magnético confere protecção, à Terra, da acção do vento solar.

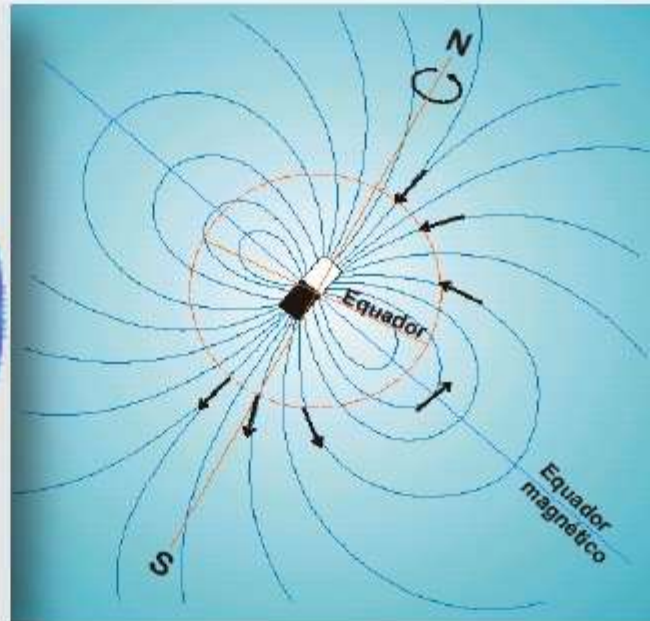
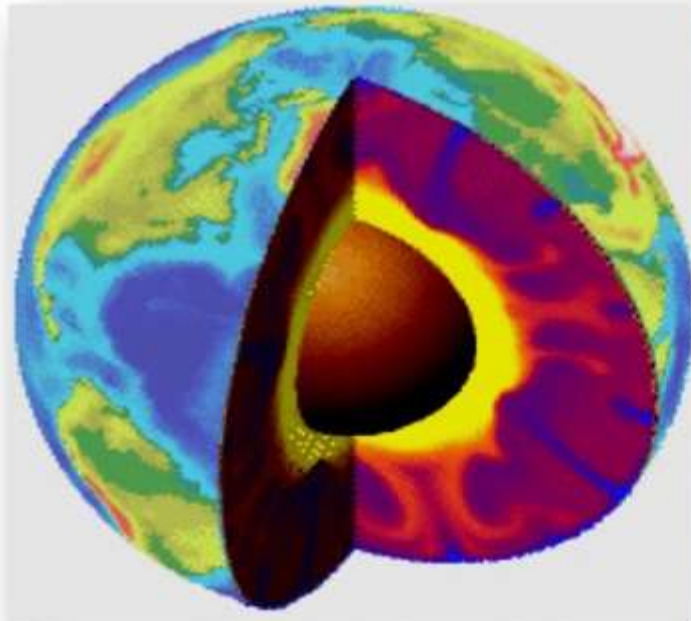


Campo magnético terrestre

Qual a origem do campo magnético terrestre?

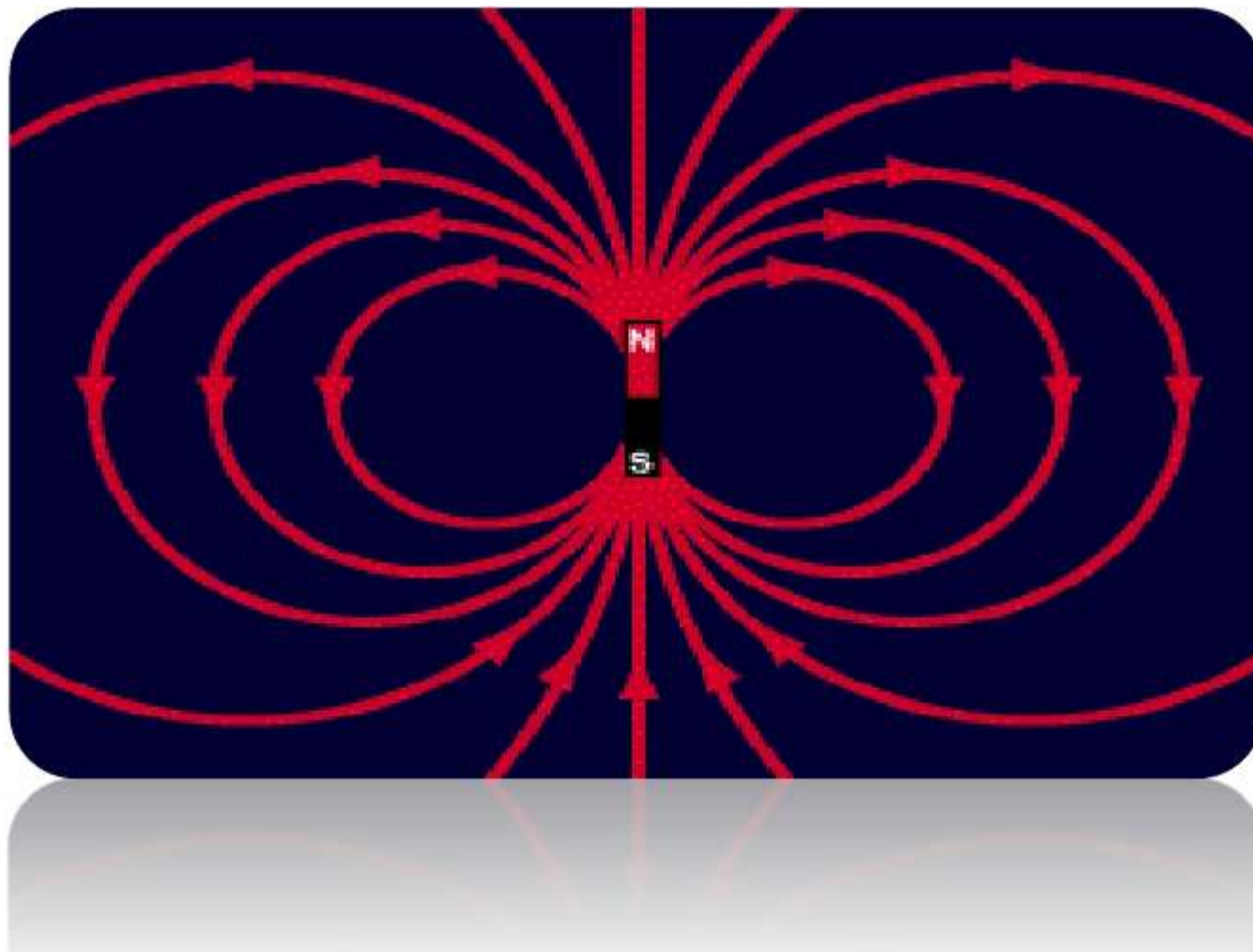
. Modelo do Dínamo:

Material do Núcleo Externo Líquido (Ferro e Níquel e alguns elementos leves como O, H, C e S) encontra-se em movimento de rotação (condutor) → gera-se uma corrente elétrica → origina-se o campo magnético terrestre.



CAMPO MAGMÉTICO

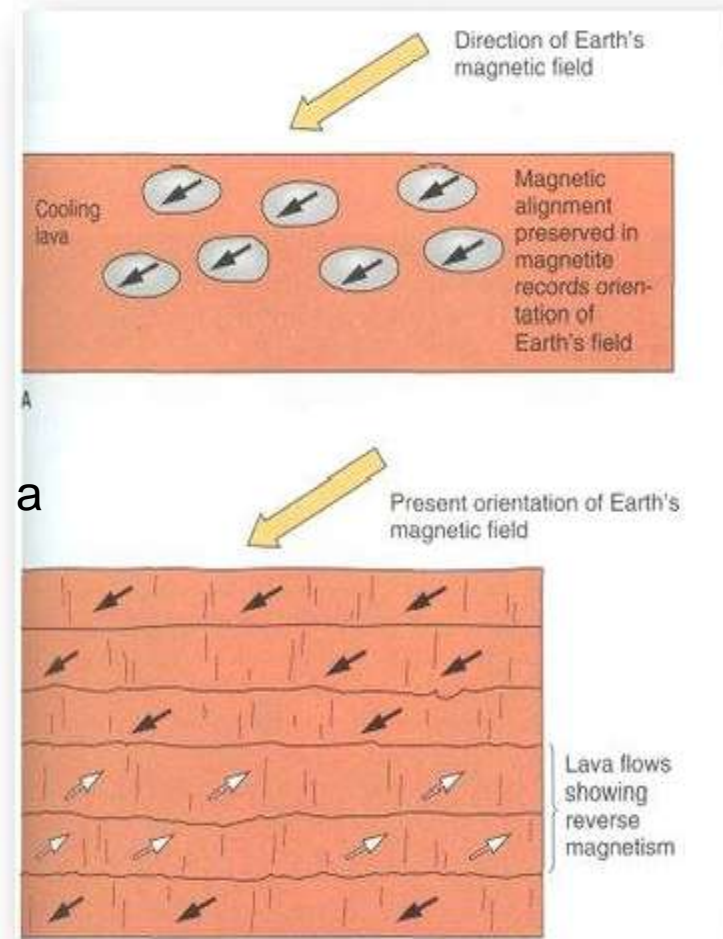
SUGERE A EXISTÊNCIA DE UM NÚCLEO METÁLICO



GEOMAGNETISMO

Certas rochas, como o basalto, são ricas em minerais ferromagnéticos.

Estes minerais, quando da sua formação, podem ficar magnetizados quando a temperatura desce abaixo do ponto de Curie (585 °C para magnetite).

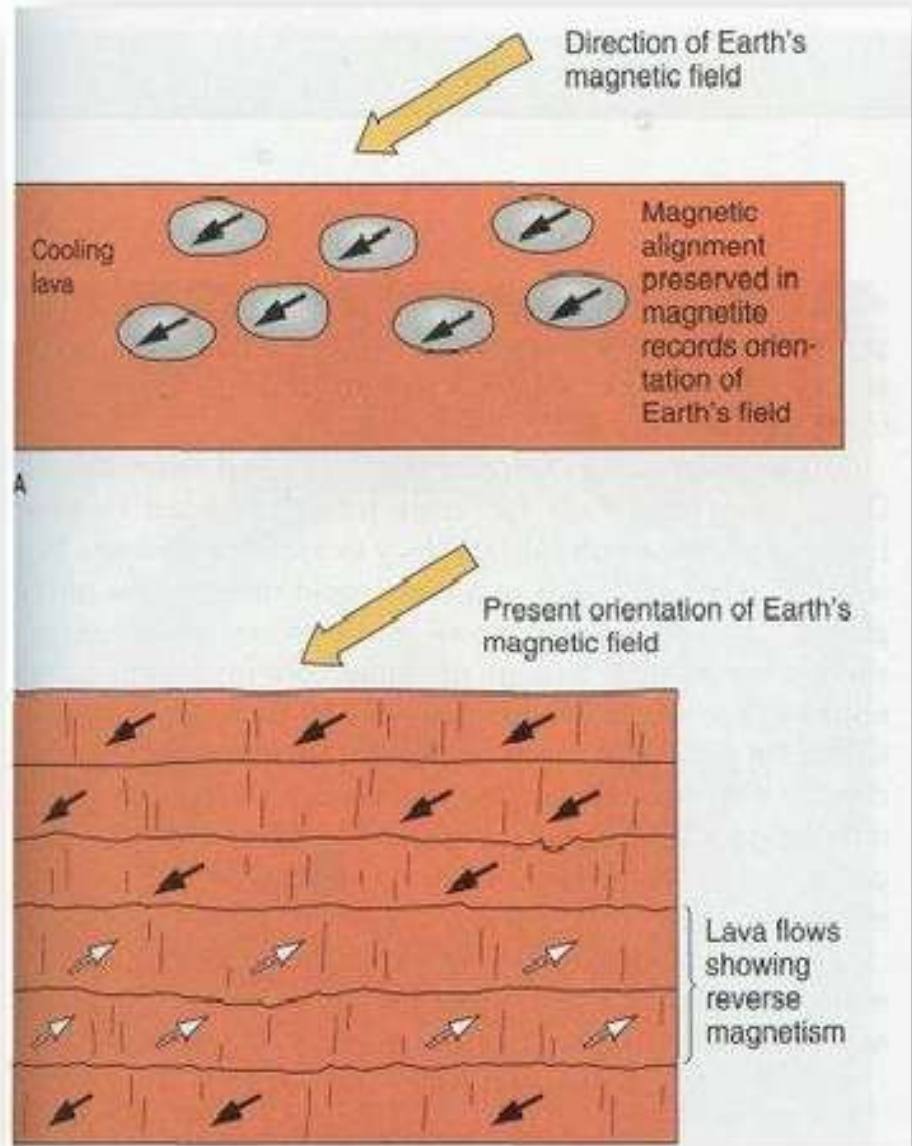


Ponto de Curie ou temperatura de Curie corresponde à temperatura acima da qual os materiais perdem as suas capacidades ferromagnéticas, voltando a adquiri-las com a diminuição da temperatura. Varia de material para material, descoberto por Pierre Curie.

GEOMAGNETISMO

Durante o arrefecimento do magma, formam-se cristais que ficam orientados de acordo com o campo magnético terrestre existente na altura.

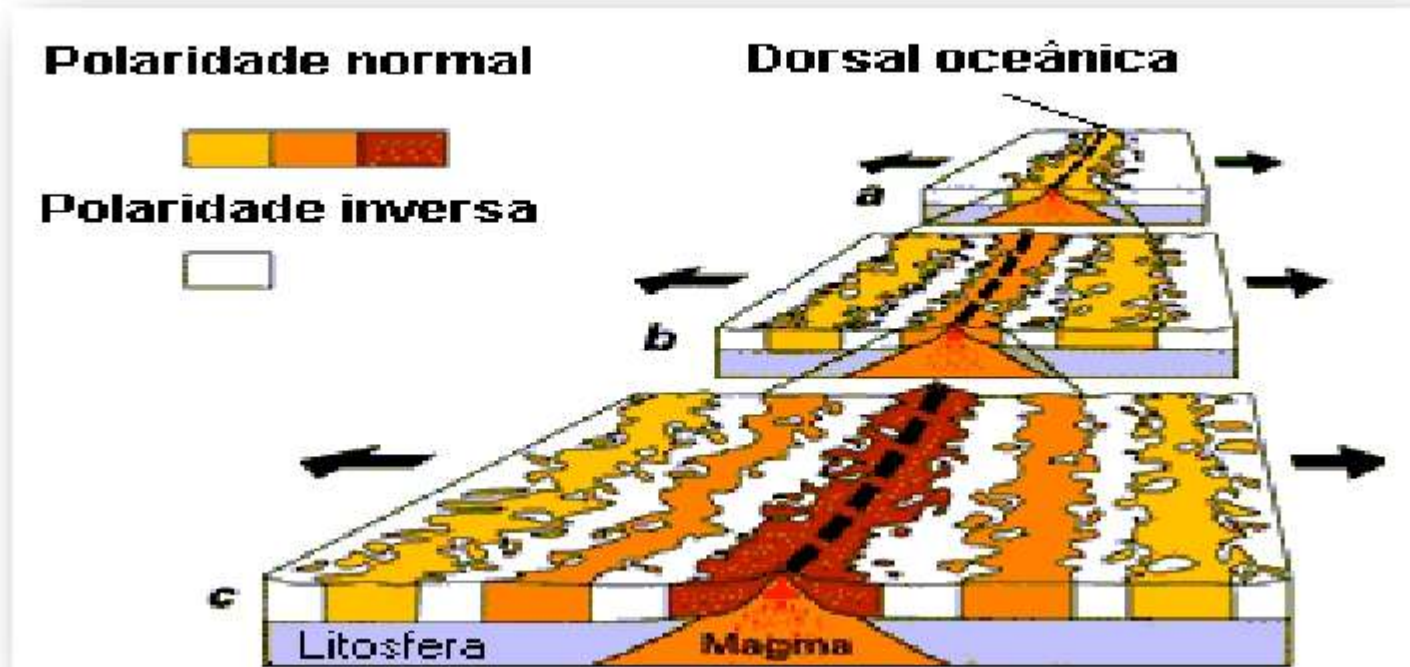
Esta polaridade fica registada mesmo que o campo magnético mude, excepto se os cristais forem aquecidos acima do ponto de Curie.



PALEOMAGNETISMO

O estudo dos campos magnéticos terrestres fossilizados designa-se paleomagnetismo.

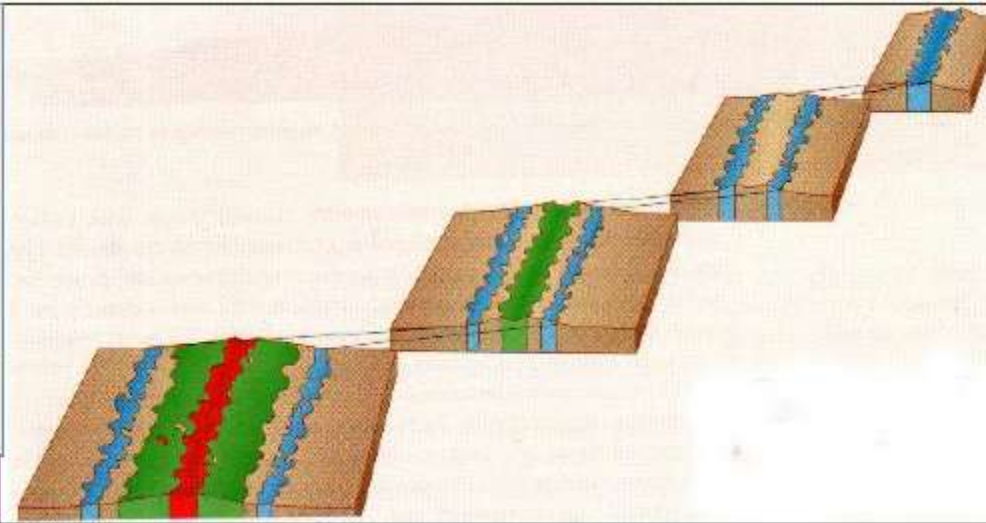
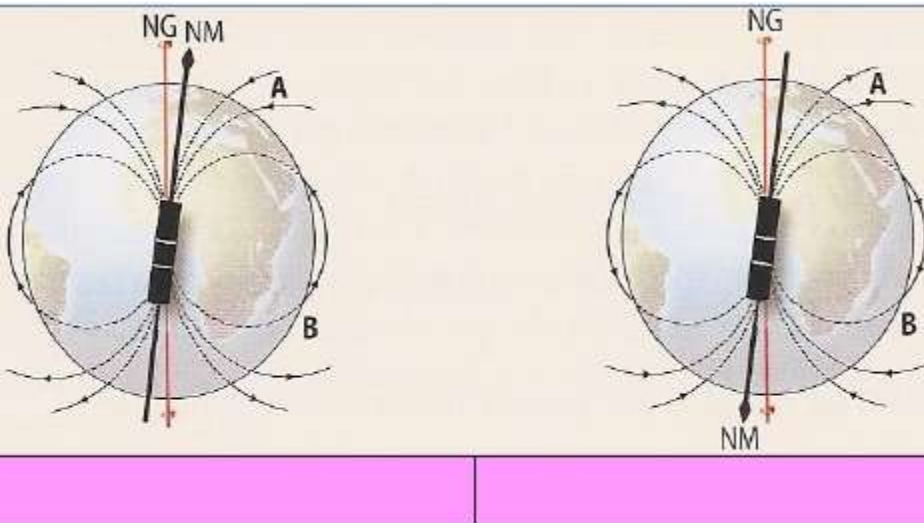
Estudos efectuados em derrames de lavas solidificadas dos fundos oceânicos demonstraram que o campo magnético terrestre muda periodicamente – isto é, o pólo magnético norte converte-se em pólo sul magnético e vice-versa.



POLARIDADE INVERSA E NORMAL

Polaridade normal – polaridade remanescente nas rochas idêntica à polaridade actual.

Polaridade inversa – polaridade remanescente nas rochas diferente (inversa) da polaridade actual.



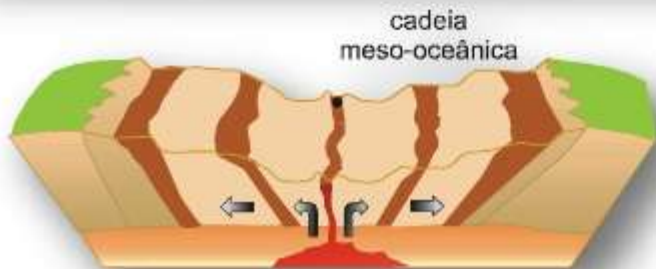
Polaridade Normal

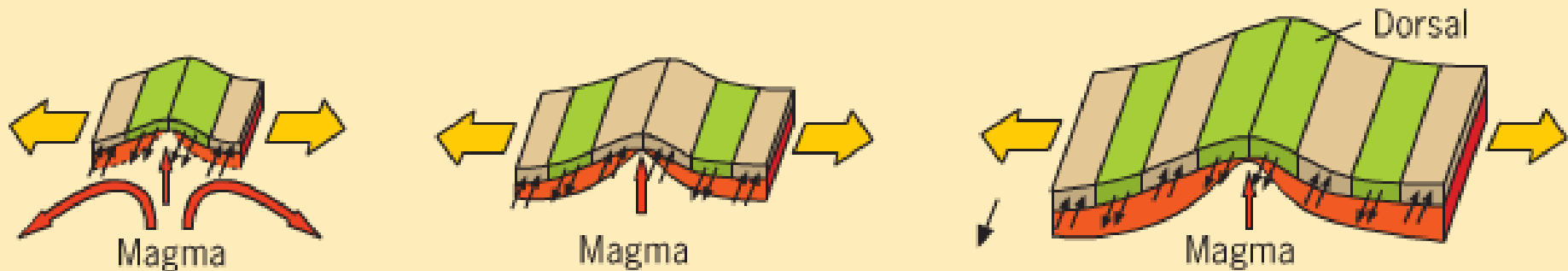
Polaridade Inversa

INVERSÕES MAGNÉTICAS

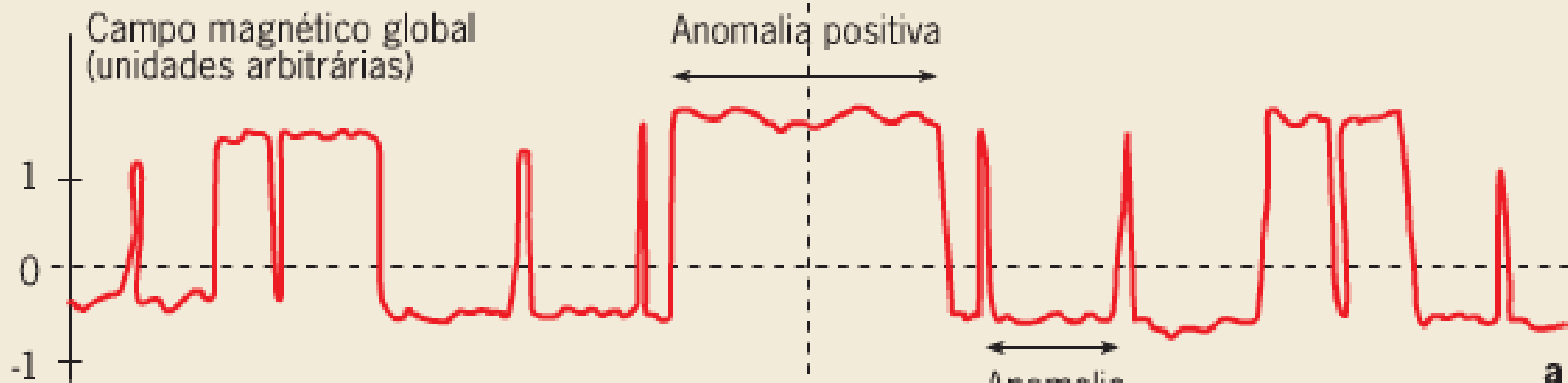


As inversões magnéticas apresentam-se como faixas simétricas de um e do outro lado do rifte devido à expansão dos fundos oceânicos a partir desta zona.





100 km 50 km Eixo da dorsal 50 km 100 km



Calendário das inversões magnéticas



Idade dos fundos dos oceanos em M.a.

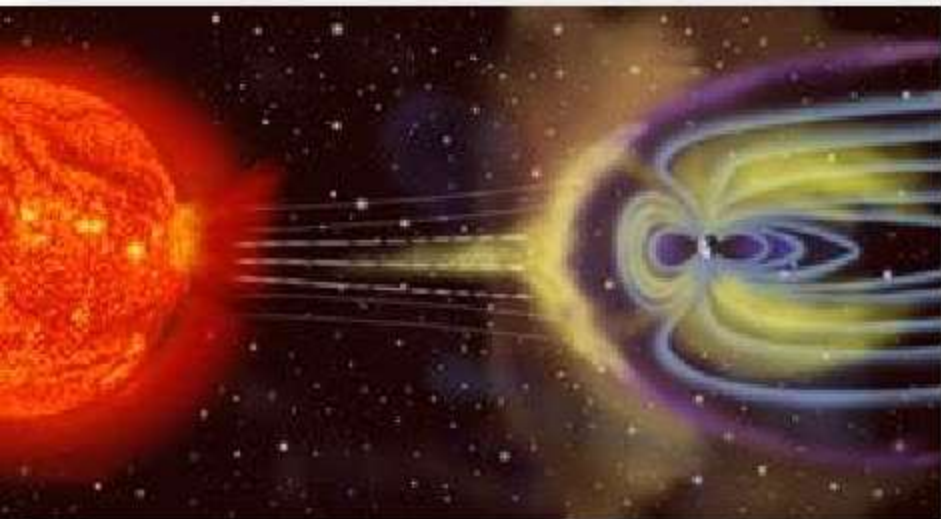


IMPORTÂNCIA DO GEOMAGNETISMO

- A existência do campo magnético apoia o modelo sobre a composição e as características físicas do núcleo terrestre.
- O paleomagnetismo é relevante porque:
 - regista as inversões da polaridade do campo magnético terrestre;
 - apoia a hipótese da expansão dos fundos oceânicos;
 - permite inferir a posição dos continentes relativamente aos pólos magnéticos;
 - permite determinar a latitude das rochas em estudo no momento da sua formação.

CAMPO MAGNÉTICO

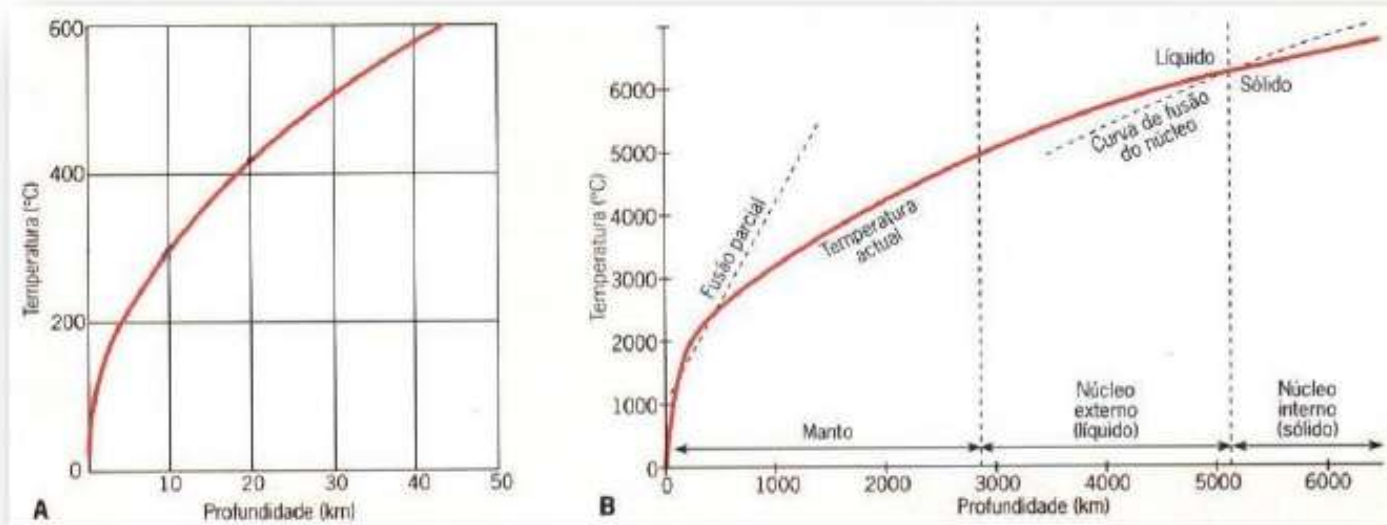
A magnetosfera é responsável pela formação das auroras boreais (pólo norte) e austrais (pólo sul), pois quando há tempestades solares, é emitido um vento solar que, quando atinge a magnetosfera, é defletido, distorcendo o campo magnético terrestre ao nível dos pólos e provocando os efeitos visíveis nas Auroras.



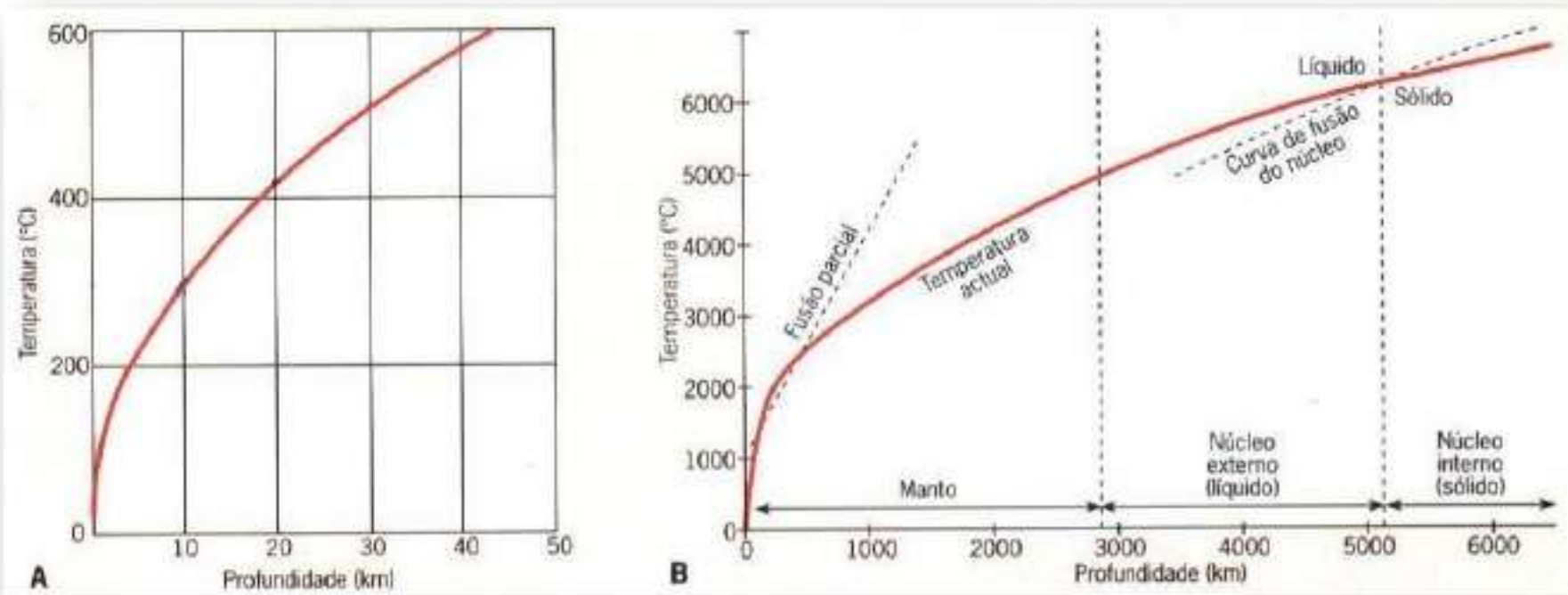
GEOTERMISMO

A energia interna da Terra provém dos fenómenos decorrentes da sua formação (acrecção e contracção gravitacional) e da desintegração de elementos radioactivos. Geotermia diz respeito ao estudo da formação e desenvolvimento dessa energia interna.

Gradiente geotérmico – corresponde à variação (aumento) de temperatura por cada Km percorrido em profundidade ($^{\circ}\text{C}/\text{Km}$);



Gradiente geotérmico

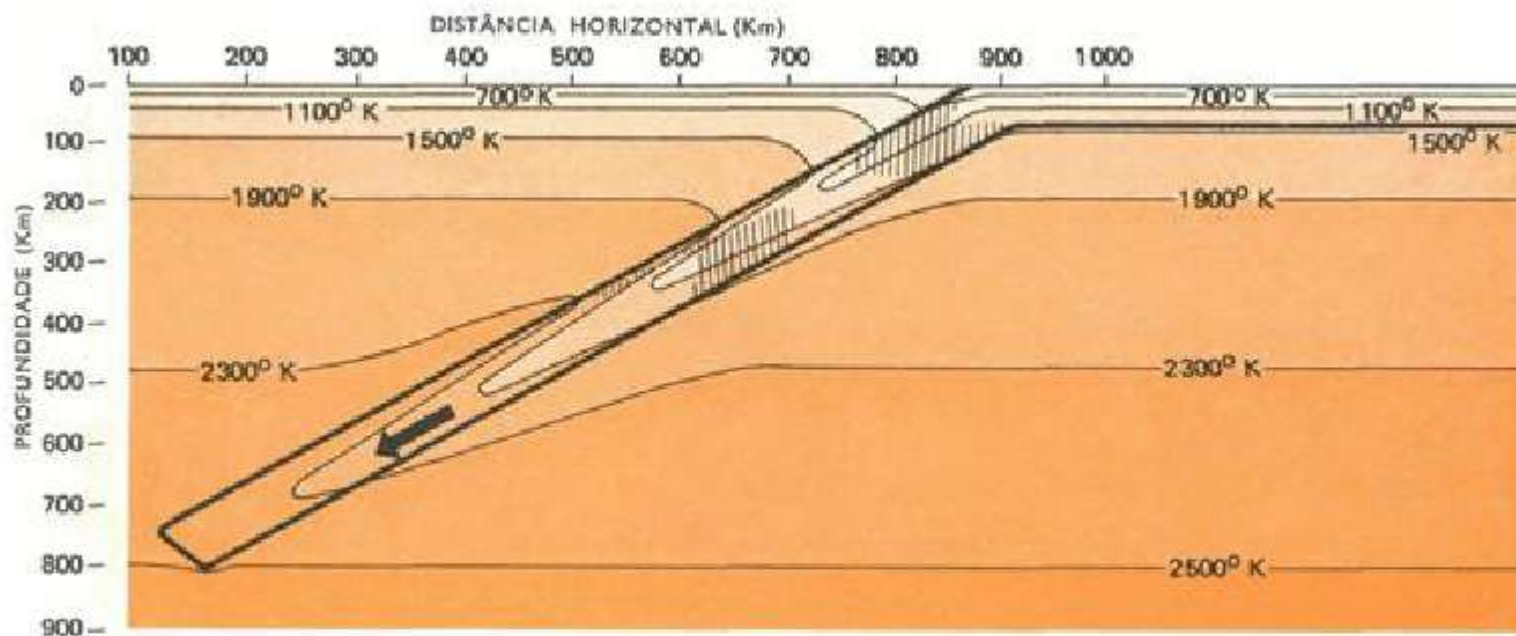


O gradiente geotérmico diminui com a profundidade, ou seja, a temperatura aumenta mais lentamente, em profundidade. Também varia com o contexto tectónico estando dependente do fluxo térmico local

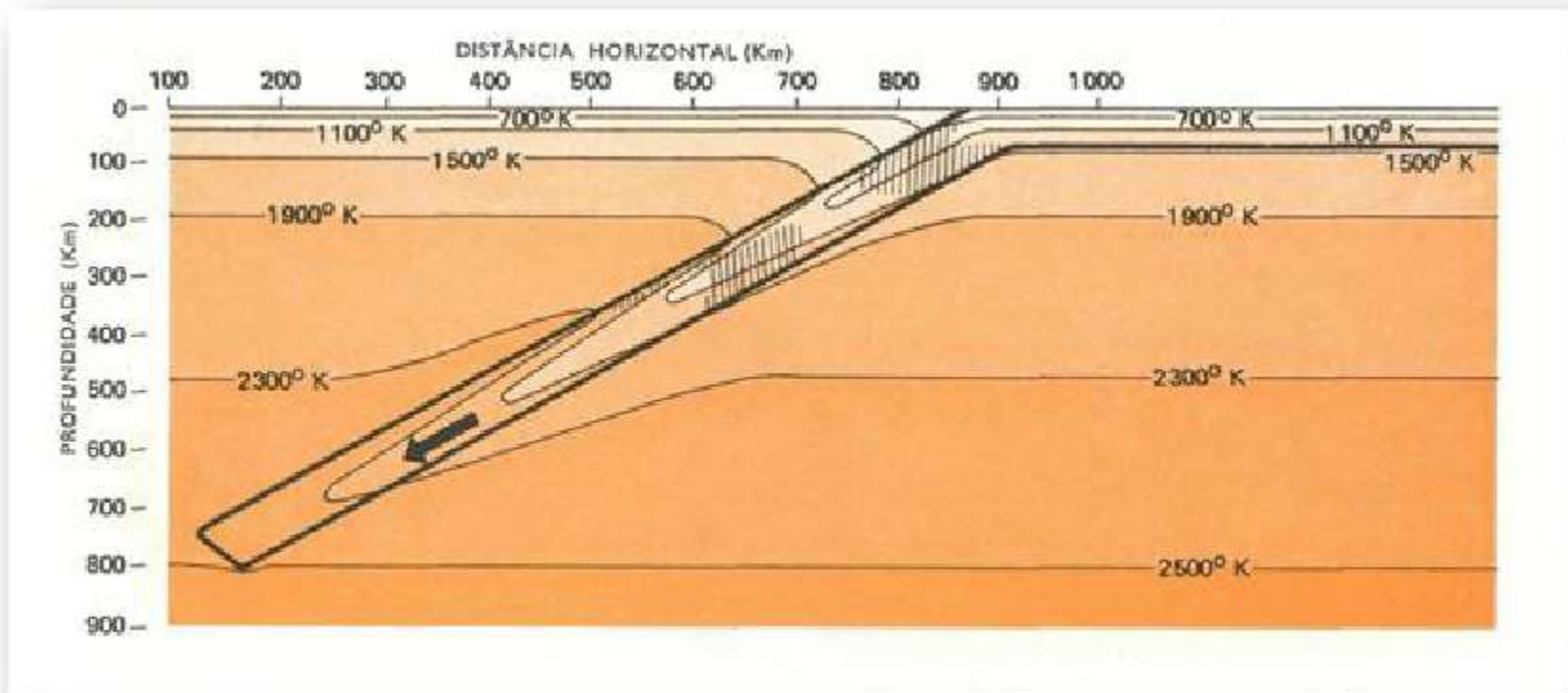
GEOTERMISMO

Grau geotérmico – número de metros necessário aprofundar para que a temperatura suba 1°C . O valor médio é cerca de $33\text{ m}/^{\circ}\text{C}$.

O grau geotérmico também varia em função da localização dos limites tectónicos e aumenta com a profundidade (ao contrário do gradiente). Depende do fluxo geotérmico.

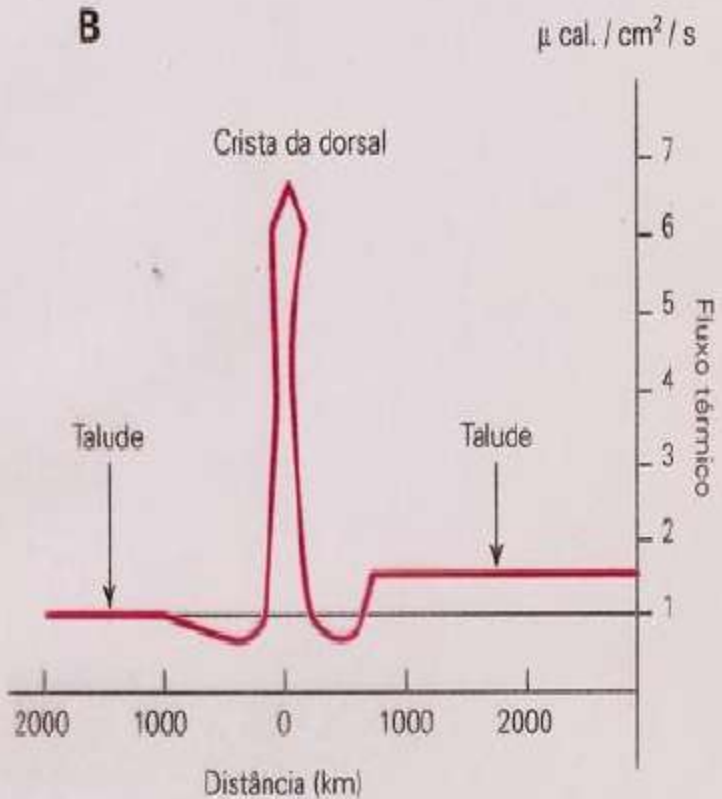
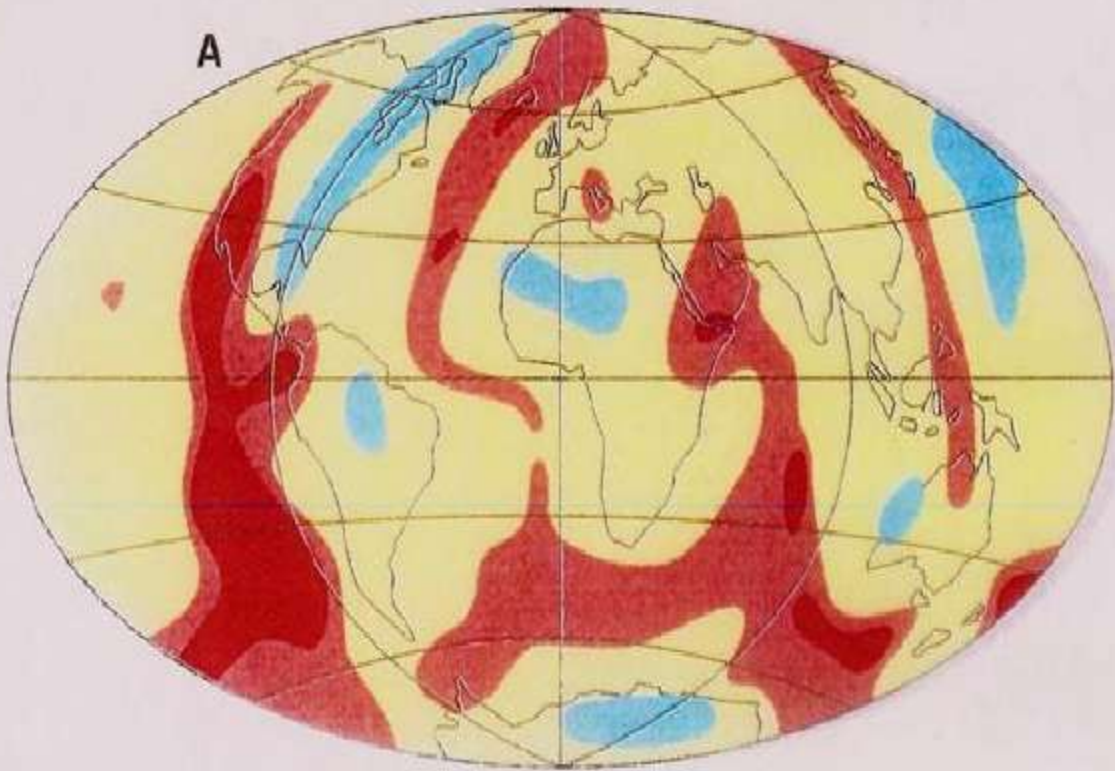


GEOTERMISMO



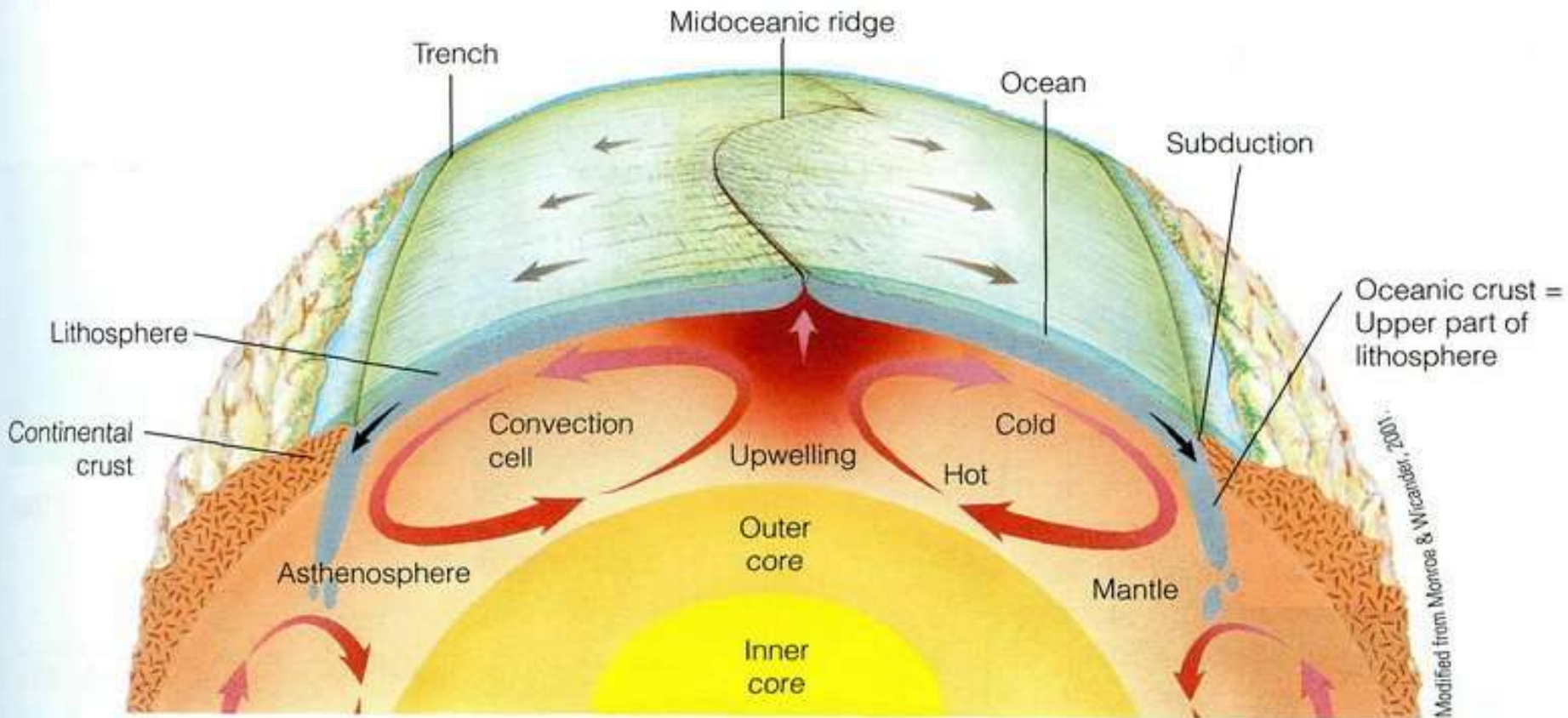
Fluxo térmico ou geotérmico – quantidade de energia calorífica libertada pela Terra por unidade de superfície e de tempo. Esta dissipação de calor ocorre constantemente e é muito lenta devido à baixa condutividade térmica das rochas constituintes da crosta terrestre, e varia em função das mesmas.

VARIAÇÃO DO FLUXO TÉRMICO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

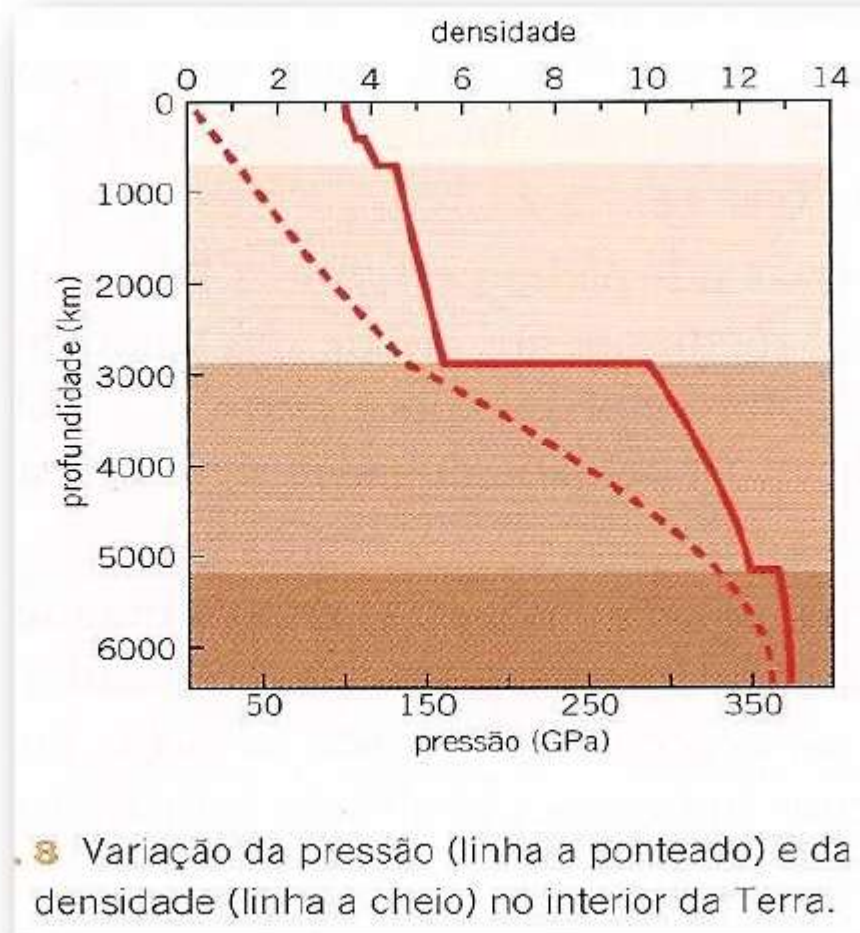


A - Variação do fluxo térmico na superfície do globo terrestre.
B - Valores do fluxo térmico, segundo um corte no oceano Atlântico.

FLUXO TÉRMICO E AS CORRENTES DE CONVECÇÃO



Gradiente geobárico - taxa de variação da pressão com a profundidade. O valor médio desta variação é de cerca de 250 a 300 atmosferas por km.



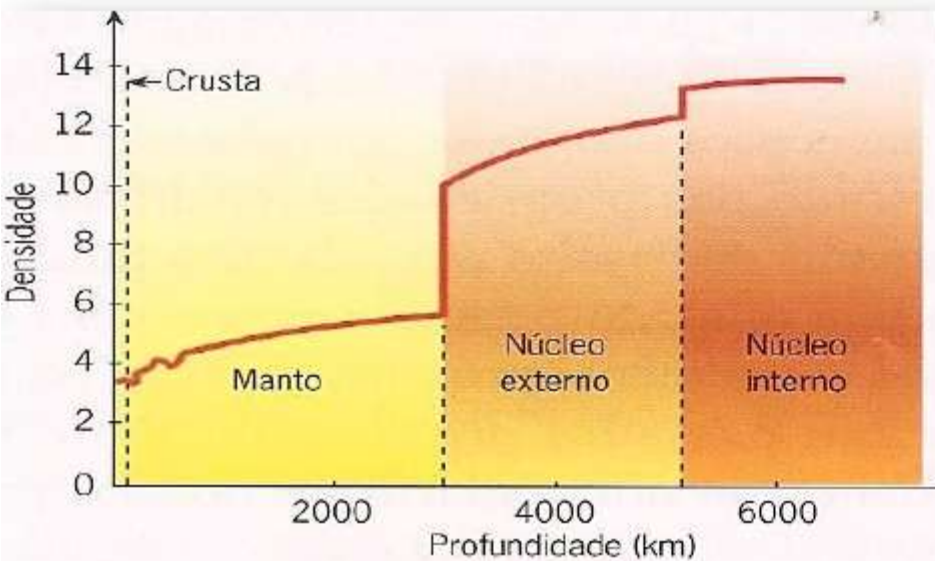
DENSIDADE

A densidade da Terra é a razão entre a massa e o volume por ela ocupado.

Dados: A densidade média da Terra é cerca de $5,52 \text{ kg/m}^3$; no entanto, a densidade das rochas da sua superfície é cerca de $2,8 \text{ kg/m}^3$



O interior da Terra deve ser muito denso



Variação da densidade com a profundidade

GRAVIMETRIA

Qualquer corpo situado à superfície da Terra experimenta uma força (F) de atracção para o centro do planeta, que, segundo a lei da atracção universal de Newton, é

dada pela expressão: $\vec{F} = \frac{G.M_1.M_2}{d^2}$

Na Terra:

$$F = G \frac{m.M}{R^2}$$

F – força da gravidade

R – raio terrestre

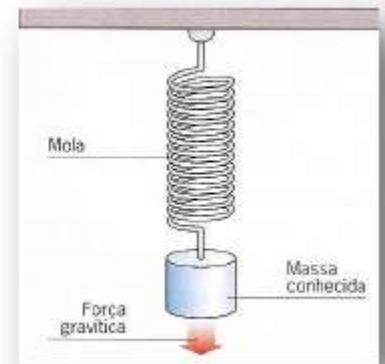
m – massa do corpo

M – Massa da Terra

G – constante gravitacional

Esta força, chamada força de atracção gravítica, varia na razão directa das massas e é inversamente proporcional ao quadrado da distância ao centro da Terra.

Gravímetros são aparelhos que medem a força da gravidade

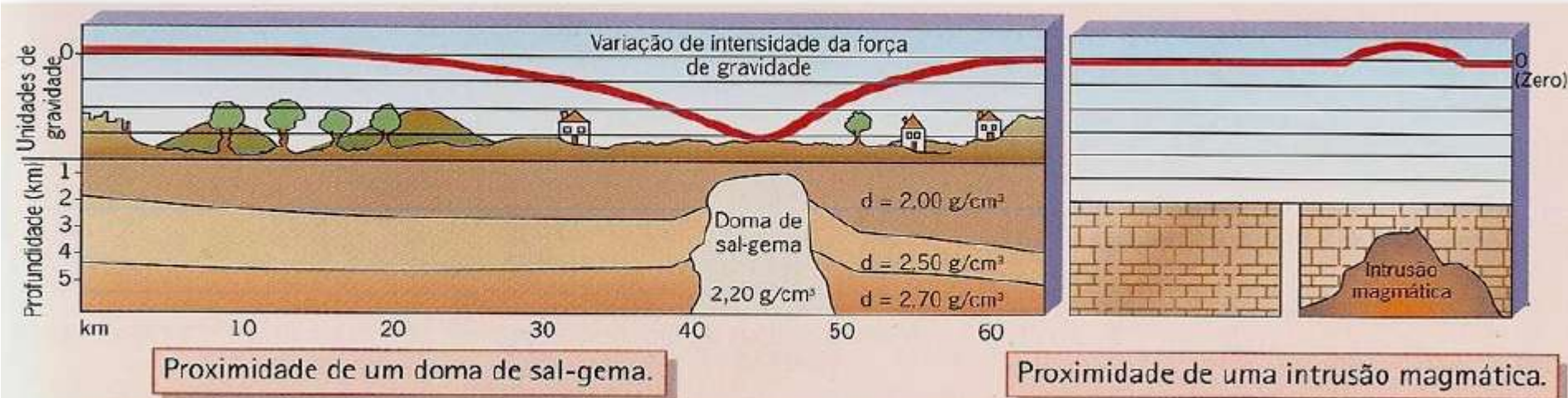


GRAVIMETRIA

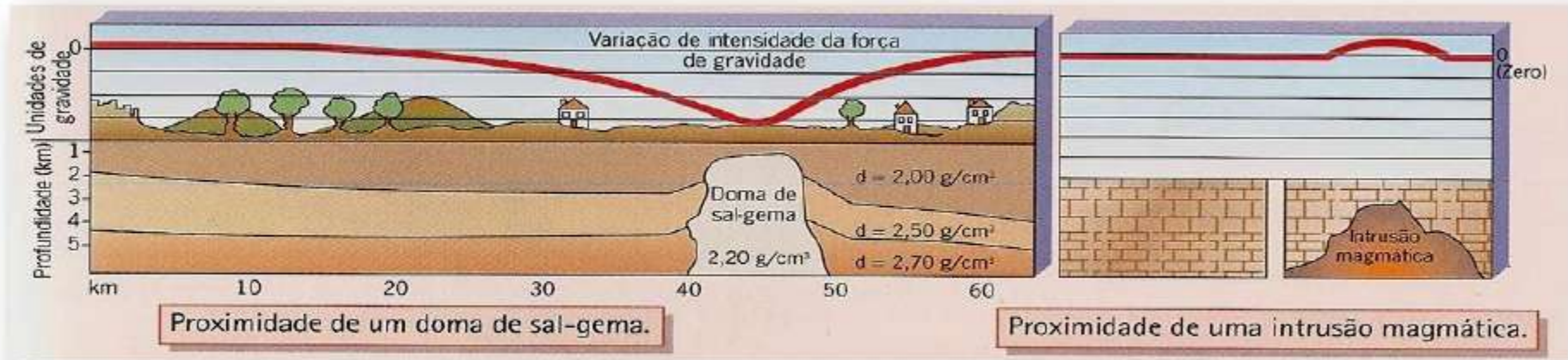
Quando ocorrem diferenças entre o valor da aceleração da gravidade medida pelo gravímetro e o valor da aceleração da gravidade calculado matematicamente (após a introdução de vários factores de correcção) estamos perante anomalias gravimétricas.

O valor normal da aceleração da gravidade, ao nível médio das águas do mar, é $9,81 \text{ m/s}^2$, e, por convenção, considera-se ser zero na medição de anomalias.

Anomalias gravimétricas superiores a este valor são anomalias positivas, enquanto que as anomalias gravimétricas inferiores a este valor são anomalias negativas.

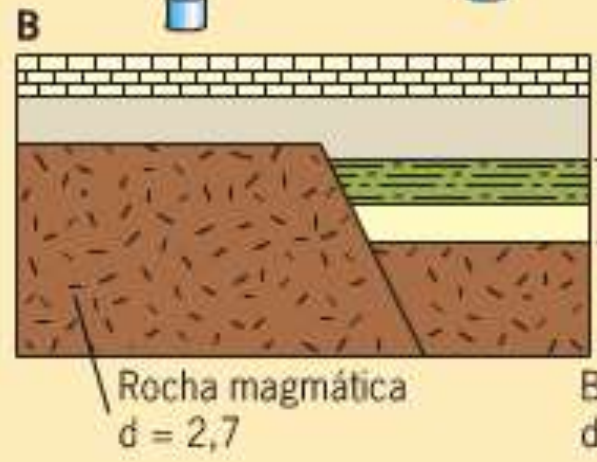
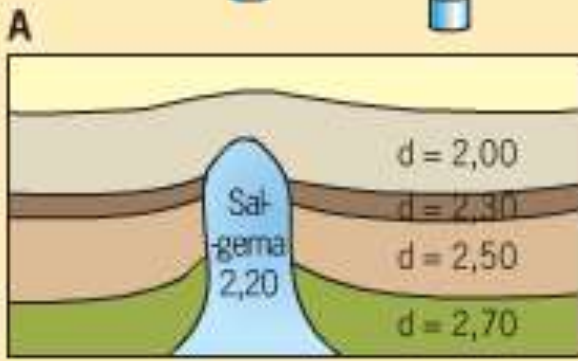


GRAVIMETRIA



Através das técnicas de gravimetria (ciência que mede, à superfície terrestre, a aceleração da gravidade entre a terra e uma determinada massa) é possível identificar a presença de materiais mais ou menos densos no interior da Terra, pois são eles os responsáveis pelas anomalias gravimétricas.

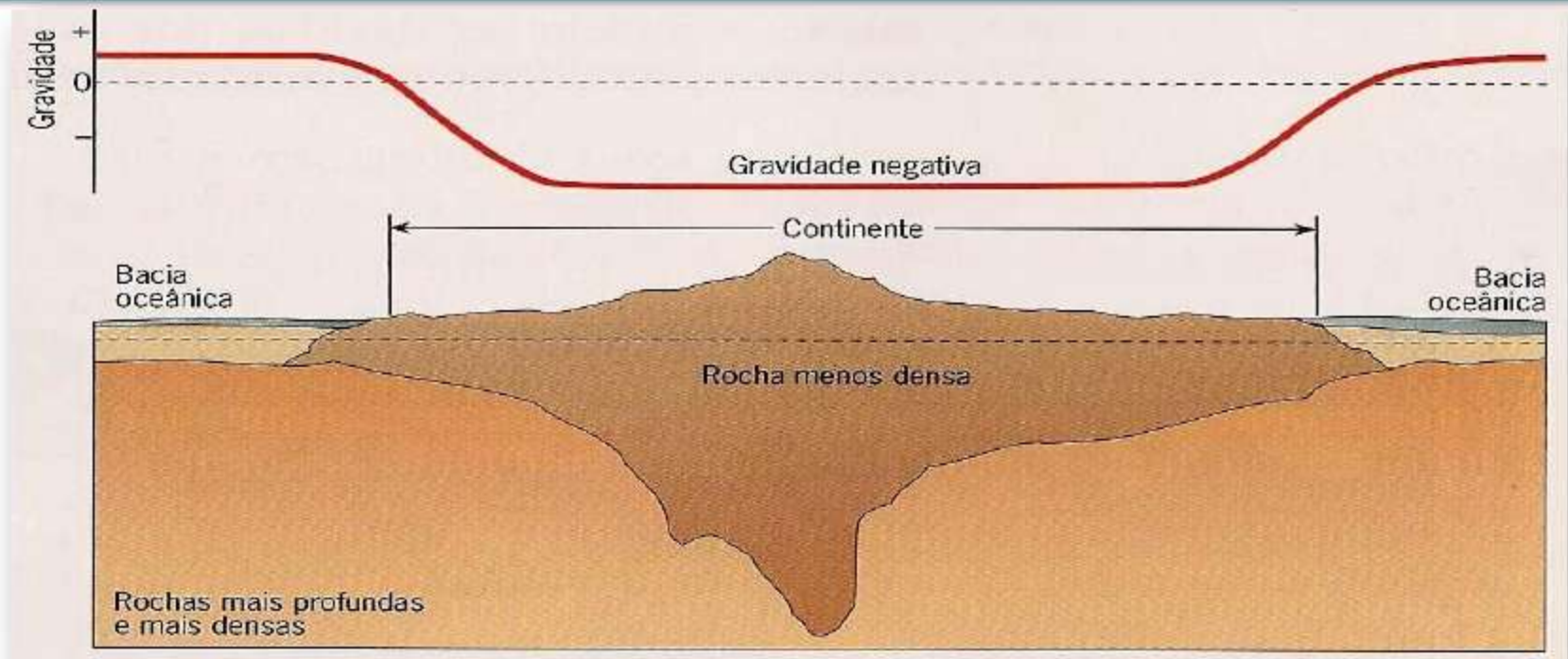
Anomalia positiva
0
Anomalia negativa



GRAVIMETRIA

Continentes = natureza granítica □ menor densidade □ anomalia gravimétrica negativa

Fundos oceânicos = natureza basáltica □ maior densidade □ anomalia gravimétrica positiva



Ao nível das montanhas existem anomalias gravimétricas negativas.

Permite fazer o estudo do interior da Terra através da observação do comportamento das ondas sísmicas que se propagam através do nosso planeta.

Se a Terra fosse homogénea, a velocidade das ondas sísmicas deveria manter-se constante em qualquer direcção e a trajectória dos raios sísmicos seria rectilínea.



Trajectória dos raios sísmicos se a
Terra fosse homogénea

Como o nosso planeta é heterogéneo, ou seja, é constituído por zonas de diferentes composições químicas e propriedades físicas, as ondas sísmicas experimentam alterações. As ondas são desviadas e algumas deixam de se propagar a partir de certa profundidade. Estes fenómenos fornecem informações sobre a constituição e características do globo terrestre.

Trajectória dos raios sísmicos na
Terra

