

Actividade Sísmica



Objectivos

- Compreender a sismicidade como evidência da actividade interna da Terra.
- Localizar as principais zonas de grande intensidade sísmica do planeta.
- Compreender a origem dos sismos e os seus parâmetros de caracterização.
- Conhecer as características de propagação dos vários tipos de ondas sísmicas.
- Reconhecer a forma como se registam os abalos sísmicos.
- Aplicar técnicas de determinação da distância epicentral de um sismo.
- Compreender as diferentes escalas que permitem avaliar um sismo.
- Relacionar a ocorrência de sismos com a tectónica de placas.
- Conhecer o potencial sísmico de Portugal.
- Conhecer formas de minimizar o risco sísmico – previsão e prevenção.
- Compreender a importância da propagação das ondas sísmicas na definição das discontinuidades do interior da Terra..
- Reconhecer a constituição interna da Terra de acordo com os modelos geoquímico e físico.



Os **sismos** revelam o carácter dinâmico da **Terra**, estando em permanente mutação. Produzem-se, principalmente, nos limites das **placas litosféricas**.



A actividade sísmica constitui um agente modificador da **paisagem** e pode gerar efeitos **devastadores** para a espécie humana **Terramotos**.

Sismicidade

Ocorrem cerca de 1 milhão de sismos por ano, a sua grande maioria não é sentida pela população – **microssismos**.

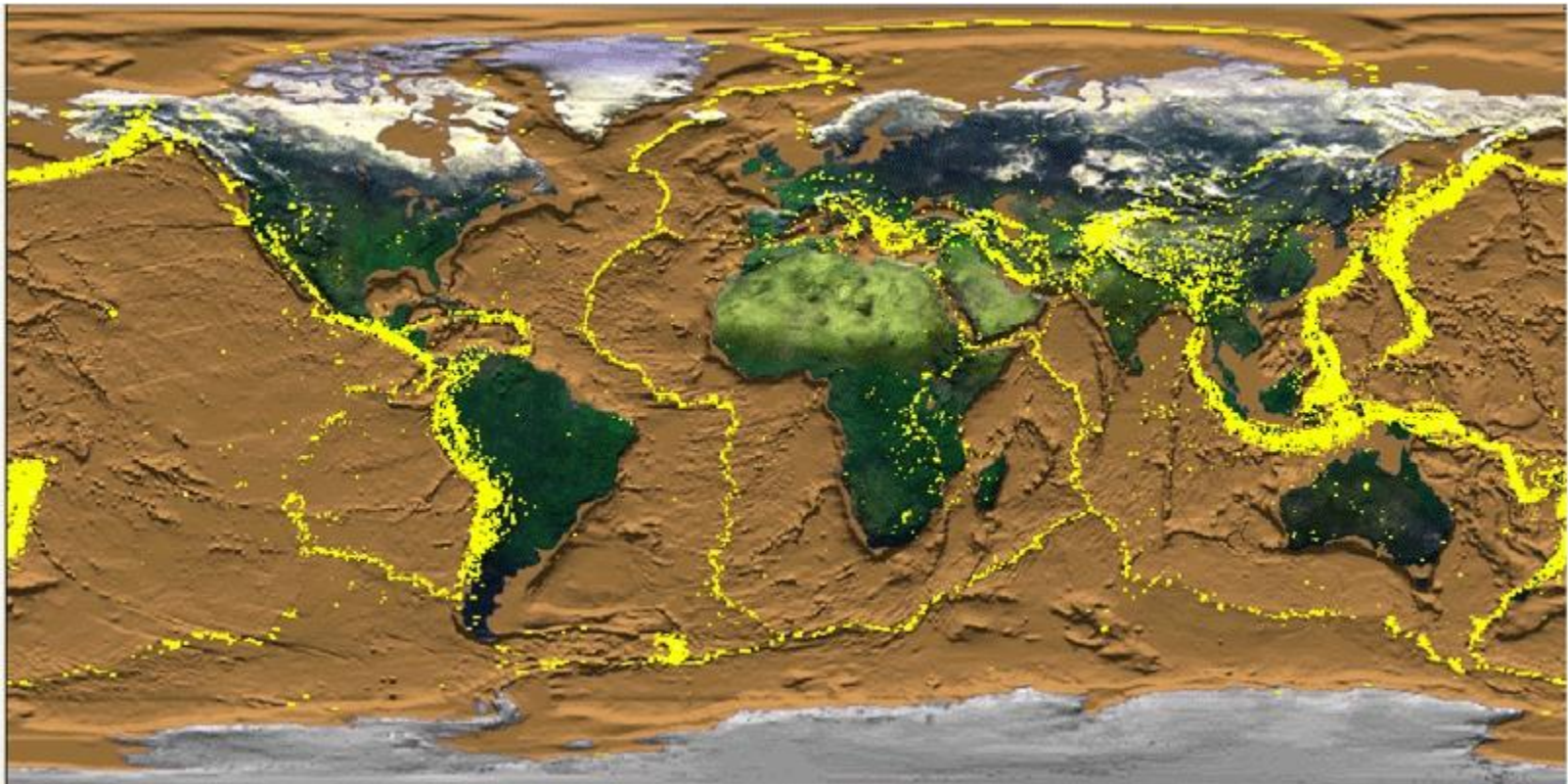


Os sismos que se sentem são os **macrossismos** e provocam, em média, 15000 mortos por ano e prejuízos incalculáveis.

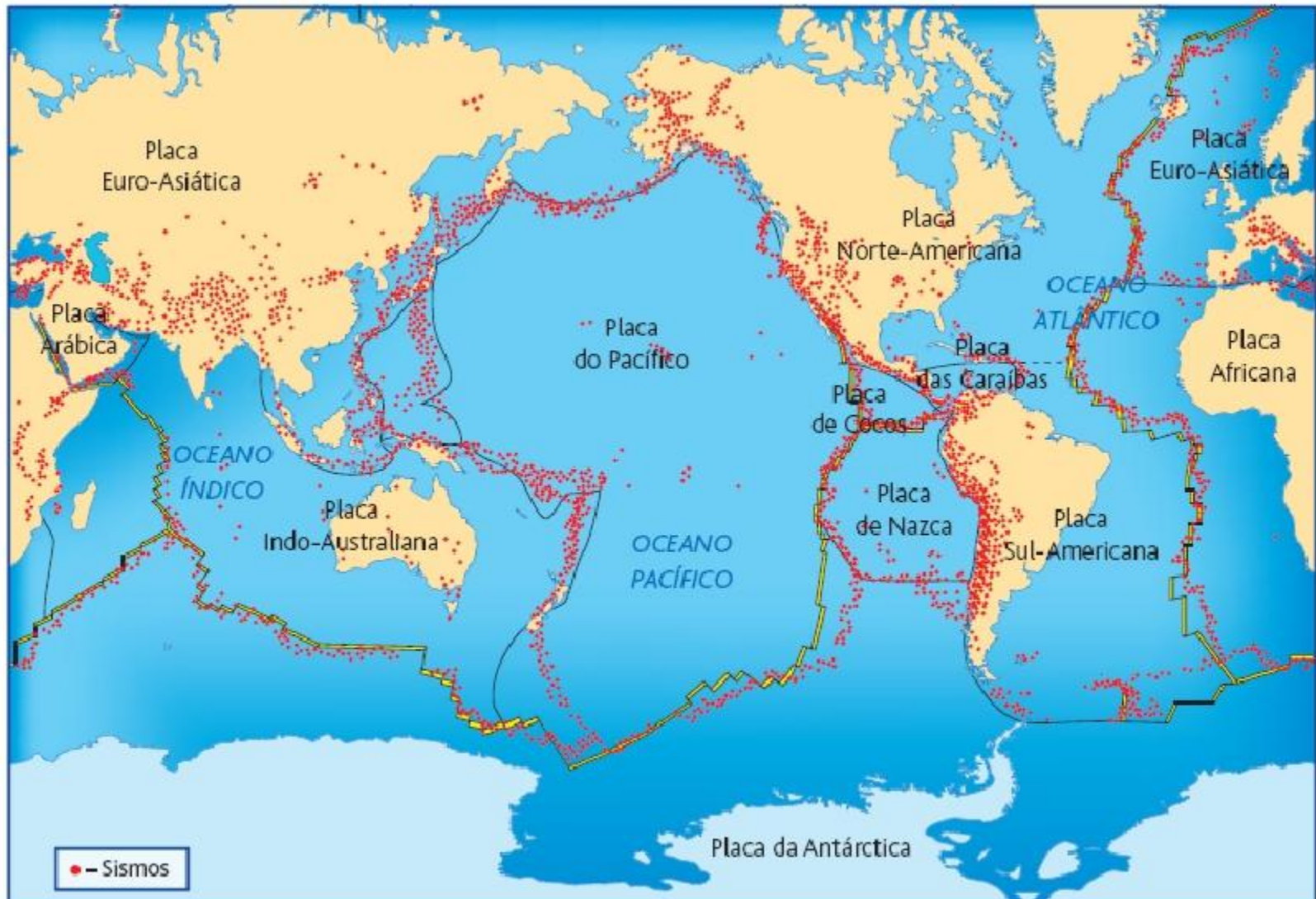
Distribuição Geográfica de Sismos



As zonas de maior intensidade sísmica: **anel de fogo do Pacífico**, **cintura mediterrâneo-asiática** e **dorsais médio-oceânicas**.

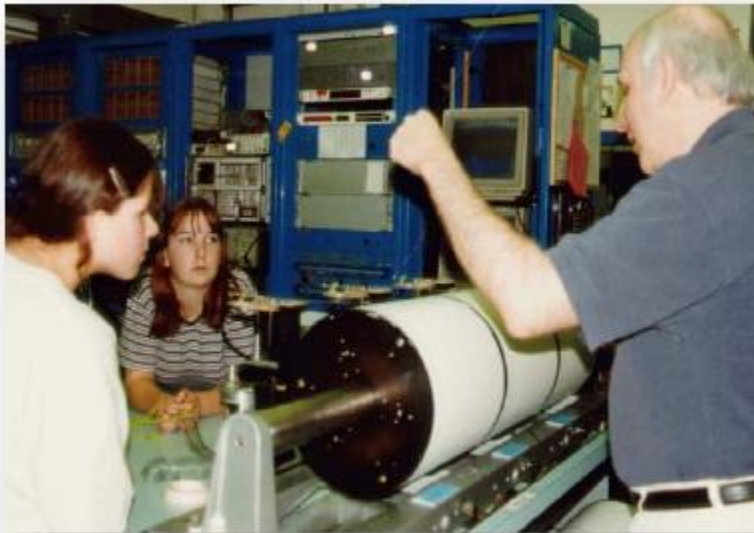


Distribuição Geográfica de Sismos



Sismologia

É o ramo das **Ciências da Terra** que estuda as circunstâncias em que ocorrem os **sismos**, assim como **suas causas** e distribuição sobre a **Terra**.



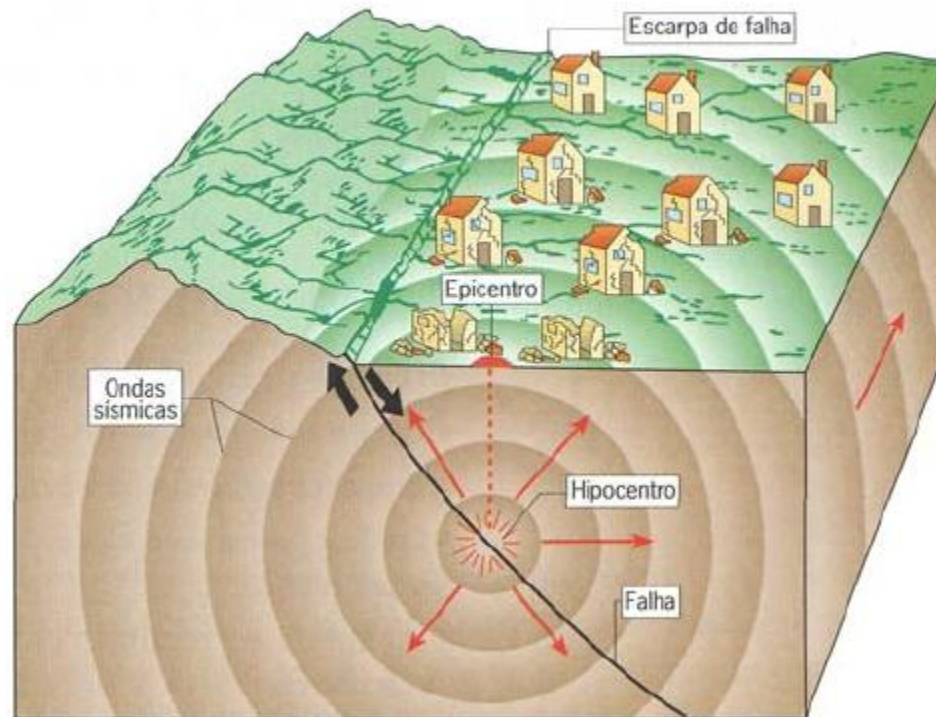
Os Sismólogos interpretam os sismogramas e analisam os efeitos dos sismos.

Tem como objectivo compreender melhor estes fenómenos, de modo a **diminuir** os seus efeitos sobre as **populações** e, no futuro, conseguir prevêê-los. _____

O que são Sismos?



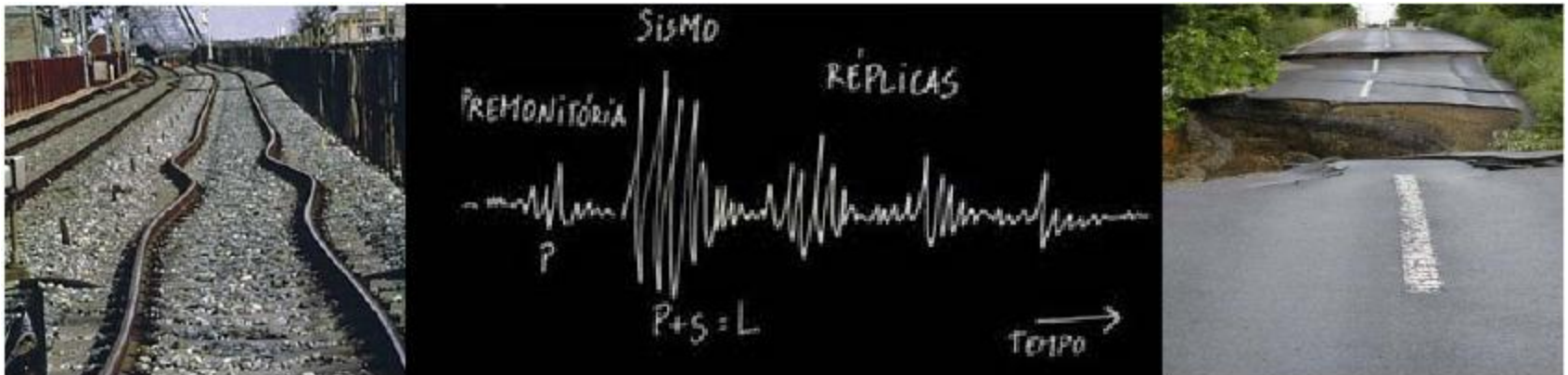
São movimentos **vibratórios** bruscos, da superfície terrestre, provocados pela **libertação** de **energia** num determinado ponto da crusta ou manto superior.



Esta energia é irradiada em todas as direcções; a partir da sua fonte, sob a forma de **ondas sísmicas**.

Abalos premonitórios e réplicas

Os grandes **sismos** não são fenómenos isolados, podendo ser **antecedidos** por abalos de menor intensidade – **sismos premonitórios**.



Sendo **seguidos** por outros, também de menor intensidade, conhecidos por **réplicas**.

Origem dos sismos

A grande maioria dos sismos tem causas **tectónicas**. No entanto, podem ser provocados por **movimentos magmáticos** (actividade vulcânica).



Sismos artificiais



Sismos tectónicos



Sismos vulcânicos



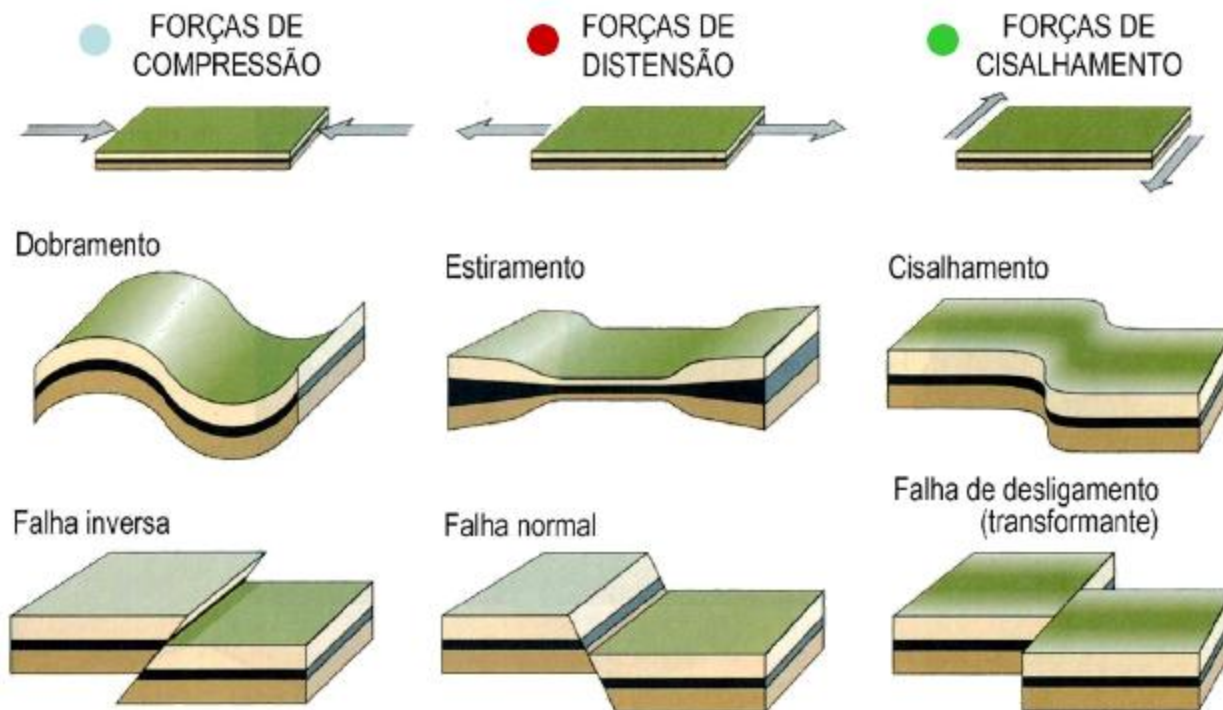
Sismos de colapso

Podem ser originados por **desmoronamento de terrenos**, **colapso de cavidades** ou mesmo provocados por **explosões** causadas pelo Homem. _____

Origem dos sismos tectónicos

Os sismos mais significativos e estão associados a **falhas**.

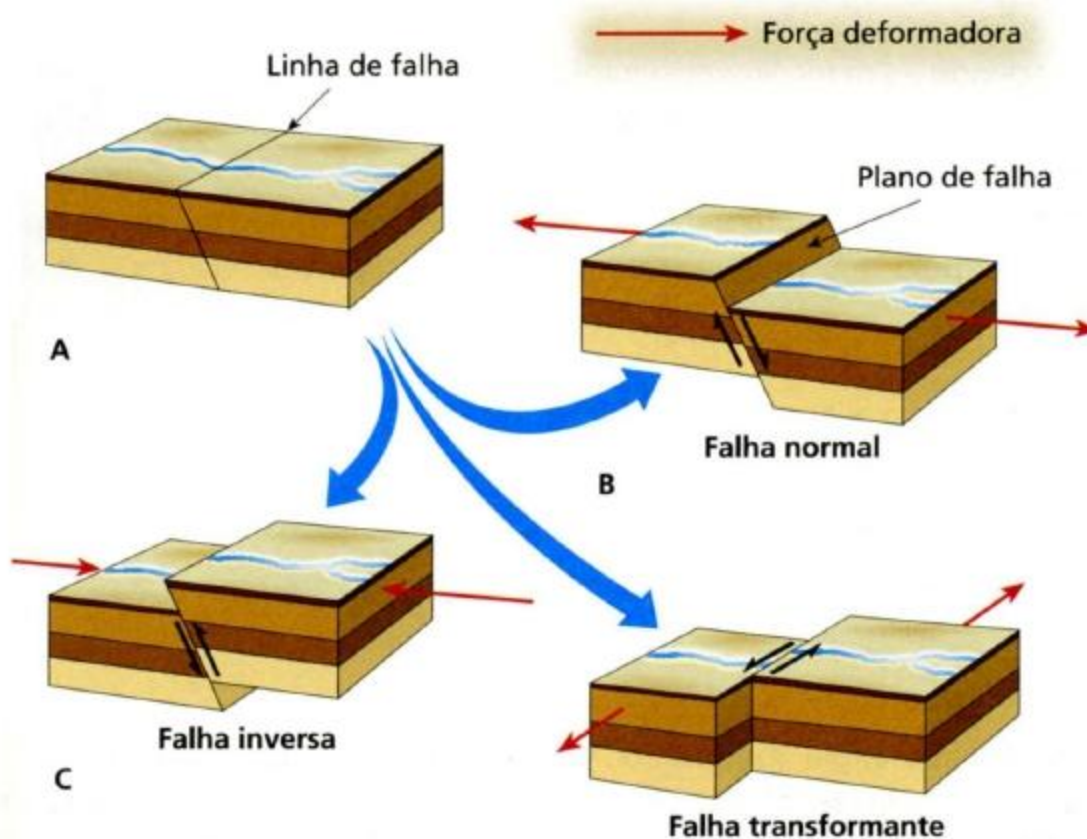
, pelo seu efeito, são de **origem tectónica**



As **falhas** são **rupturas** criadas na litosfera pela actividade tectónica e acompanhadas por um movimento relativo entre **dois blocos fracturados**.

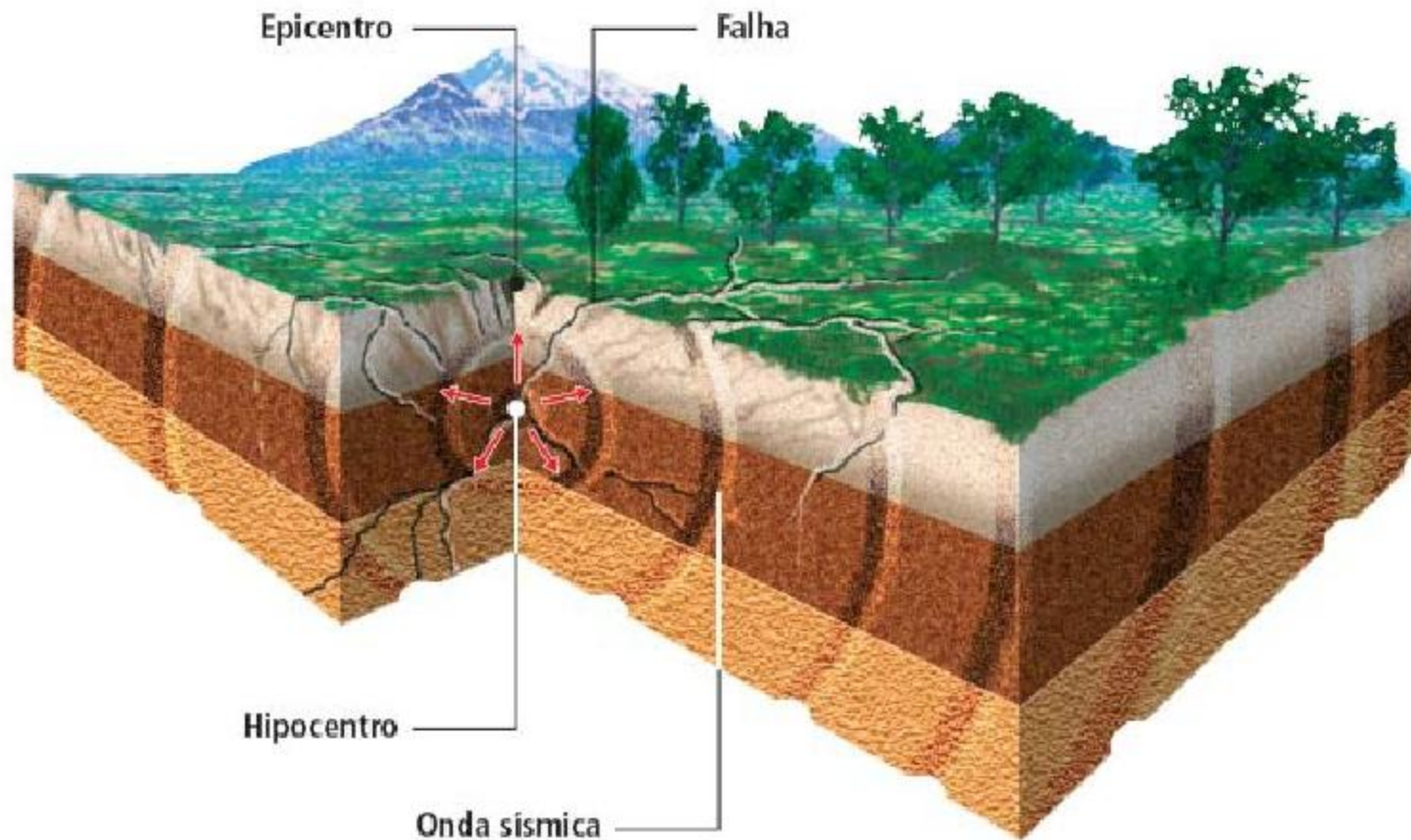
Origem dos sismos tectónicos

As **falhas activas** relacionam-se com as **tensões** transmitidas actualmente às rochas pela **tectónica de placas**.



As zonas tectonicamente **activas** são regiões em que tende a haver acumulação dessas **tensões**.

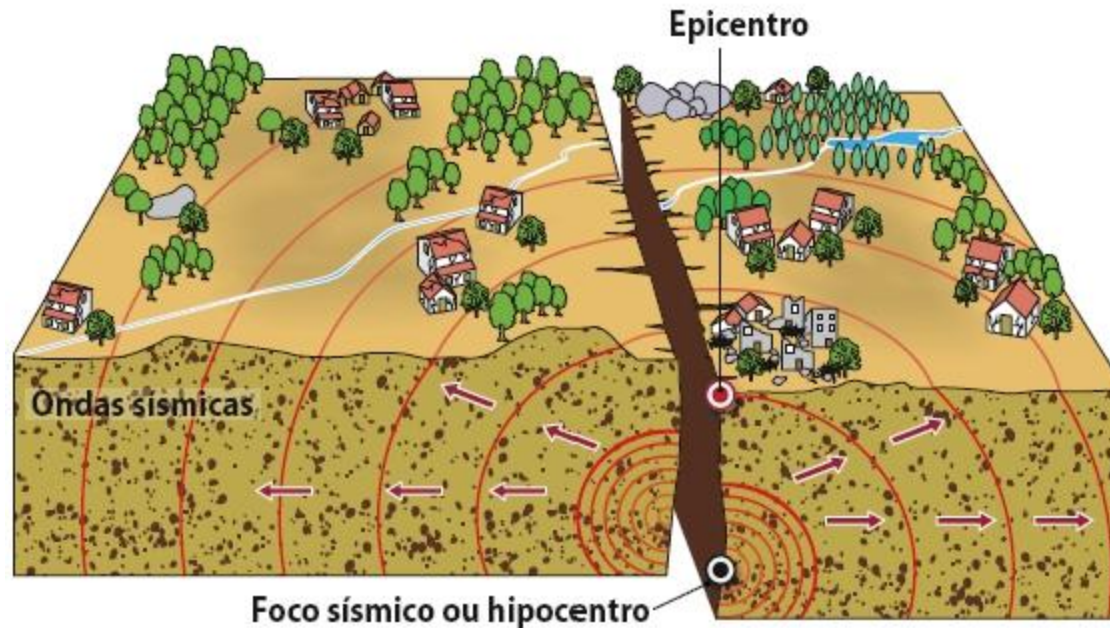
Parâmetros de caracterização sísmica



Teoria do ressalto elástico



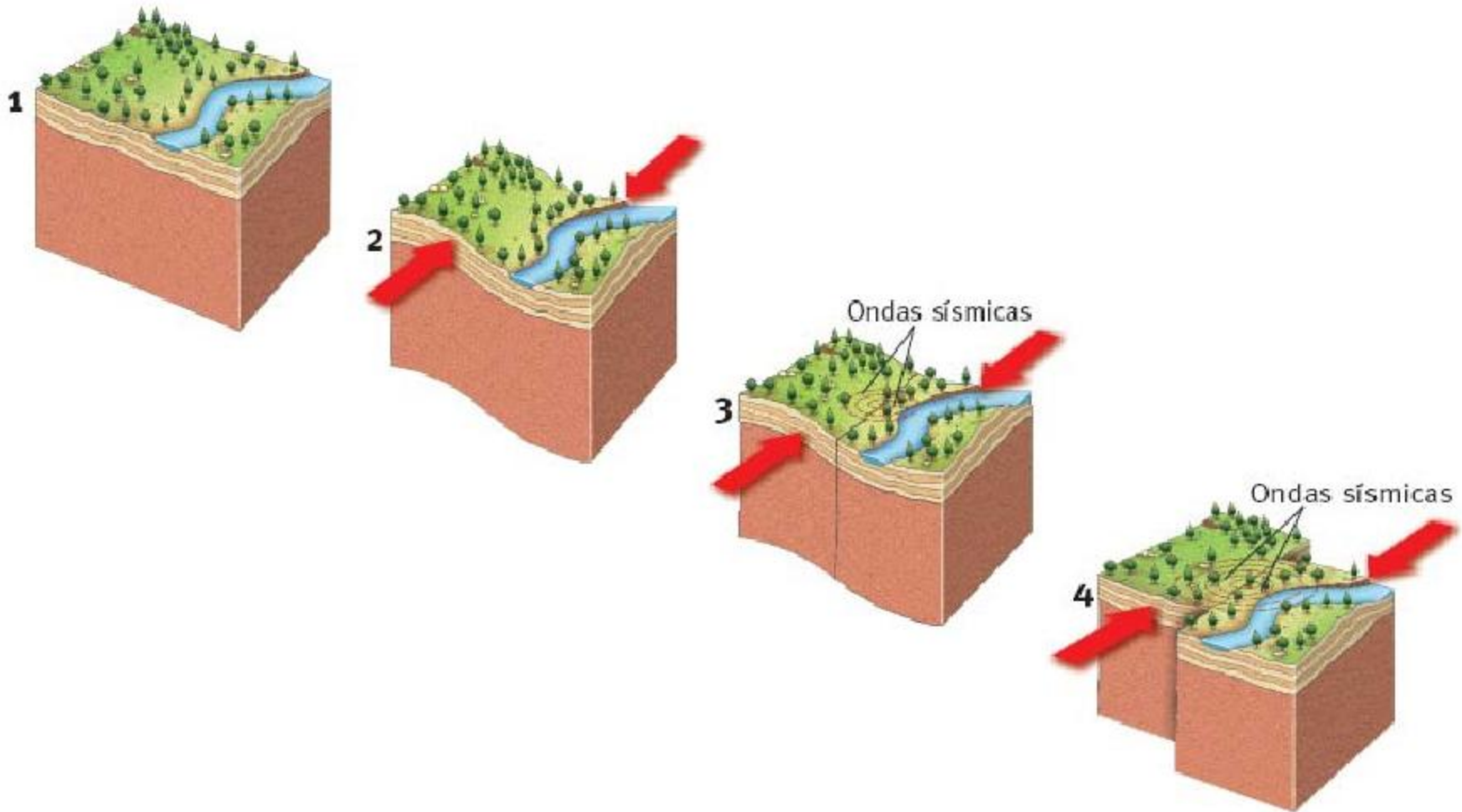
As **forças** acumuladas em **profundidade** exercem pressão sobre os **materiais**, originando um **deslocamento** das camadas rochosas.



Quando os **materiais** ultrapassam o seu **limite de resistência**, fracturam, _____
ocorrendo **ressalto** dos blocos rochosos de cada um dos lados da ruptura.

Teoria do ressalto elástico

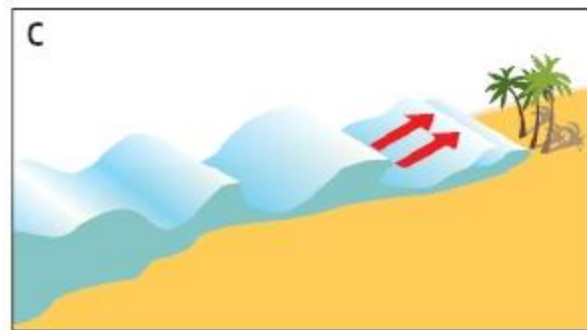
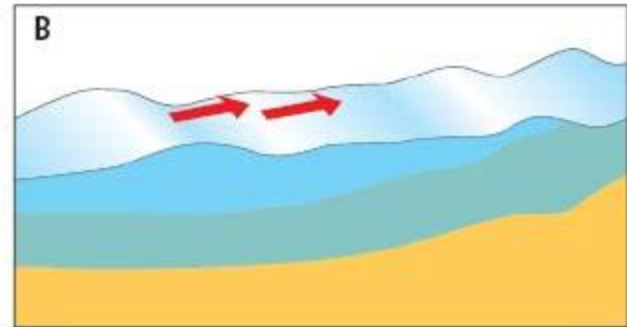
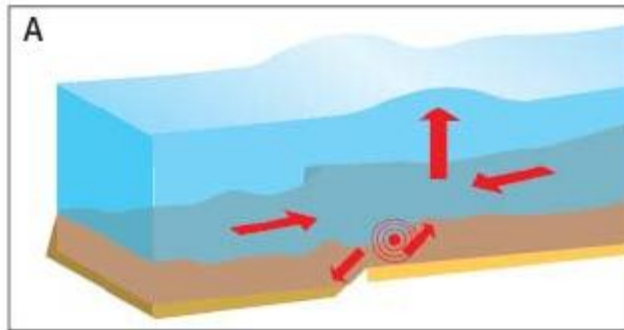
Este **ressalto elástico** liberta energia sob a forma de **calor** e de **ondas elásticas**, as quais provocam o sismo.



Formação de um Tsunami



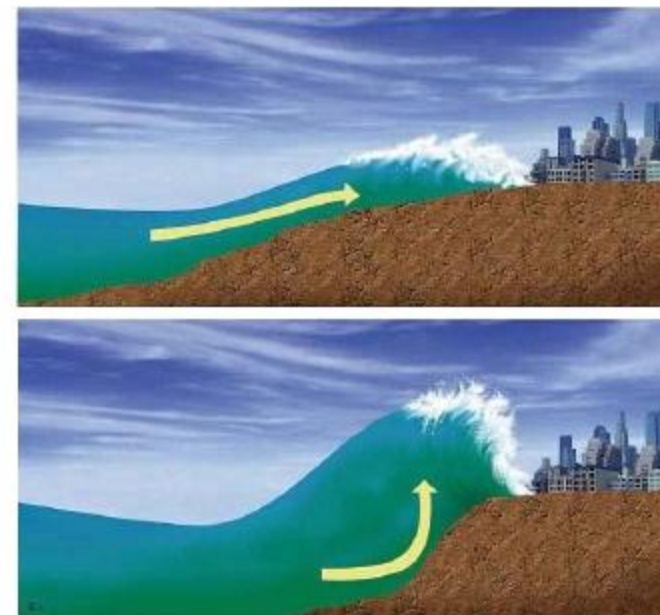
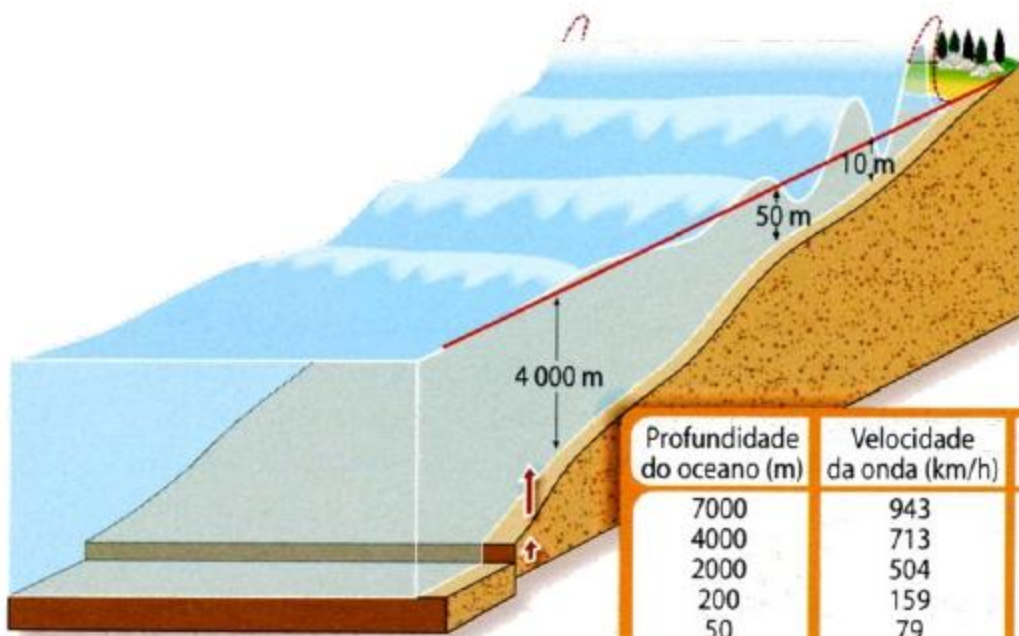
Quando um **sismo** tem origem nos **fundos oceânicos** – **maremoto**, e resulta de um movimento vertical dos blocos.



A **energia** transmitida à massa de água do oceano pode gerar uma **onda gigante** – **Tsunami**.

Características de um Tsunami

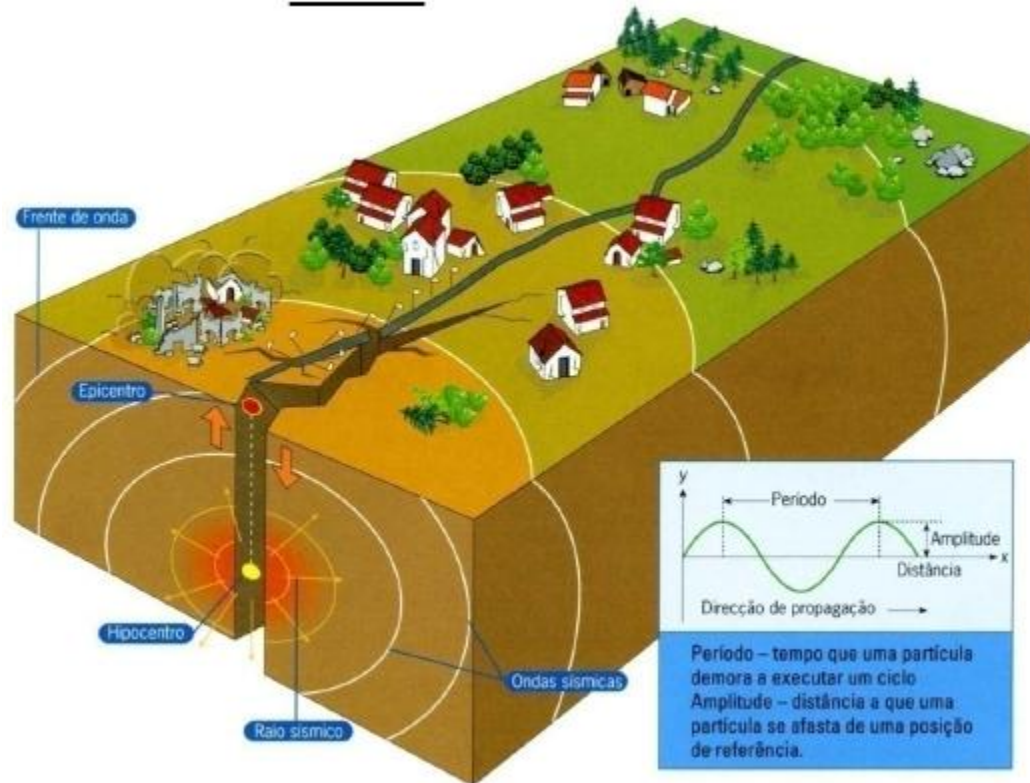
Pode deslocar-se a grande **velocidade**, atingir grandes **distâncias** e e provocar enormes **danos** ao atingir a costa.



Profundidade do oceano (m)	Velocidade da onda (km/h)	Comprimento da onda (km)
7000	943	282
4000	713	213
2000	504	151
200	159	48
50	79	23
10	36	10,6

Ondas sísmicas

Movimento vibratório de partículas, sob a forma de **onda**, que se propaga a partir do **foco**, através de rochas, em todas as **direcções**.

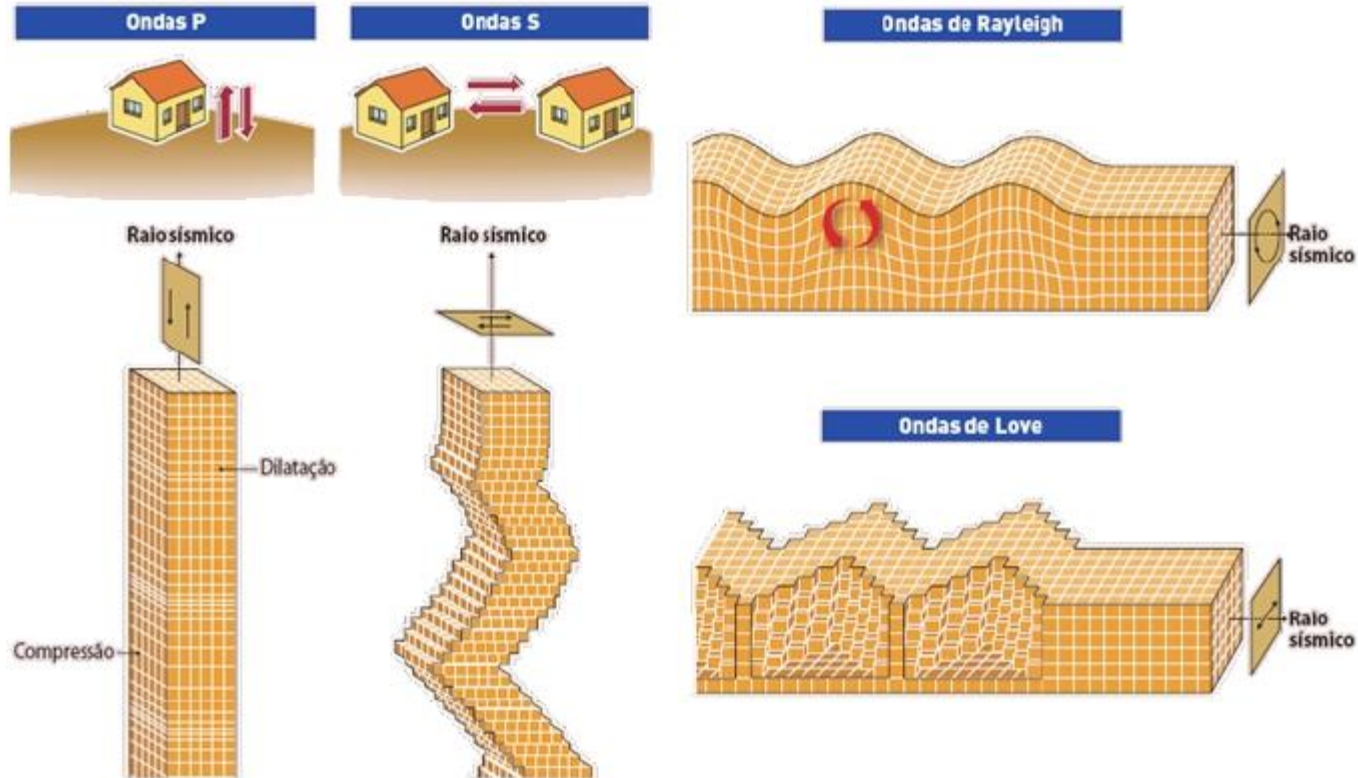


As **trajectórias** correspondem a raios sísmicos, acabando por chegar à superfície, onde são sentidas, em **1º lugar** e com mais **intensidade**, no **epicentro**.

Tipos de ondas sísmicas



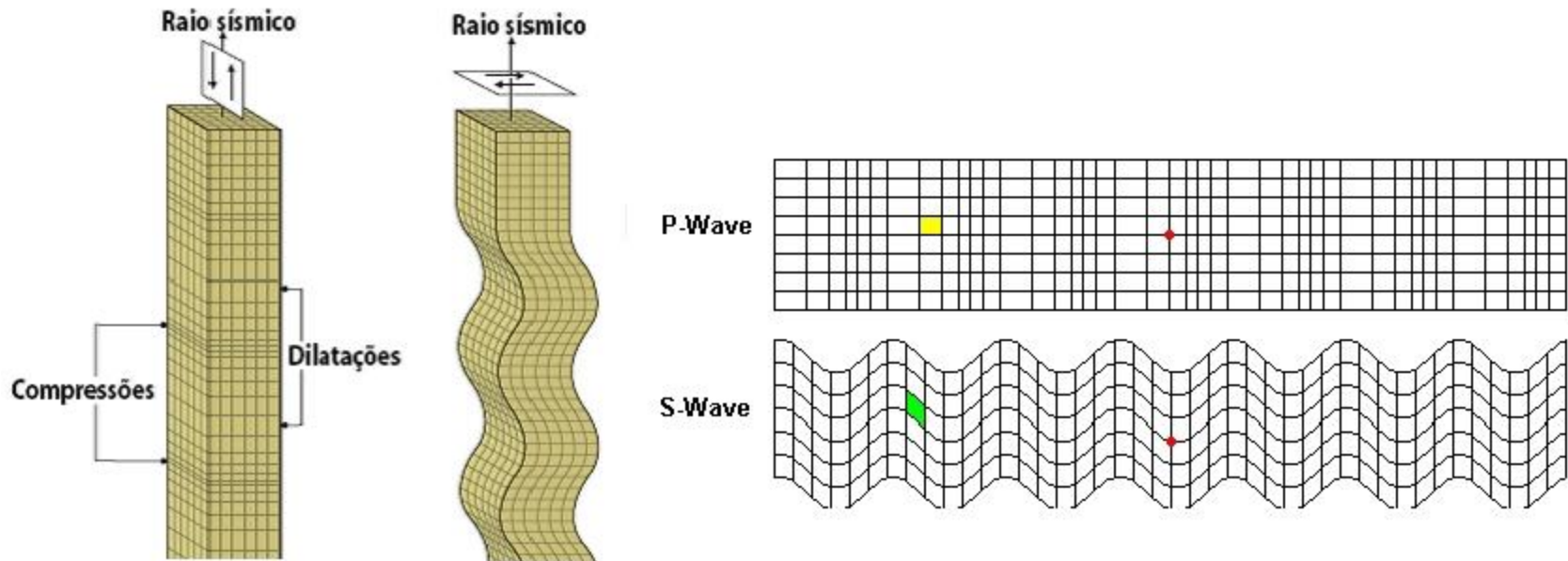
Há dois grupos principais de **ondas sísmicas**: as que se propagam no **interior da Terra** - ondas **interiores/volumétricas/profundas**.



Quando estas chegam à superfície, podem originar outras **ondas** – **ondas superficiais**.

Ondas interiores

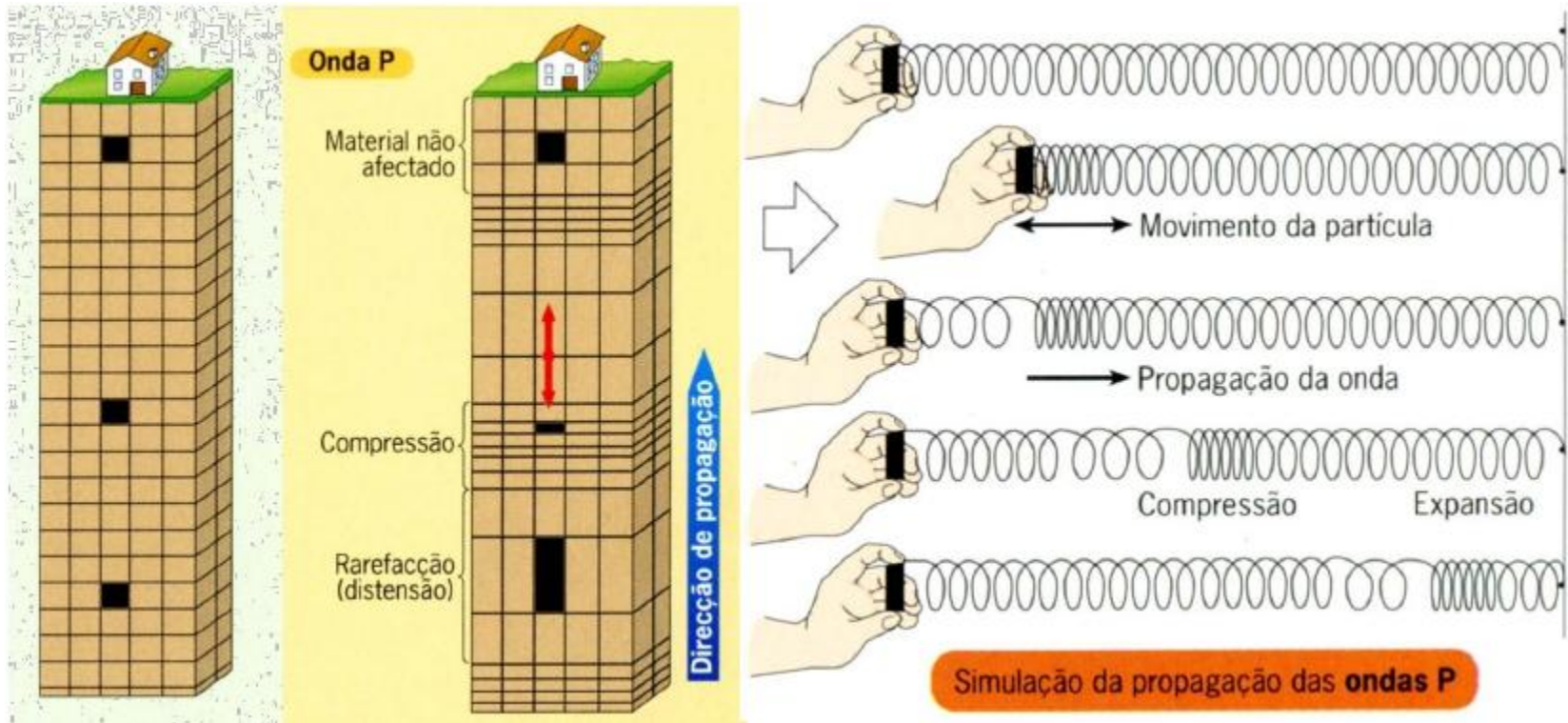
Dão nos importantes informações sobre o **interior da Terra**.



Estas compreendem dois tipos com diferentes formas de **vibração** das suas partículas e com rapidez desigual: **ondas P** e **ondas S**.

Ondas P

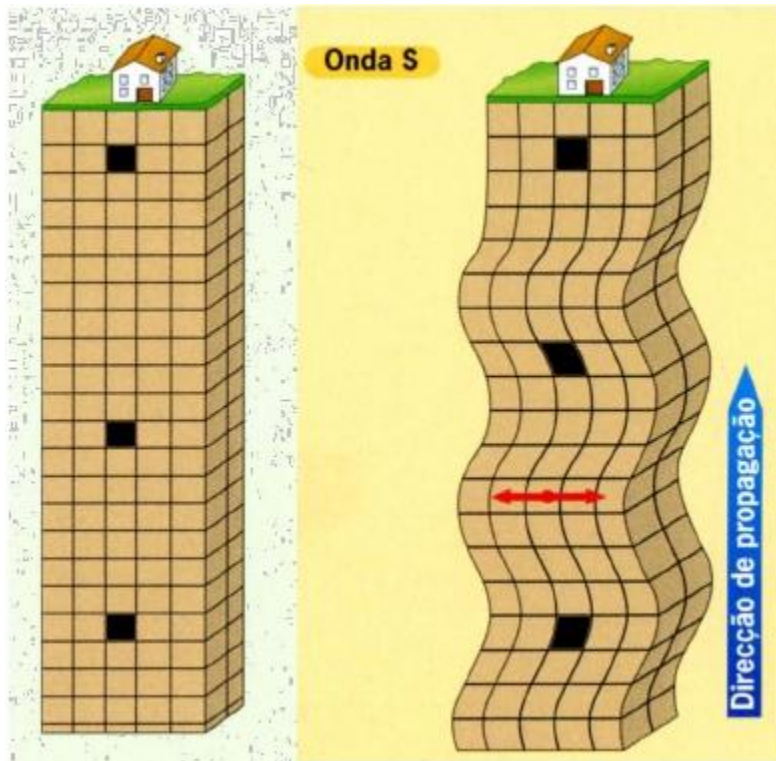
Ondas Primárias ou **longitudinais** – Vibram na **mesma** direcção do **raio** sísmico, fazendo vibrar as rochas na mesma **direcção** de propagação.



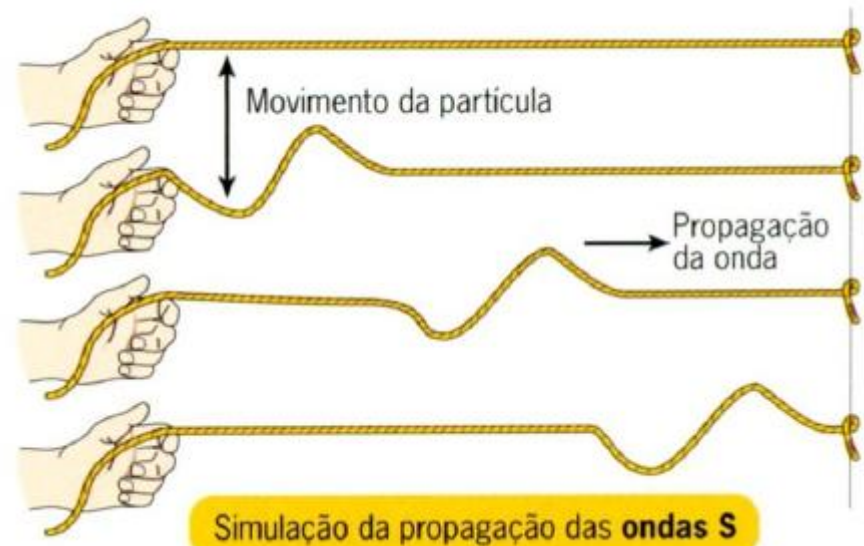
Esta vibração, para a **frente** e para **trás**, gera compressão e dilatação **alternadas** nas rochas, propagando-se em meio sólido, líquido e gasoso.

Ondas S

Ondas Secundárias ou **transversais** – vibram perpendicularmente ao **raio sísmico**, causando **oscilações transversais** à direcção de propagação.



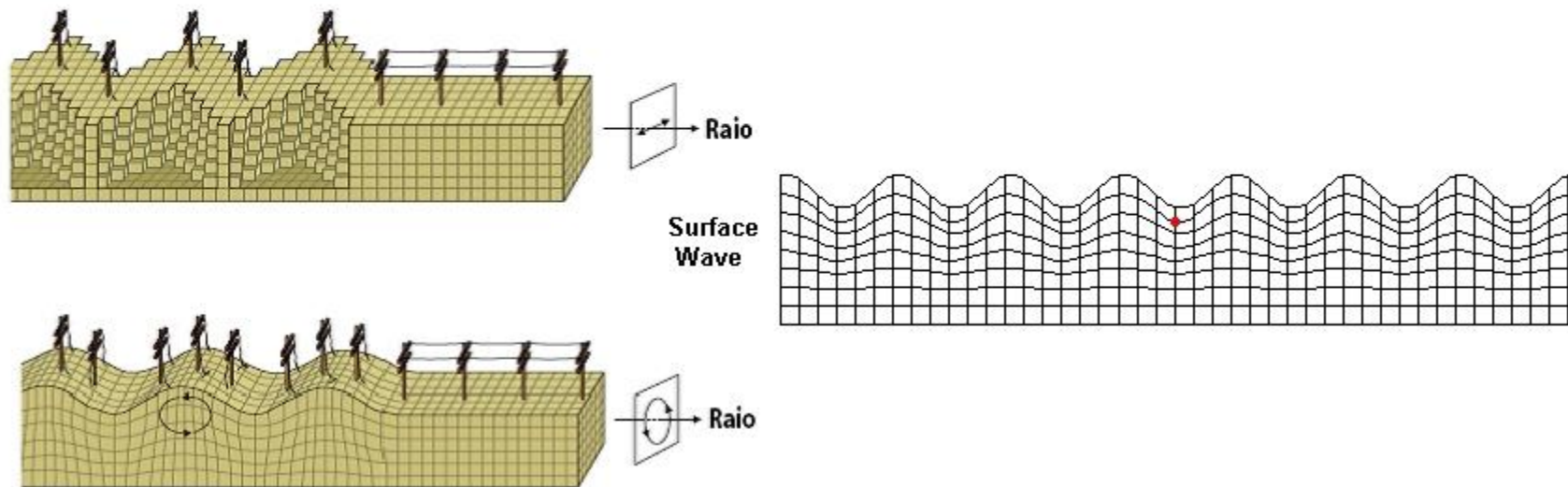
propagam-se apenas em meio sólido



Partem do **hipocentro** ao mesmo tempo que as ondas P. Chegam **mais tarde**, devido à diferença de velocidades, resultante do seu modo de propagação.

Ondas superficiais

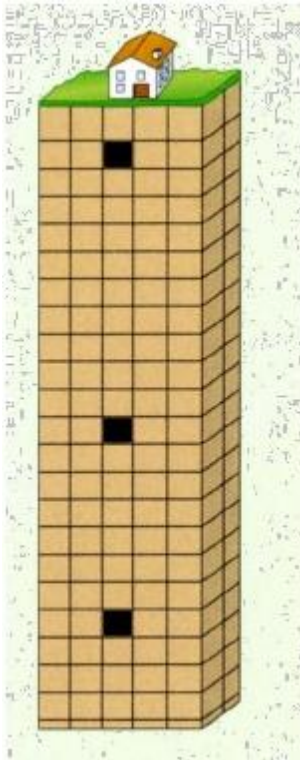
Propagam-se em contacto com a **atmosfera/hidrosfera**, fazendo com que as rochas **vibrem** de uma forma diferente, provocando **grande destruição**.



Estas compreendem dois tipos com diferentes formas de **vibração** das suas partículas: **ondas R** e **ondas L**.

Ondas R

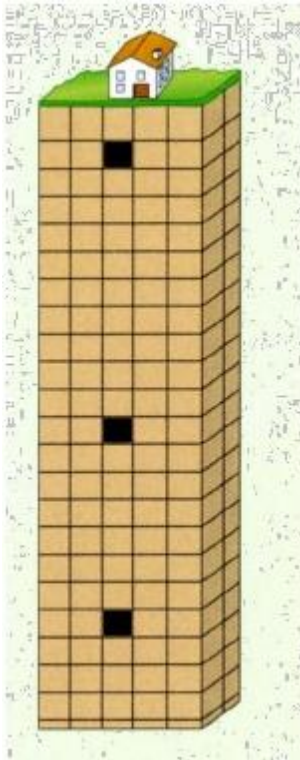
Ondas Rayleigh ou **circulares** – a vibração das partículas do meio ocorre num **plano vertical** ao da direcção da propagação das ondas.



Agitam o solo segundo uma **trajectória elíptica**, semelhante à das **ondas do mar**, propagando-se em meio sólido e líquido.

Ondas L

Ondas Love ou de **torção** – a vibração das partículas ocorre num **plano horizontal** e em **ângulo recto** em relação à direcção de propagação da onda.

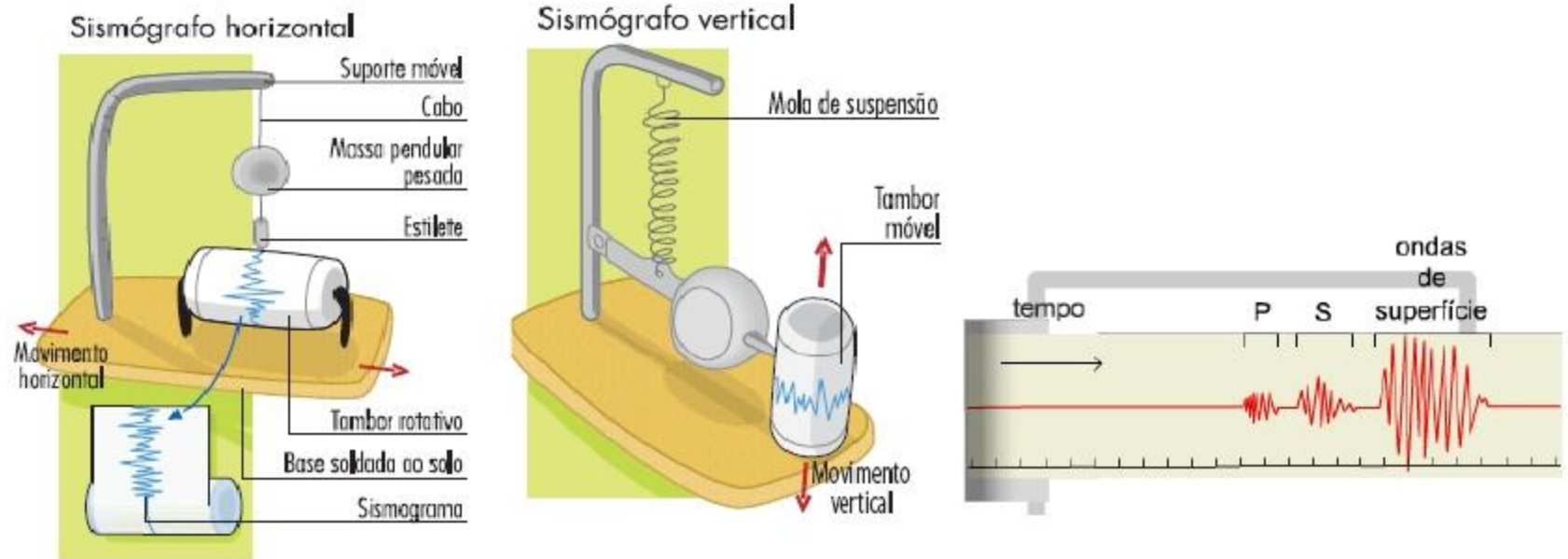


Varrem a superfície terrestre, **horizontalmente**, da direita para a esquerda, segundo **movimentos de torção**, propagando-se em meio sólido e líquido

Instrumentos de detecção/registo de sismos



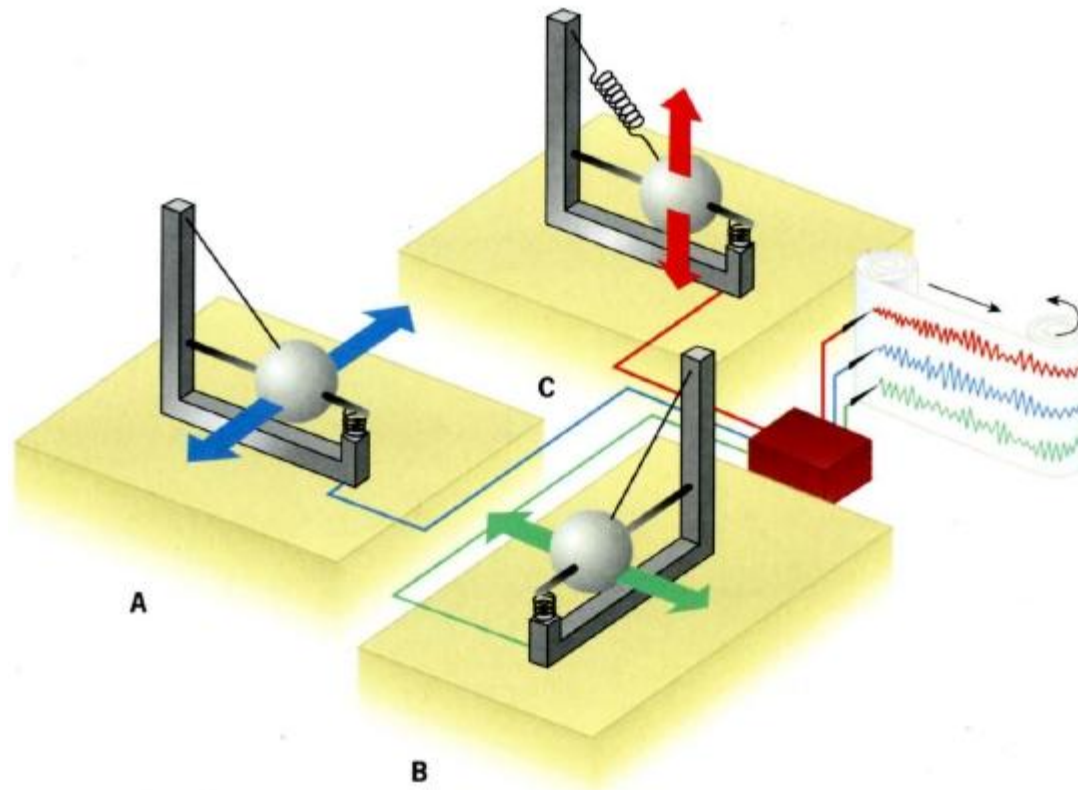
Os **sismógrafos** são os aparelhos que produzem os **registos sísmicos**, **sismogramas**.



As vibrações sísmicas do solo, num dado local, são **detectados** por **sensores** – **sismómetros**, que as transmitem a sismógrafos.

Instrumentos de detecção/registo de sismos

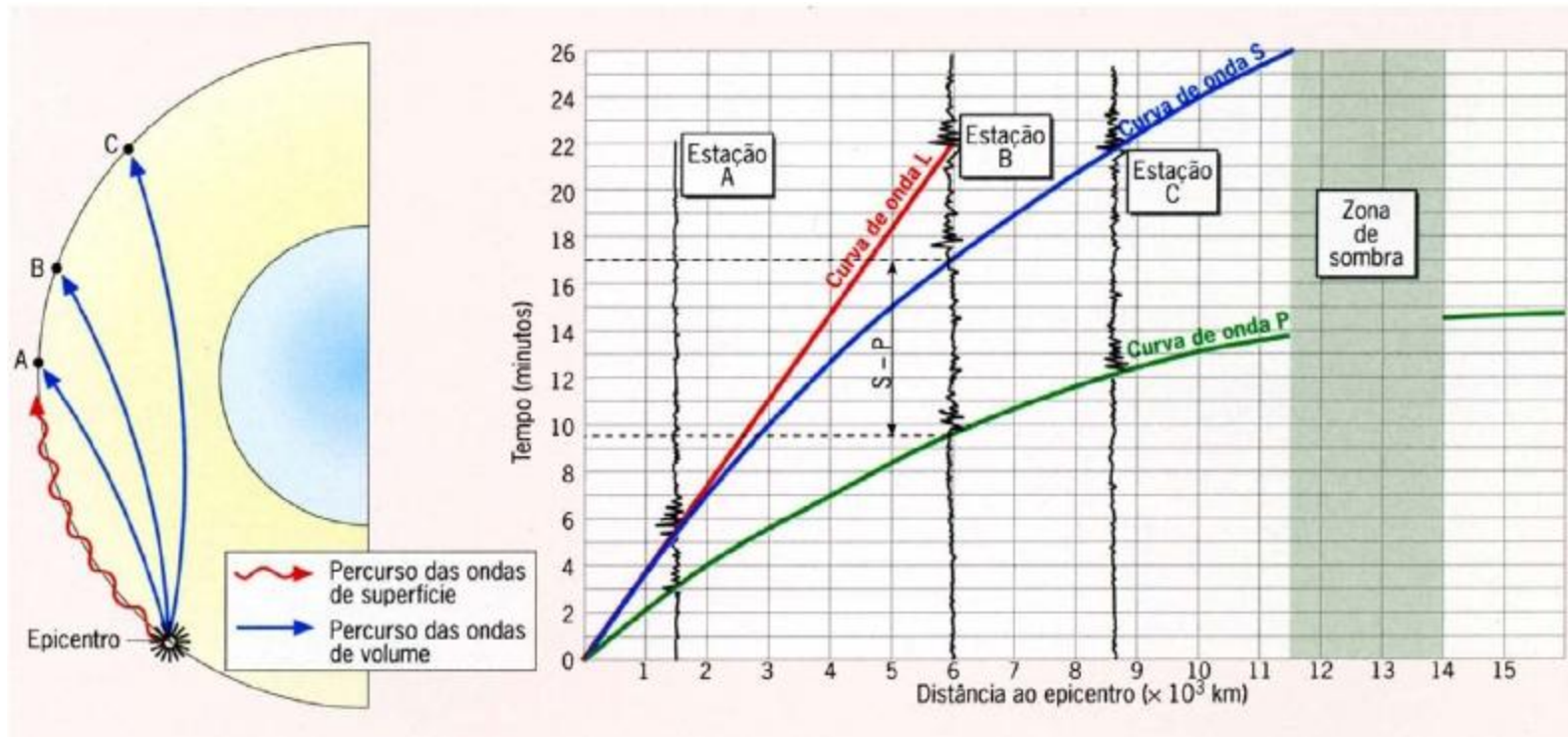
A **análise** dos sismogramas caracteriza os **sismos**, permitindo, a determinação da **distância epicentral** e da **magnitude** de um sismo.



A **localização** do **epicentro** é, actualmente, um processo automático. _____
Determina-se por meio de cálculos **numéricos** precisos. _____

Determinação da distância epicentral

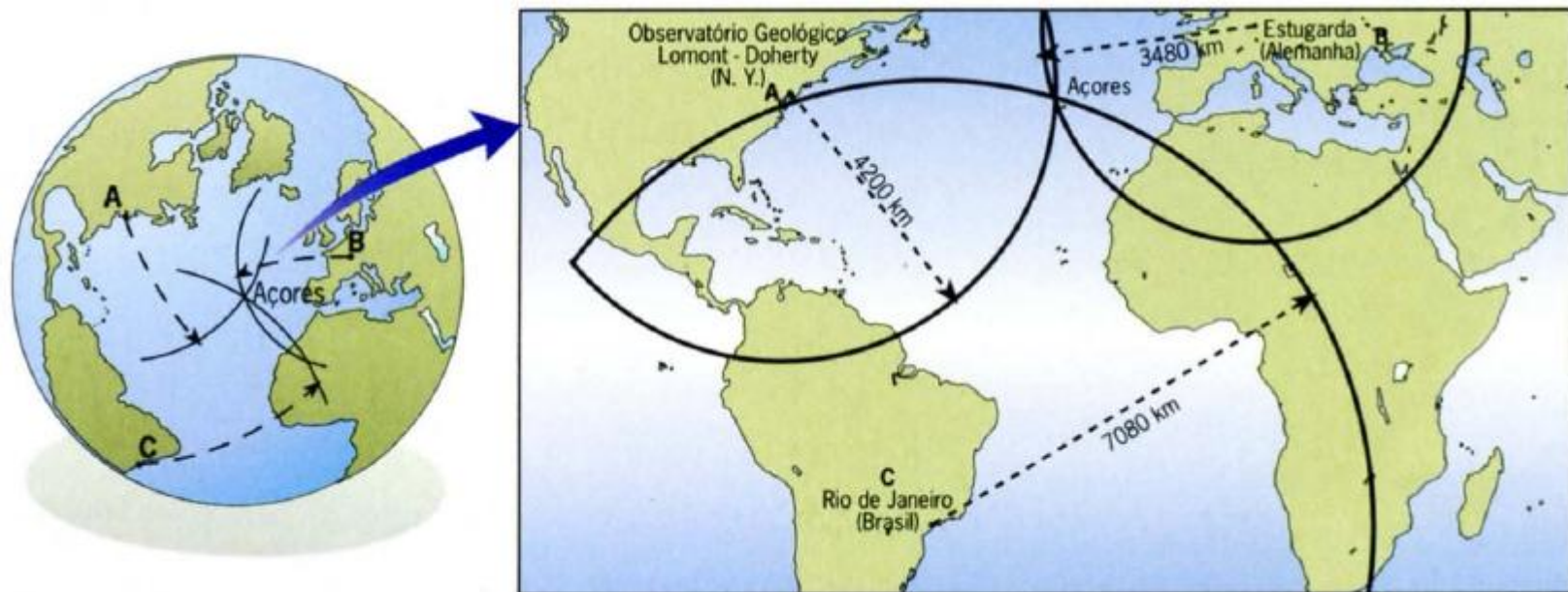
A partir do **intervalo de tempo** entre a chegada das **ondas S** relativamente à **ondas P**, é possível determinar a **distância epicentral**.



Como partem do mesmo local e se deslocam a velocidades diferentes, quanto **maior** a **distância** percorrida, **maior** será o atraso entre as duas ondas (**P** e **S**).

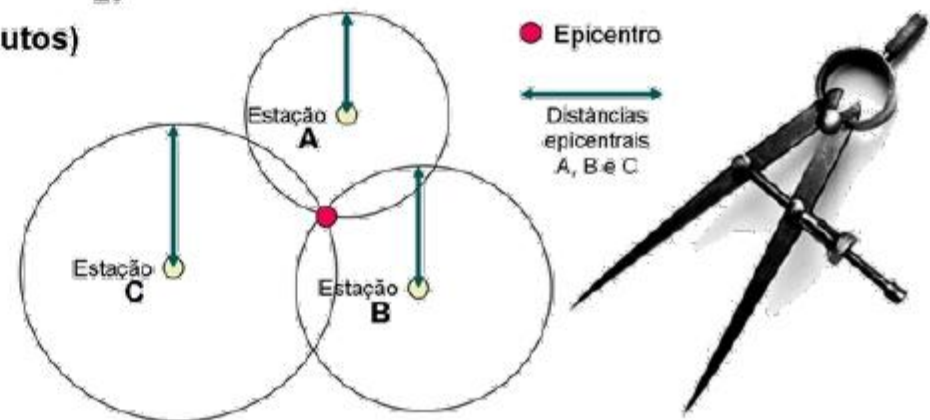
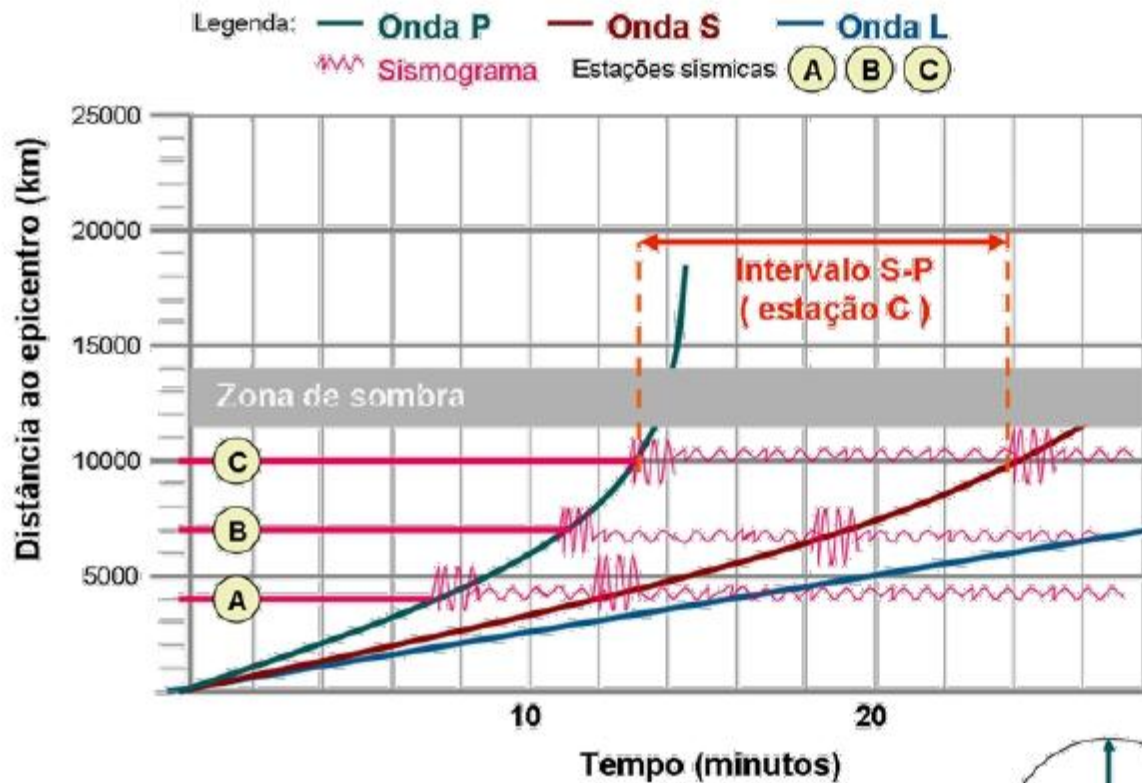
Determinação da distância epicentral

A determinação das **distâncias epicentrais** para **três** estações sismográficas a partir do **atraso**, em minutos, entre a chegada das ondas **P** e **S**.



Este **atraso**, lido nos sismogramas e com base num **gráfico** de **velocidade** daquelas ondas, permite determinar o **epicentro**.

Determinação da distância epicentral



Avaliação dos sismos

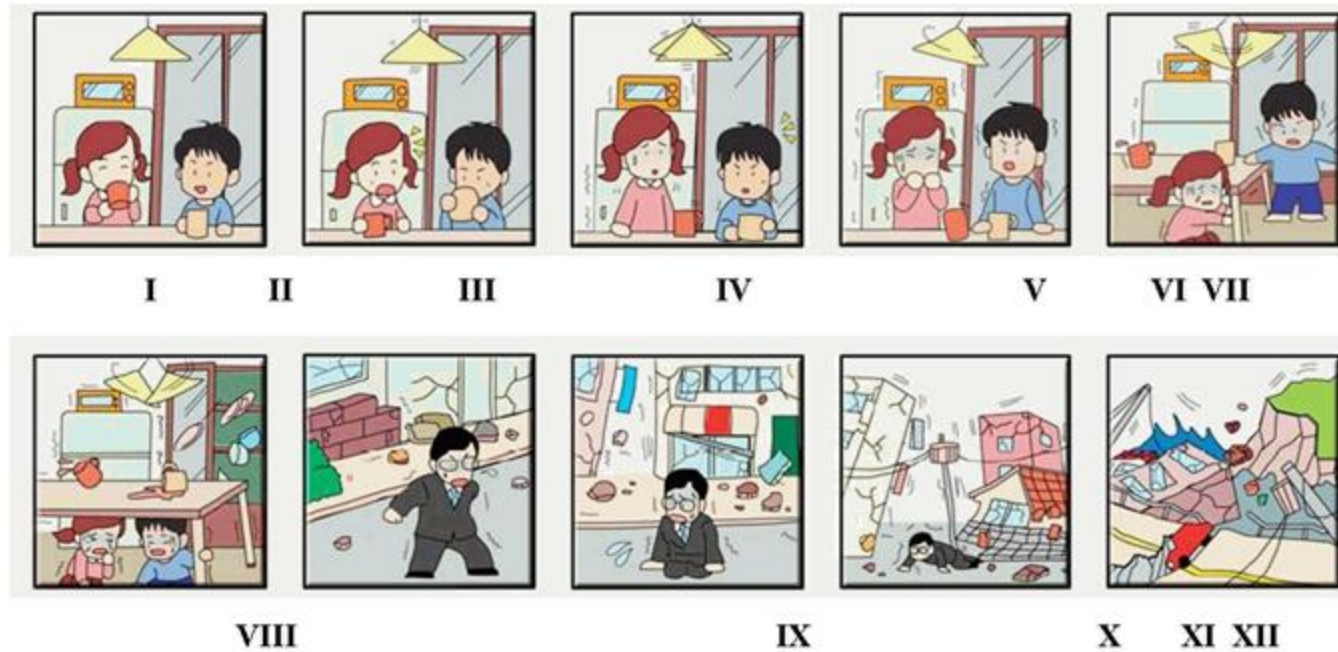
Os **sismos** podem ser caracterizados pela sua **dimensão**, determinada por parâmetros como a **intensidade** (escala de *Mercalli*) e **magnitude** (escala de *Richter*).

Escala de magnitude RICHTER	Escala de intensidade MERCALLI	Número de sismos por ano	Efeito em áreas povoadas
< 3,4	I	800 000	Registado só por sismógrafos
3,5 - 4,2	II e III	30 000	Sentido por algumas pessoas
4,3 - 4,8	IV	4 800	Sentido por muitas pessoas
4,9 - 5,4	V	1 400	Sentido por toda a gente
5,5 - 6,1	VI e VII	500	Pequenos danos em edifícios
6,2 - 6,95	VIII e IX	100	Muitos edifícios danificados
7,0 - 7,3	X	15	Danificações profundas, pontes partidas, fracturas em paredes
7,4 - 7,9	XI	4	Grandes danos, colapso de edifícios
> 8	XII	1 entre 5 e 10 anos	Danificação total, ondas na superfície do solo, objectos atirados pelo ar

Escala de Mercalli



É a **escala** de **intensidades** mais conhecida, sendo graduada de **I** a **XII** (escala qualitativa).

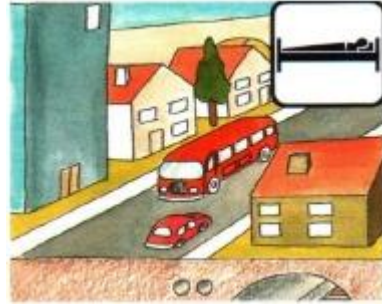


A **intensidade** avalia os **efeitos** produzidos pelos **sismos** sobre os edifícios, os terrenos e as pessoas.

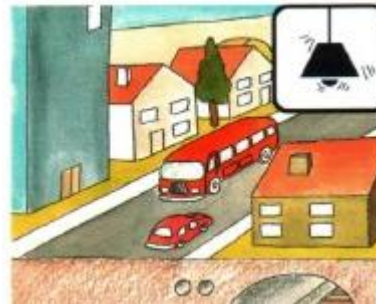
Escala de Mercalli modificada



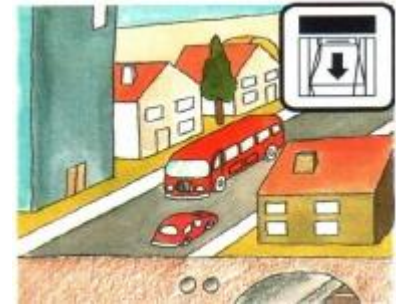
I – Imperceptível



II – Muito fraco



III – Fraco



IV – Mediocre



V – Forte



VI – Bastante Forte



VII – Muito Forte



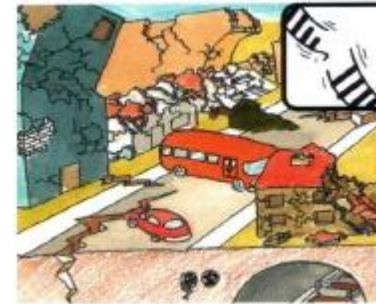
VIII – Ruinoso



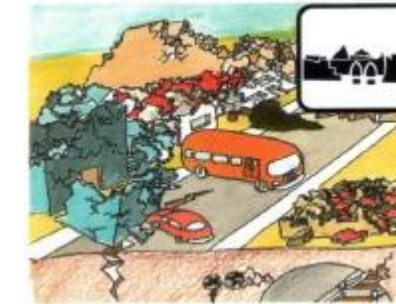
IX – Desastroso



X – Destruidor



XI – Catastrófico



XII – Cataclismo

Isossistas

Avaliadas as **intensidades sísmicas** relativas a um dado sismo, em diferentes locais de uma região, é possível traçar um **mapa de isossistas**.



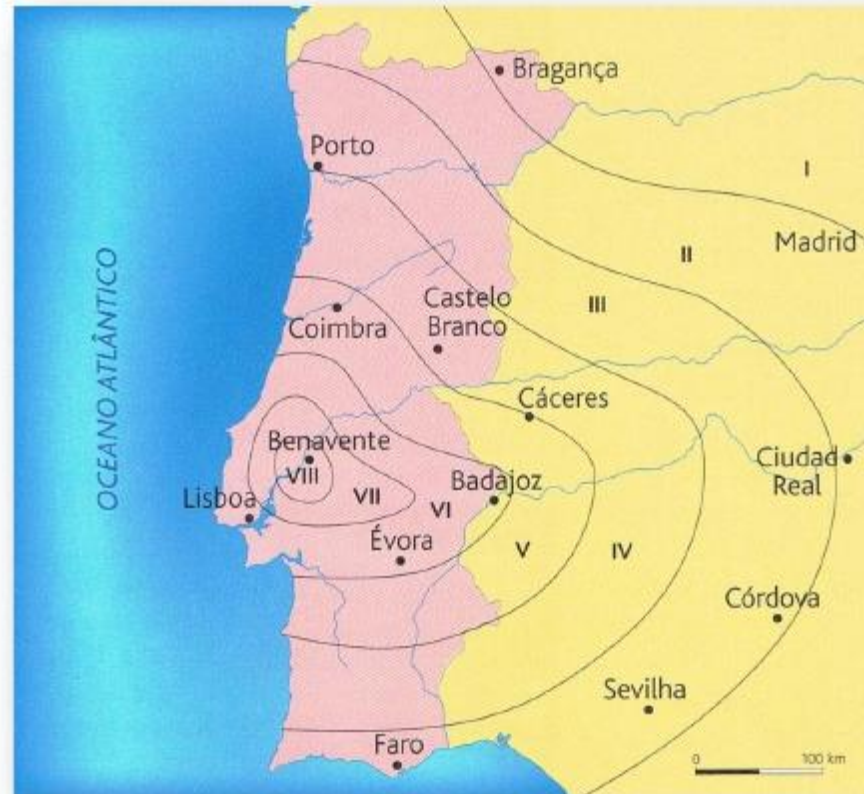
Falta de rigor no traçado das isossistas



Linhas curvas, fechadas, irregulares, distribuídas em torno do epicentro, que **limitam as zonas** onde o sismo foi sentido com a mesma intensidade.

Isossistas

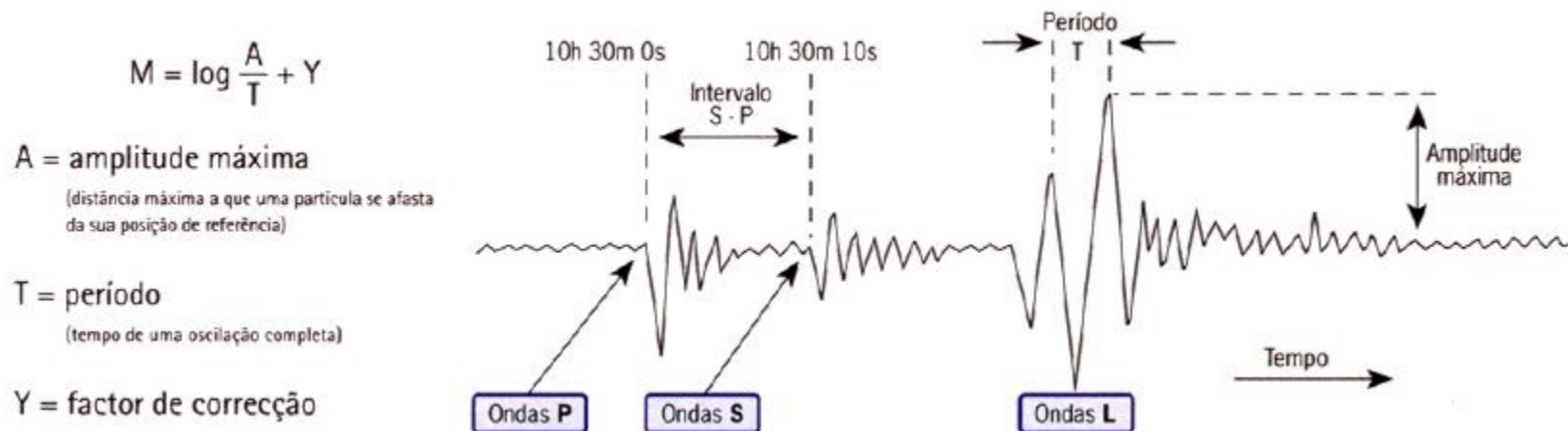
As **isossistas** **não** se prolongam no mar, uma vez que no mar não se verificam estragos nem perdas de vidas humanas.



O **Sismo** (1909) atingiu uma magnitude inferior a 7 e foi gerado no sistema de **falhas do Vale do Tejo**, com epicentro entre Samora Correia e Benavente.

Escala de Magnitude

É uma medida de **energia** libertada na **origem**, um valor único para cada sismo, calculado através de uma fórmula matemática.

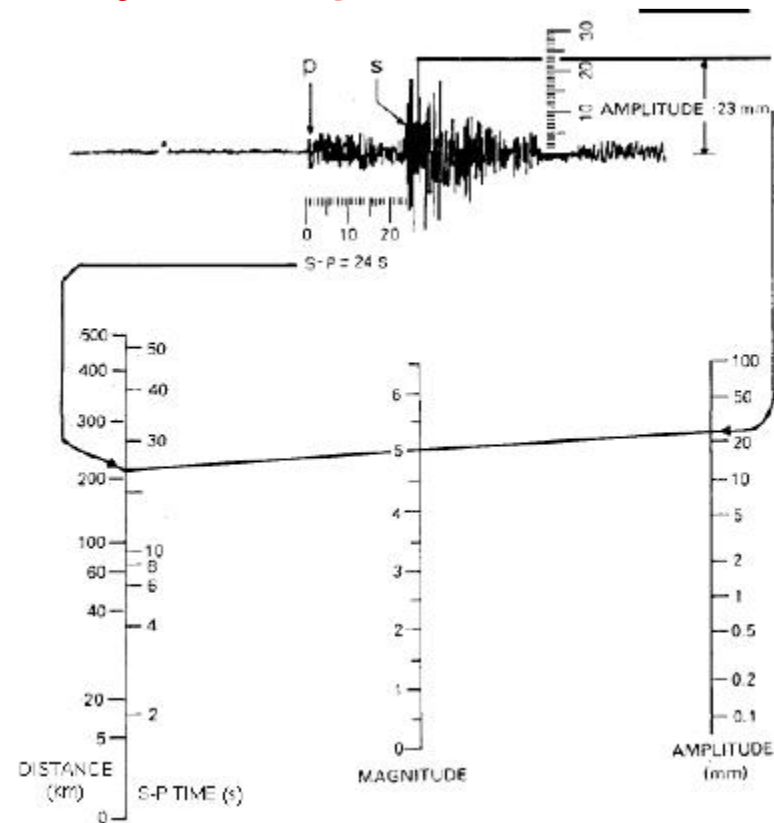


A partir dos dados dos **sismogramas**, **amplitude das ondas** e **atraso** entre as **ondas P** e **S**, que é função da **distância epicentral**.

Escala de Richter

A **magnitude** pode-se medir em graus da **escala de Richter**, na qual o **aumento** de um grau corresponde a uma **libertação** de **energia 30x** maior.

MAGNITUDE SÍSMICA E EQUIVALÊNCIA COM A ESCALA DE INTENSIDADE		
Magnitude (escala de Richter)	Grau de intensidade	Efeitos
de 1 a 3	I	Abalo imperceptível
	II	Abalo perceptível nos andares altos
	III	Leve movimento de objectos pendurados
	IV	Abalo perceptível
	V	Acorda as pessoas que estão a dormir
de 3 a 4,75	VI	Medo Danos ligeiros nas construções
de 4,75 a 5,9	VII	Dificuldade em permanecer de pé Danos nas construções*
de 5,9 a 6,5	VIII	Pânico Destruição dos edifícios* Pequenos desprendimentos de terras
	IX	Pânico colectivo Danos gerais nas construções* Numerosos desprendimentos de terras
de 6,5 a 7,75	X	Destruição geral dos edifícios Alterações na hidrologia
	XI	Danos graves em todas as construções Deformações do terreno
de 7,75 a 8,25	XII	Destruição ou danos em todas as estruturas Alterações na paisagem



A escala não tem nenhum limite superior, embora o **grau 9** seja a **magnitude máxima** já calculada, pode ser obtida através de sismogramas.

Momento sísmico

É o melhor parâmetro para **medir** a dimensão de um sismo.

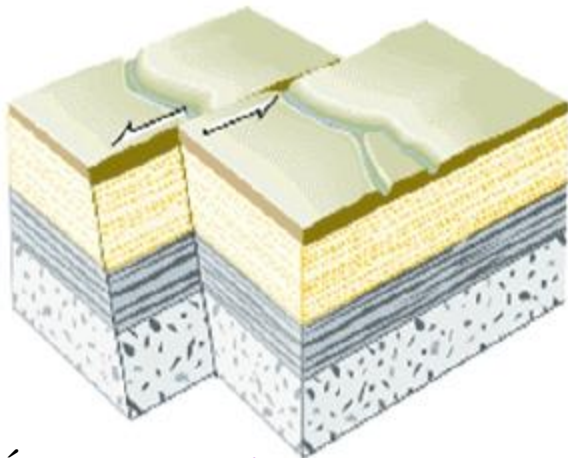
Momento sísmico

$$M_0 = \mu SD$$

μ = módulo de cisalhamento (rochas).

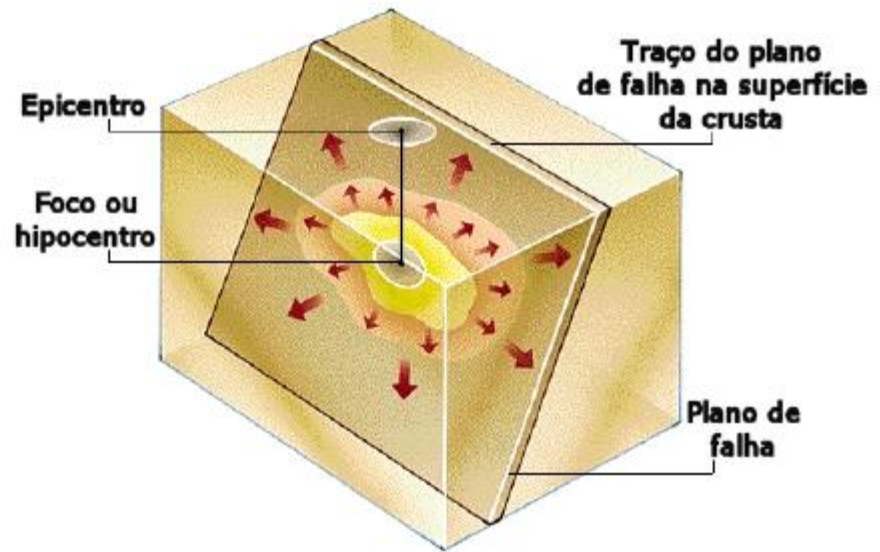
S = área de ruptura da falha geológica.

D = deslocamento médio de S .



Escala de magnitude do momento

$$M_w = 2/3 \log_{10} (M_0) - 10.7$$

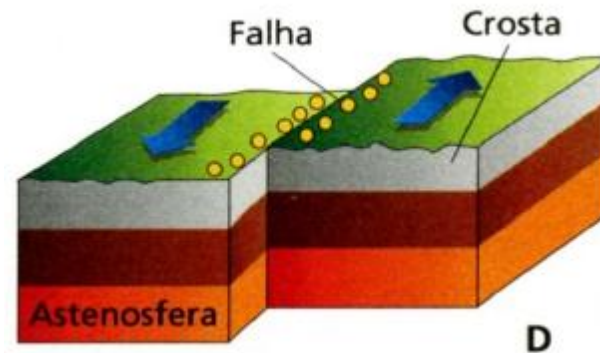
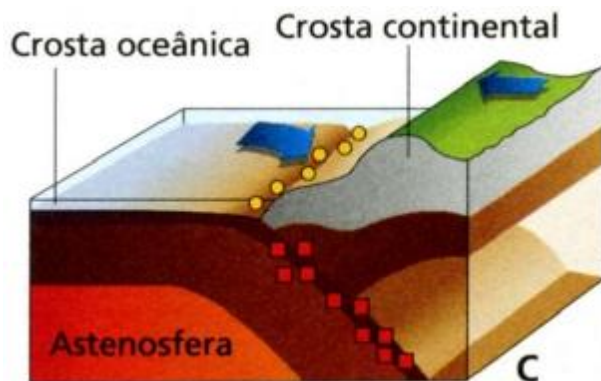
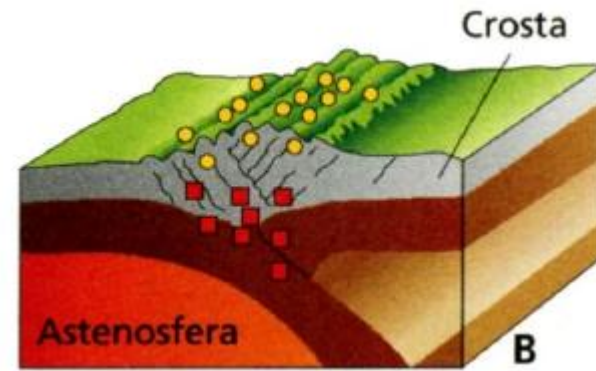
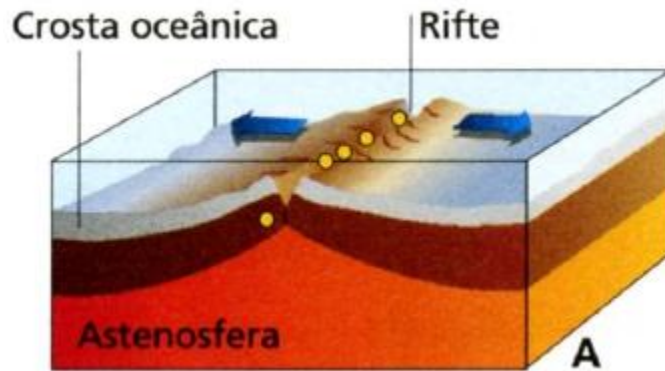


É função da **área da falha** que é deslocada, do **deslocamento** produzido e da **rigidez** das rochas envolvidas.

Atividade sísmica e tectónica de placas

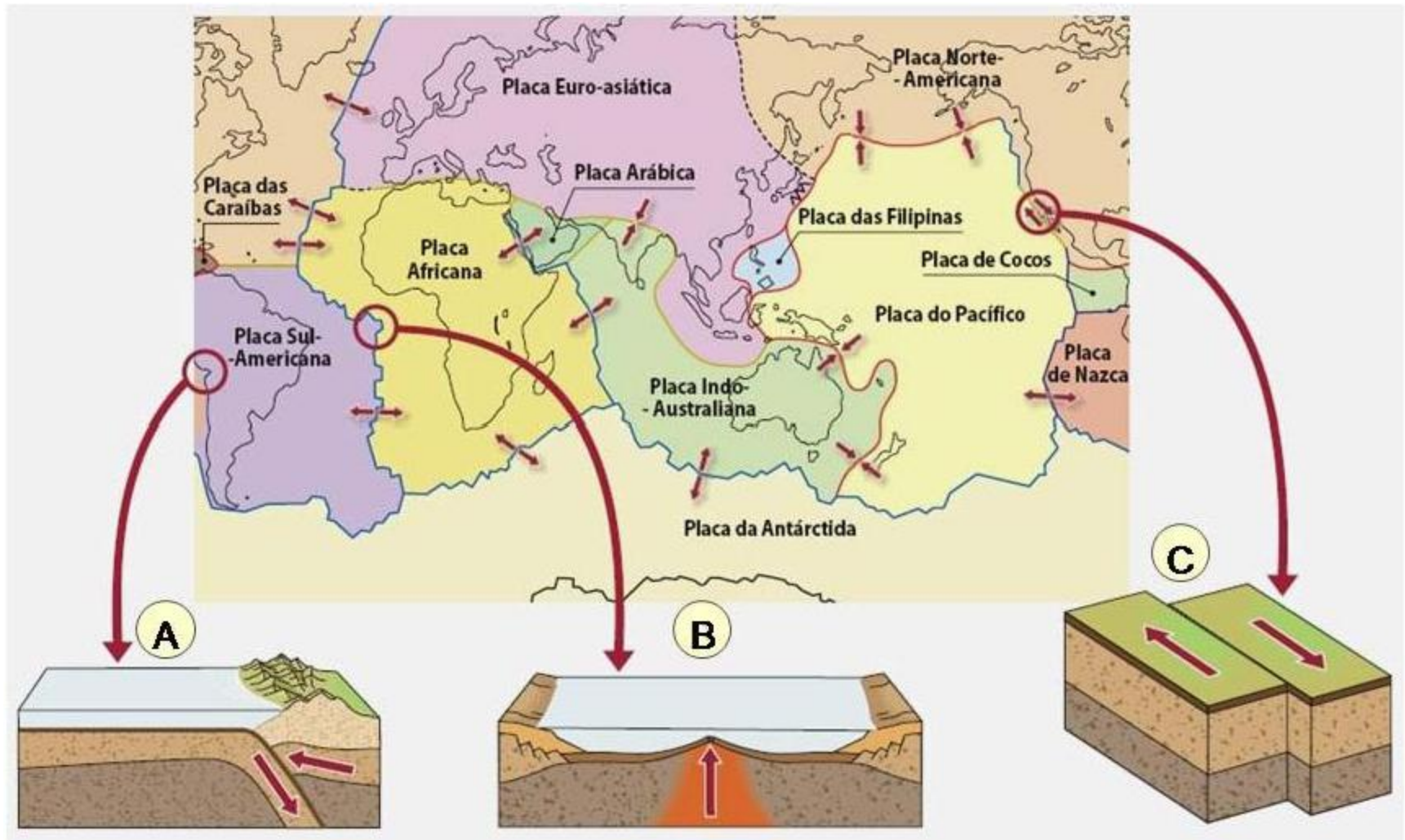


De acordo com a sua localização, existem **sismos** que ocorrem nos limites das placas litosféricas – **interplacas** (*riftes* e *zonas de subducção*) – 95%.

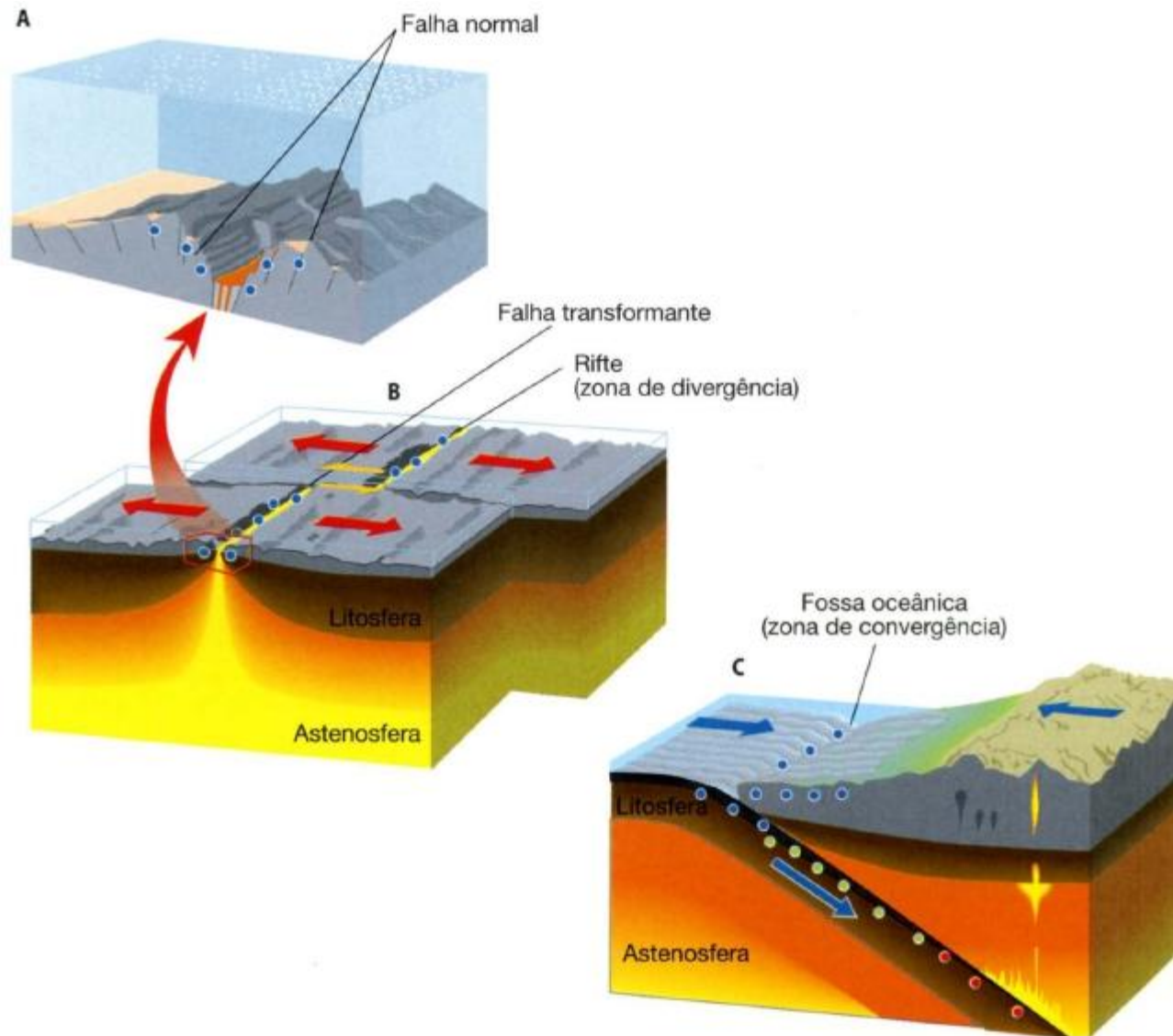


Outros ocorrem no interior das placas litosféricas – **intra-placas** (existência de **falhas activas**) – 5%.

Actividade sísmica e tectónica de placas



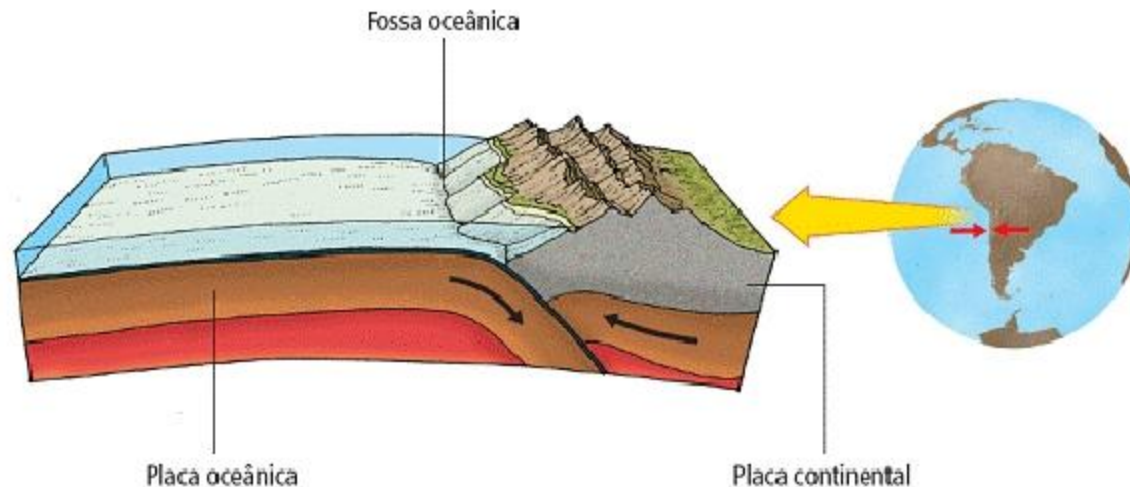
Atividade sísmica interplacas



Sismicidade - colisão de placas

OCEÂNICA/CONTINENTAL

A placa de Nazca, ao **colidir** com a placa Sul-americana sob esta. A placa do Pacífico que **mergulha** sob a Euroasiática.



Chile, 2010 (**8,8** E. Richter)



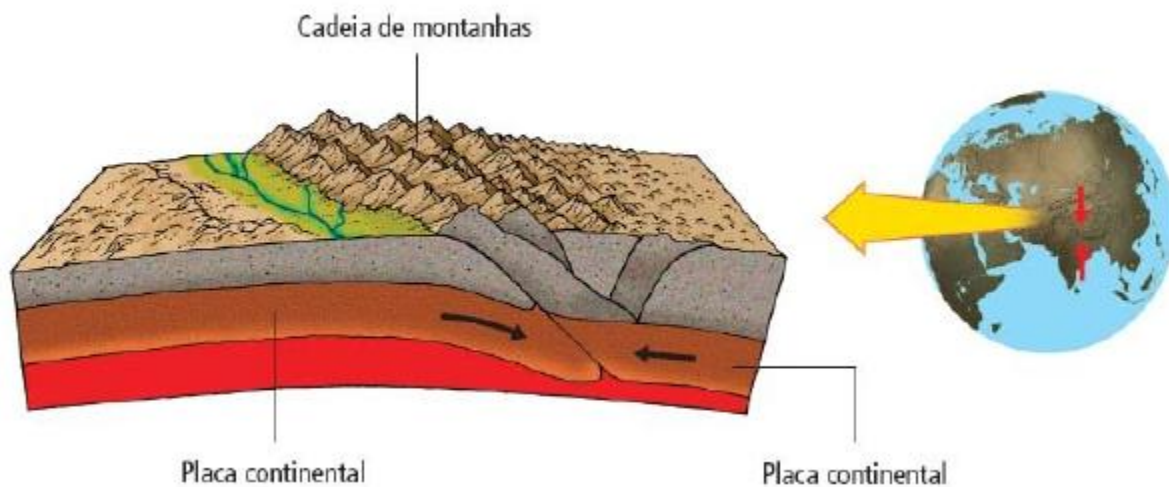
Japão, 2010 (**6,3** E. Richter)

É este **arrastamento** para o interior da Terra, o **mecanismo gerador** da maior parte dos **sismos** que correm na Terra (Chile, Perú, Equador, Japão).

Sismicidade - colisão de placas

CONTINENTAL/CONTINENTAL

A Índia terá sido um continente que **colidiu** com a Ásia, deste **choque** resultou os **Himalaias**. A Placa Asiática **cavalgou** a Placa Indiana.



China, 2010 (6,9 E. Richter)



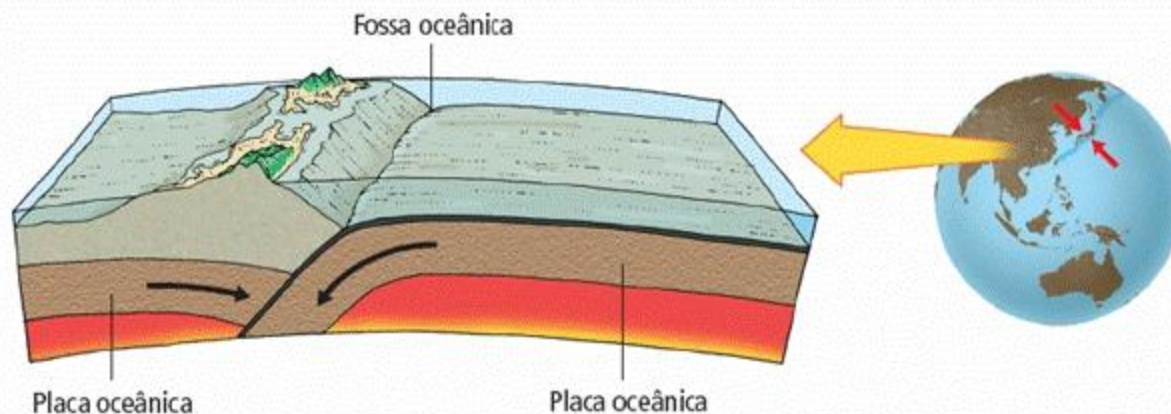
Afeg., 2005 (7,6 E. Richter)

Actualmente, estas placas continuam a **empurrar-se** (1 a 2 cm por ano), originando tensões que explicam os **sismos** do Nepal, China, Afeganistão,

Sismicidade - colisão de placas

OCEÂNICA/OCEÂNICA

A placa do Pacífico, ao **colidir** com a placa Norte-americana sob esta. A placa Indo-australiana que **colide** com a Euroasiática



Jacarta, 2009 (7,6 E. Richter)



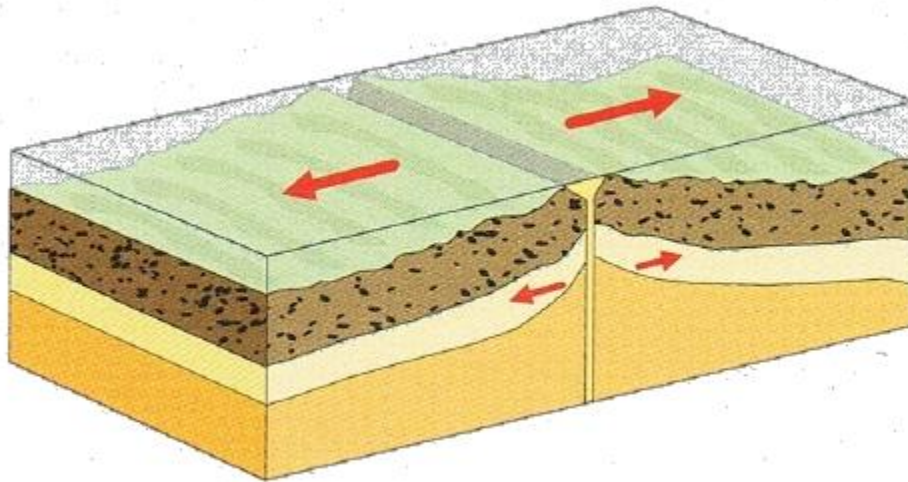
Sumatra, 2004 (9,0 E. Richter)

2 placas oceânicas **colidem**, desenvolvendo **tensões** capazes de originar os **violentos sismos** das ilhas Aleutas e do arquipélago da Indonésia.

Sismicidade - afastamento de placas

OCEÂNICA/OCEÂNICA

A maior **cadeia montanhosa** da Terra encontra-se **submersa**. O centro destas cadeias montanhosas encontra-se sob **tensão**.



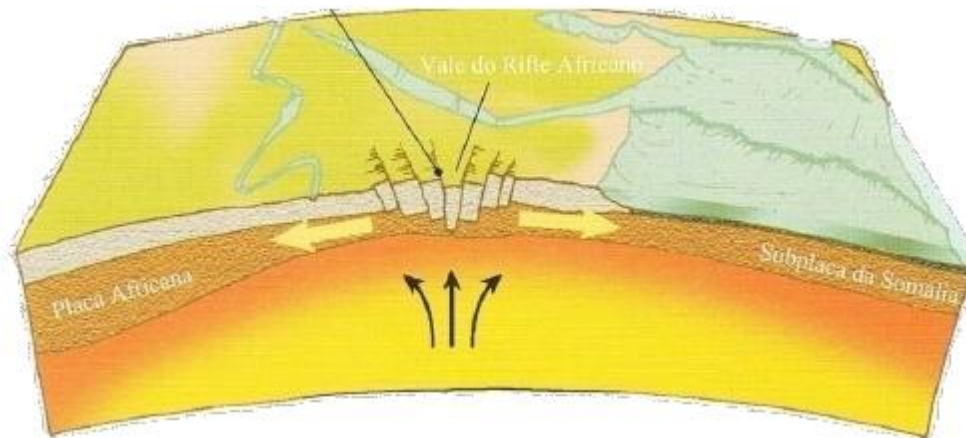
Islândia, 2009 (6,1 E. Richter)

Corresponde a zonas onde as placas se **separam**. **10%** dos sismos ocorrem neste alinhamento do **fundo dos oceanos**.

Sismicidade - afastamento de placas

CONTINENTAL/CONTINENTAL

Há milhões de anos atrás, a placa que suporta o continente **africano** começou a **dividir-se** – **Rifte Valley Africano**.

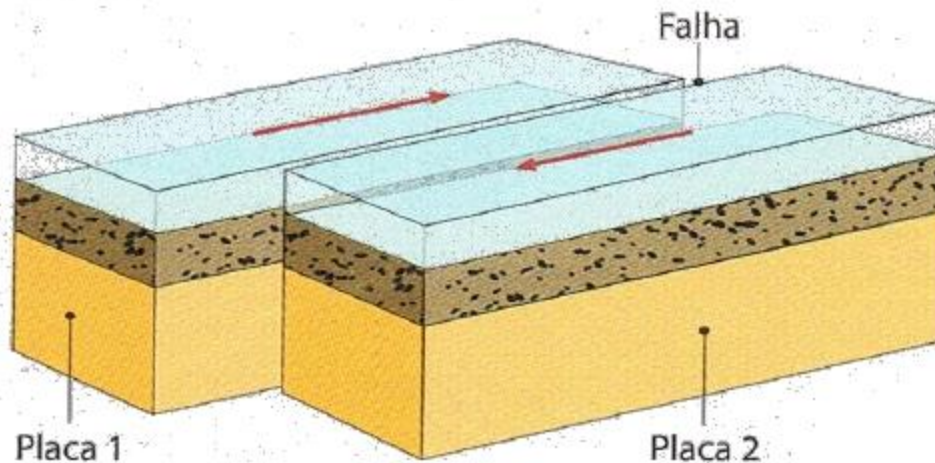


Rwanda, 2008 (6,0 E. Richter)

A actividade tectónica que caracteriza essa zona é a responsável pela **sismicidade** desta região.

Sismicidade - deslizamento de placas

A **falha de Santo André**, na Califórnia, marca a fronteira entre a **Placa Pacífica** e a **Norte Americana**. As placas deslizam entre si.



México, 2010 (7,1 E. Richter)

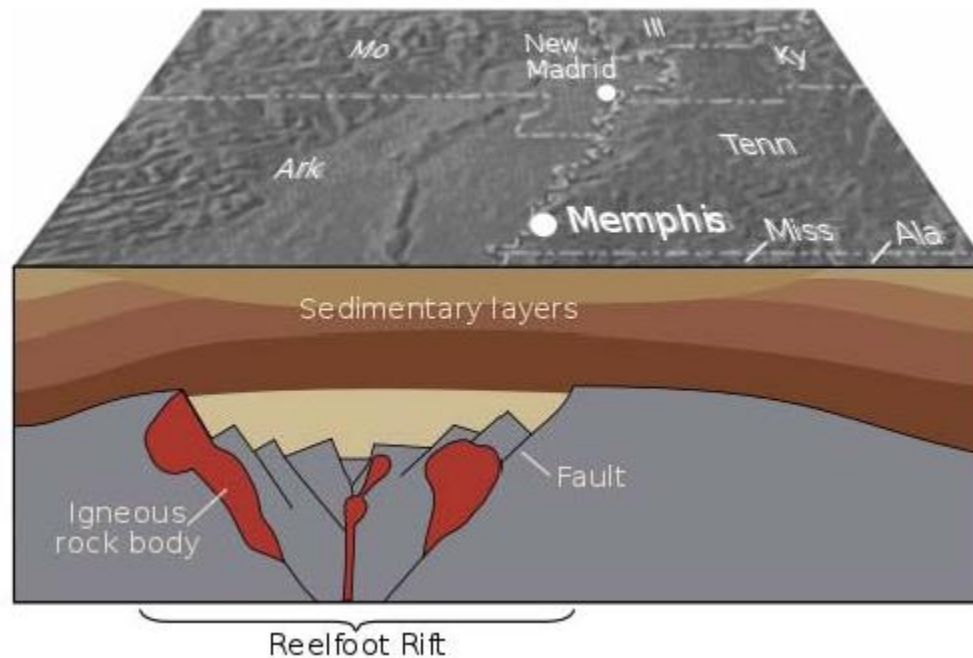


Califórnia, 1989 (6,9 E. Richter)

Esse movimento dá-se a uma velocidade de **3 a 6 cm** por ano, originando uma **forte tensão**, causando uma excessiva **sismicidade**, na Califórnia e no México.

Sismicidade - intraplacas placas

Surtem bem no **interior** das placas tectónicas, zonas consideradas geologicamente **estáveis**.



Ocorrem devido a pequenas **tensões tectónicas** localizadas, **abatimentos** em antigas falhas tectónicas ou **rifts abortados**.

Sismicidade em Portugal

Portugal apresenta uma **actividade sísmica** moderada, uma vez que experimenta o efeito de proximidade de **faixas de instabilidade**.

Data	Locais atingidos	Intensidade
01/11/1755	Todo o país, principalmente Lisboa e Algarve	IX
31/03/1761	Porto, Coimbra, Beja, Évora e Lisboa	VIII
08/06/1807	Península Ibérica, especialmente Lisboa	VI
15/07/1856	Tavira, Loulé, Faro, Setúbal e Lisboa	VII-VIII
01/11/1858	Todo o país, principalmente Lisboa e Setúbal	VIII
21/02/1890	Leiria, Batalha e Maceira	V
23/04/1909	Todo o país, principalmente Benavente	IX
28/02/1969	Algarve e Lisboa	VII
29/07/2003	Lisboa	IV-V



Em Portugal ocorrem, em média, cerca de **500 sismos** por ano, dos quais apenas 10 a 15 são sentidos pela população.

Sismicidade em Portugal

A **actividade sísmica** no Continente está relacionada com sua **proximidade** ao limite entre as **Placas Africana** e **Euro-asiática**.



Estruturas geológicas (fracturas) que estão na origem de sismos e tsunamis em Portugal Continental.

Associada à **actividade** das falhas localizadas a sudoeste, no **fundo do mar** e às **falhas activas** (intraplacas) espalhadas por todo o território.

Sismicidade em Portugal

Os Açores é uma zona **muito instável**, uma vez que se localiza no **ponto triplo** de **junção** das **Placas Euro-asiática**, **Africana** e **Norte-americana**.



A **actividade sísmica** das diferentes ilhas é tanto maior quanto mais próximas estiverem dos **limites de placas**, ao nível dos **riftes** e **falhas transformantes**.

Minimização de risco sísmico - previsão

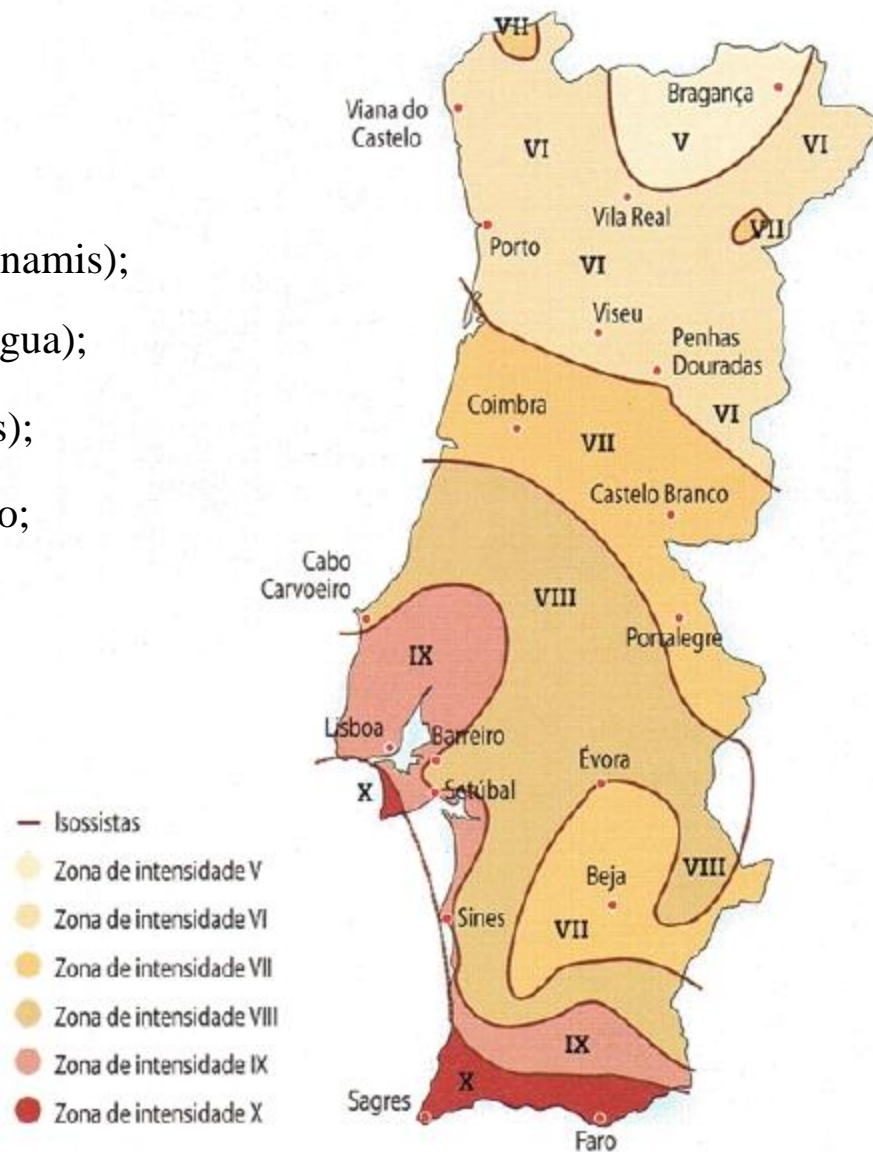
Apesar do desenvolvimento de modelos matemáticos de **previsão sísmica**, ainda não é possível prever este fenómeno catastrófico natural.



No entanto, os **estudos** nesta área têm permitido **minimizar os seus efeitos**, **identificar zonas de risco**, **construir infra-estruturas mais sólidas**, **promover a educação da população** e **elaborar planos de emergência**.

Minimização de risco sísmico - consequências

- Formação de fendas no solo;
- Colapso de edifícios e infra-estruturas;
- Inundação/destruição das zonas costeiras (tsunamis);
- Liquefacção de solos (terrenos saturados de água);
- Desmoronamentos de terrenos (soterramentos);
- Interrupção/bloqueio das vias de comunicação;
- Destruição das redes de água, esgotos e gás.
- Vítimas mortais;
- Falha de electricidade;
- Incêndios;



Minimização de risco sísmico - prevenção

- Definição de zonas de maior risco;
- Identificação das falhas activas;
- Monitorização das principais falhas sismogénéticas;
- Elaboração de cartas de isossistas;
- Levantamento das edificações e avaliação do seu risco;
- Reabilitação/substituição das edificações fragilizadas;
- Aplicação das normas de construção anti-sísmica;
- Promoção na educação da população;
- Implantação de redes sismográficas (monitorização);

- Estações analógicas do instituto de meteorologia
- Estações das Universidades de Lisboa, Porto e Coimbra
- Estações digitais do instituto de meteorologia
- Instalações do Centro Geofísico da Universidade de Lisboa
- Estações da *Transfrontier*
- Estações digitais da rede de S. Teotónio



Protecção das populações - antes de um sismo



Informa-te sobre os sismos e os seus efeitos.



Escolhe o sítio da casa que serve de abrigo



Coloca os objectos mais pesados no chão.



Desligar a água, o gás e a electricidade.



Deves ter num local acessível, uma lanterna, um rádio portátil, pilhas, um extintor e um estojo de primeiros socorros.



Mantém uma reserva de água e alimentos enlatados para 3 dias.



Tem à mão um saco de agasalhos e sapatos. Tu e a tua família devem ter a vacina do tétano em dia.

Protecção das populações - durante um sismo



Se estiveres na rua, mantém-te afastado de edifícios e taludes que possam desabar.



Coloca-te no vão de uma porta interior ou debaixo de uma mesa ou cama.



Nunca utilizes o elevador.



Domina o pânico contando alto e devagar até 50.

Protecção das populações - após um sismo



Se estiveres descalço, calça sapatos e protege a cabeça.



Corta a água e o gás e desliga a electricidade.



Colabora com as equipas de socorro prestando os primeiros socorros, se o souberes fazer.



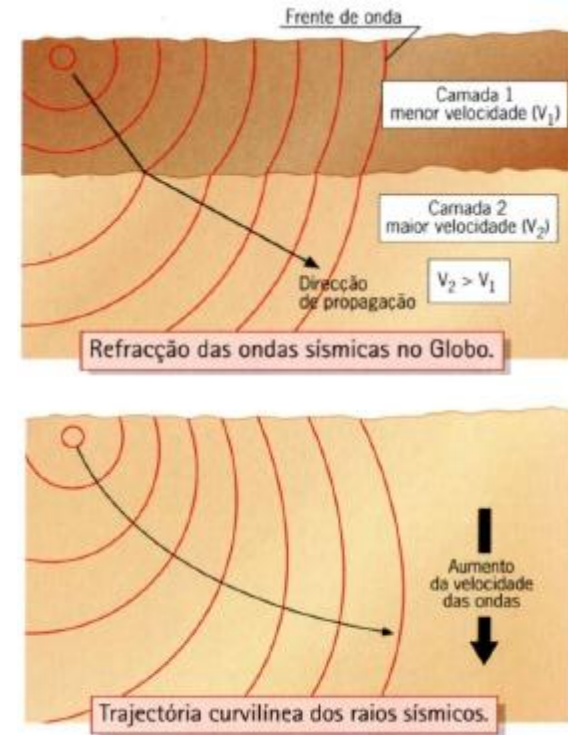
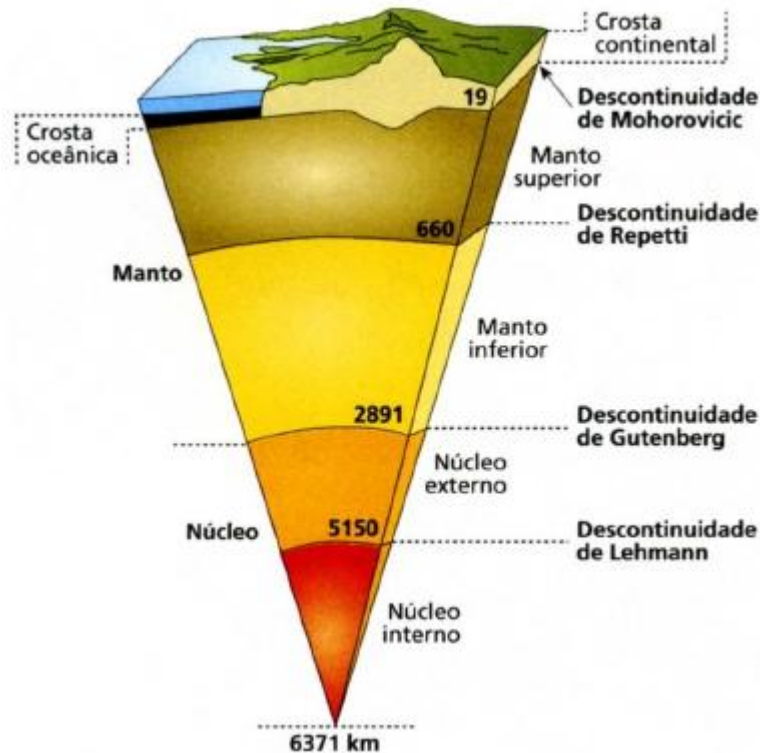
Não te precipites para a escada ou para a saída.



Mantém a calma e tranquiliza os outros.

Ondas sísmicas e descontinuidades internas

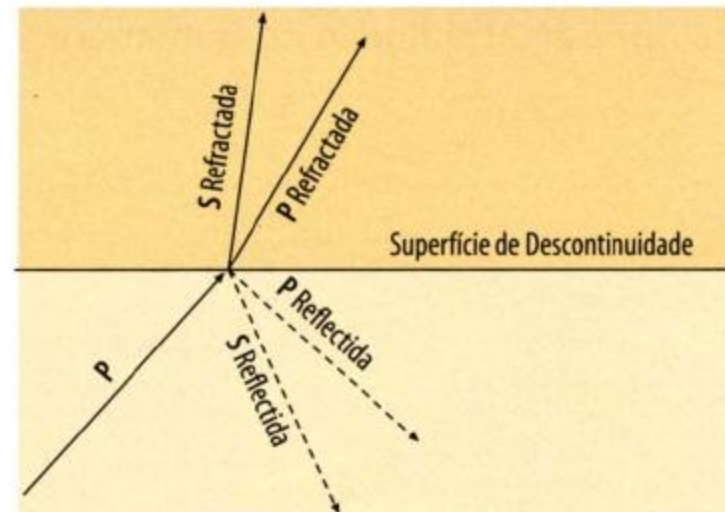
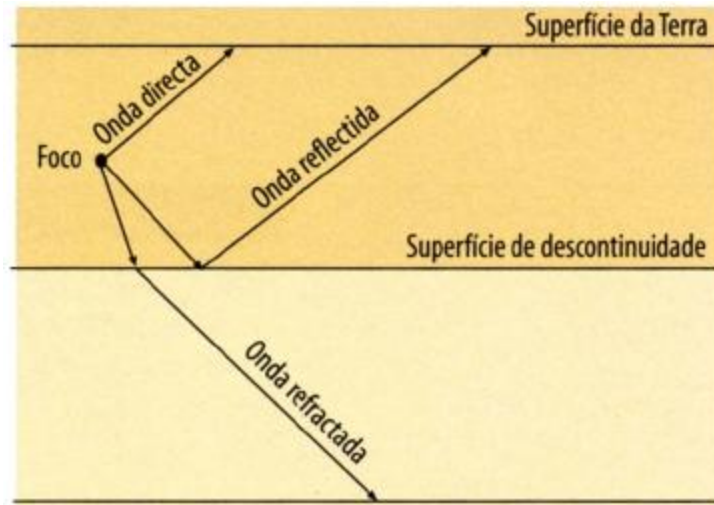
O interior da Terra não é **homogéneo**, pelo que as **ondas** se propagam em zonas de diferentes **constituição**, **densidade**, **rigidez** e **incompressibilidade**.



A velocidade das **ondas sísmicas** varia directamente com a **rigidez** dos materiais, inversamente com a sua **densidade** e directamente com o valor da **incompressibilidade** das rochas.

Ondas sísmicas e descontinuidades internas

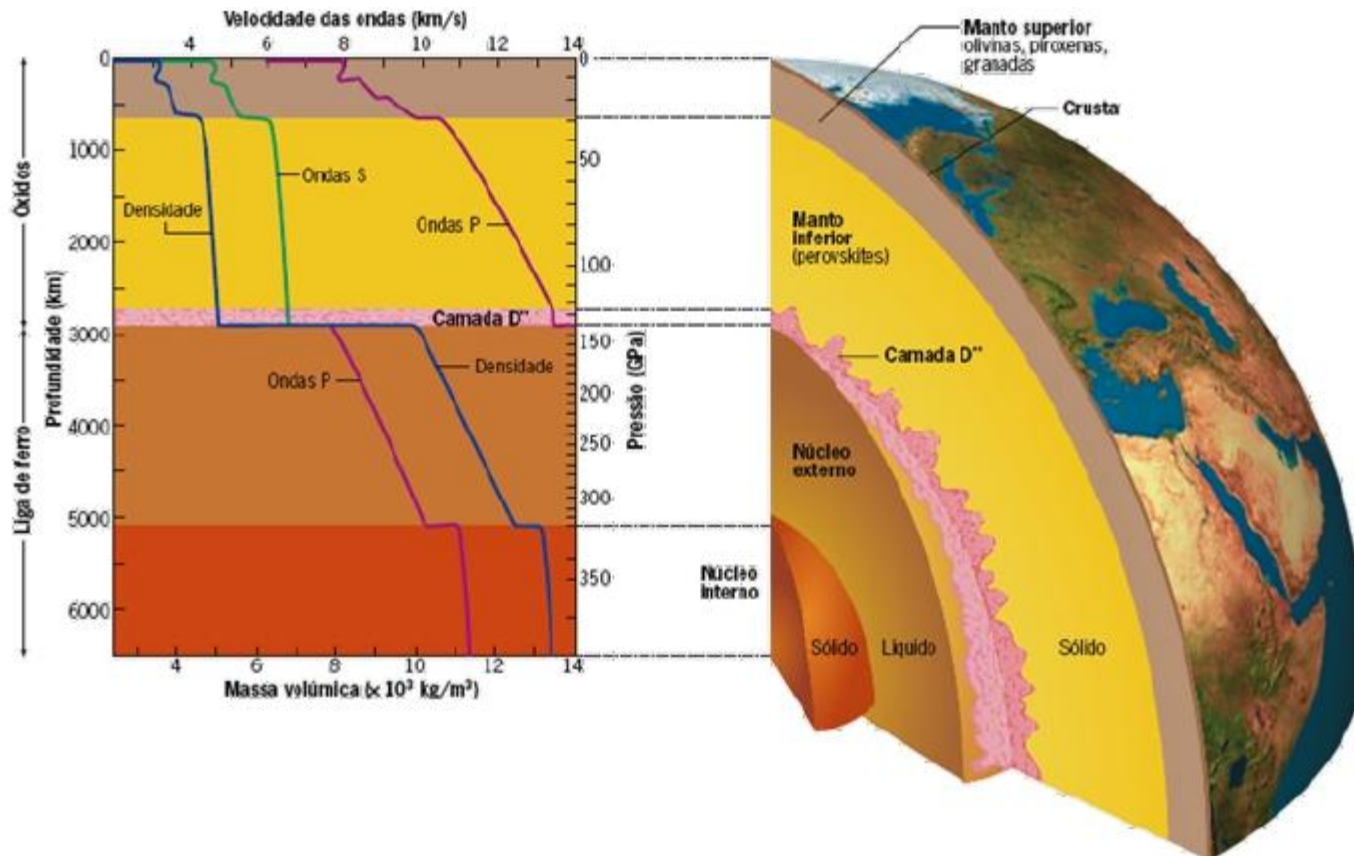
Para cada tipo de onda sísmica (**P** e **S**), existem diferentes séries de ondas que podem ser: **directas**, **refractadas** ou **reflectidas**.



Qualquer uma das ondas sísmicas internas (**P** ou **S**), ao incidir numa superfície de descontinuidade, pode ser **reflectida** ou **refractada** originando tanto ondas **P** (**longitudinais**) como ondas **S** (**transversais**).

Ondas sísmicas e descontinuidades internas

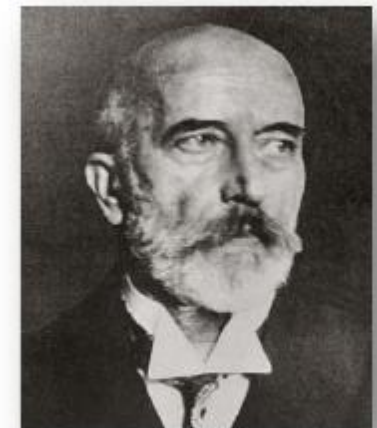
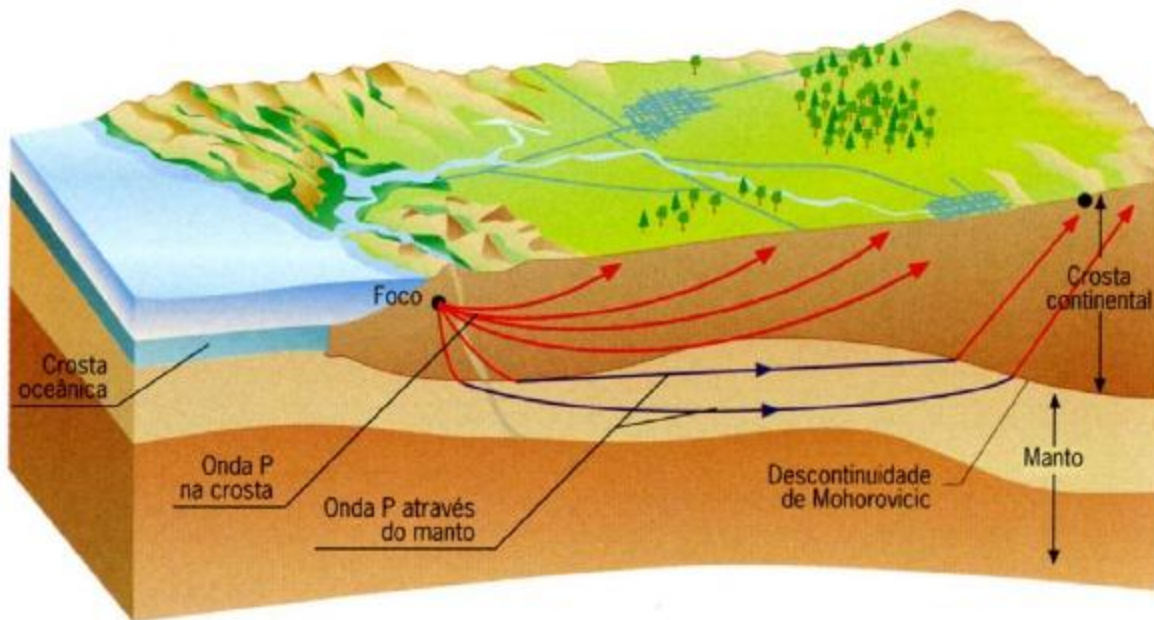
A determinadas **profundidades**, a velocidade de propagação das **ondas sísmicas P e S** apresenta alterações bruscas.



Indicia que estas se encontram a atravessar **descontinuidades** no interior da Terra. Zonas com diferenças importantes nas suas propriedades e composição

Descontinuidade de Mohorovicic

A cerca de **50 km** de **profundidade** – **35 Km** (continentes), **10 Km** (oceanos) e **60 Km** (Montanhas) as ondas atravessam a **descontinuidade de M.**

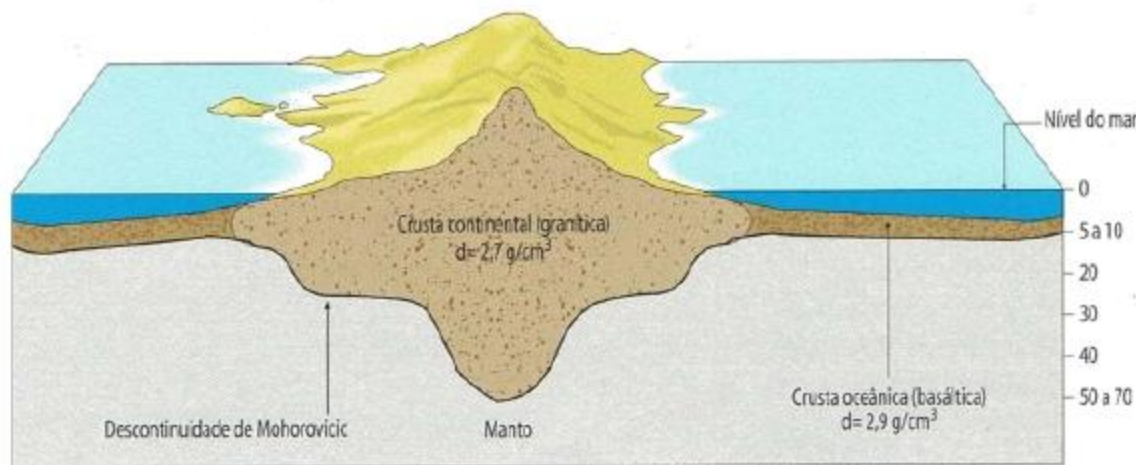


(1857-1936)

A partir deste limite, **mudam de comportamento**, aumentando de **velocidade**, evidenciando sair da Crusta e entrar no Manto.

Descontinuidade de Conrad

Limite existente na crosta terrestre, a cerca de **17 Km** de **profundidade**, onde há alteração súbita da **velocidade de propagação** das ondas sísmicas.

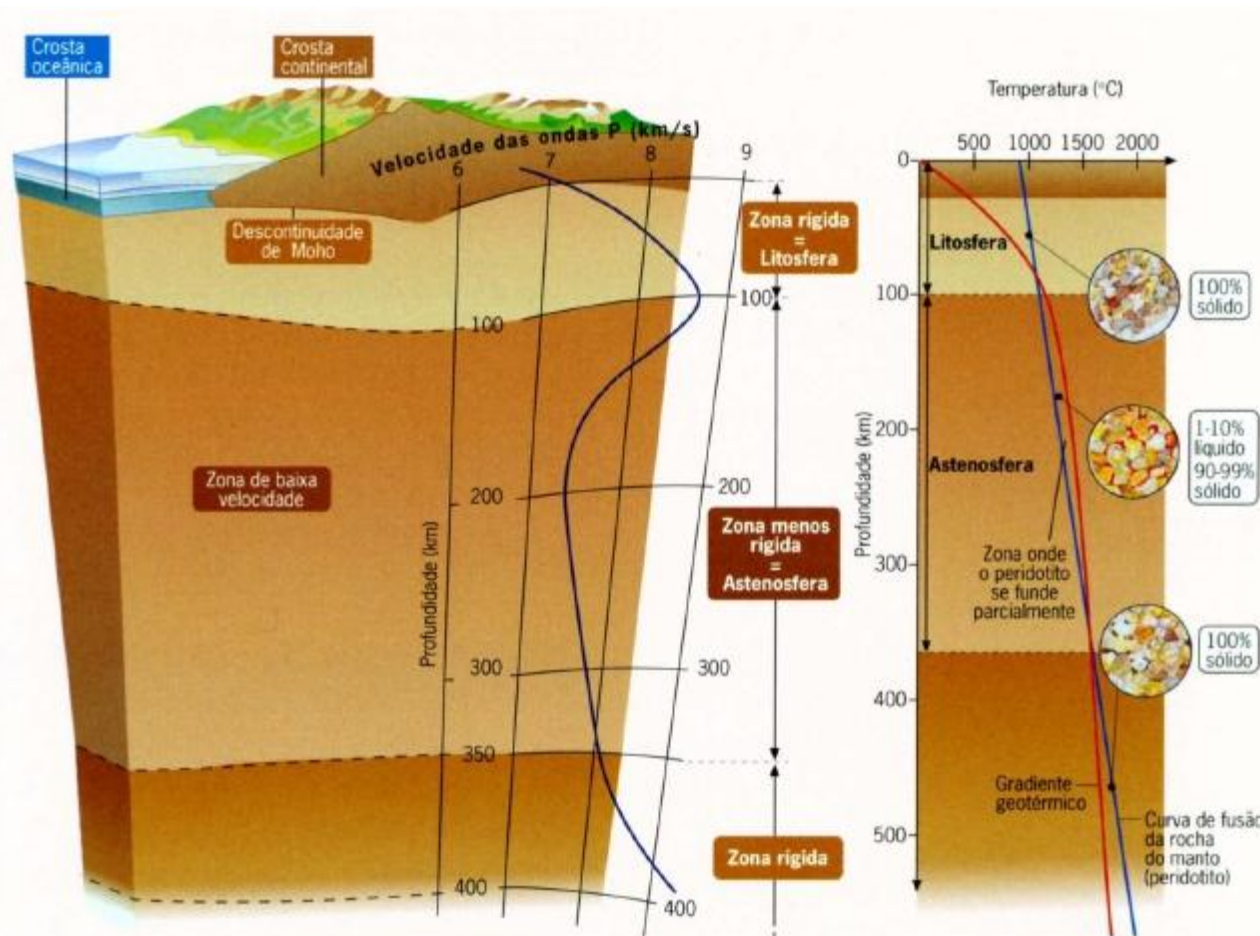


Victor Conrad
(1876-1962)

Há dúvidas se esta superfície **separa** materiais de **diferente composição** (granitos/basaltos) ou se **separa** materiais de **diferente densidade** devido à influência de **elevadas pressões**.

Zona especial - Astenosfera

No **manto**, entre os **100 Km** e os **250 Km** de profundidade, as ondas entram numa **zona de baixa velocidade**, indicando que estão a atravessar **material viscoso** – **Astenosfera**.

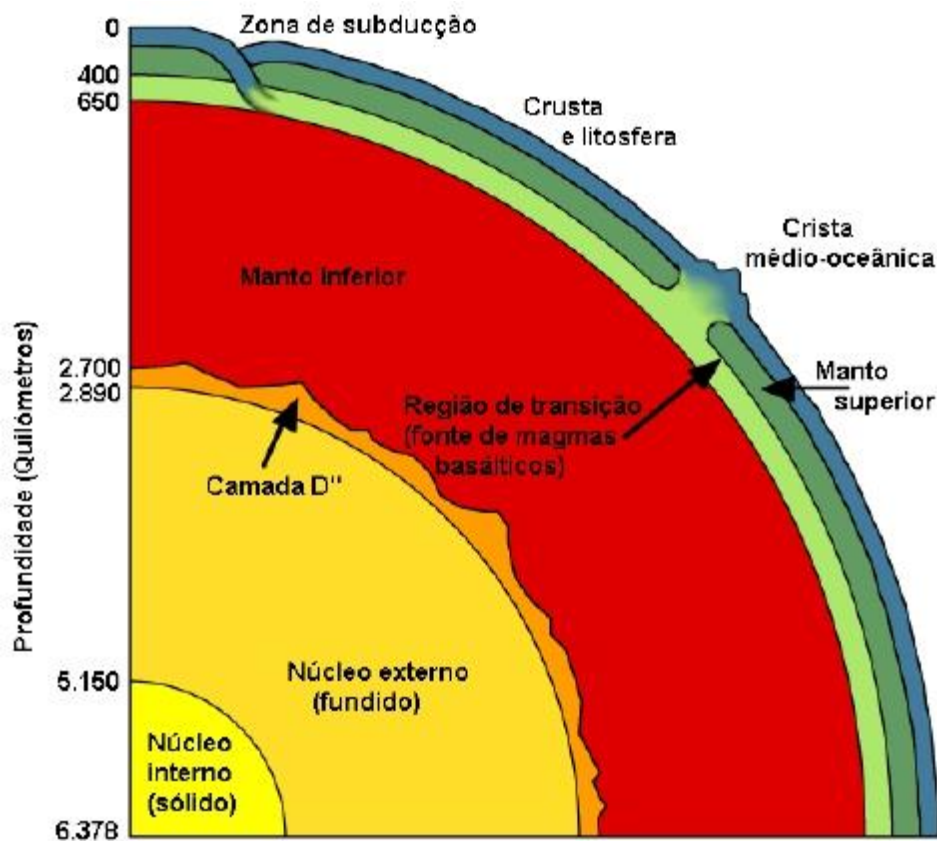


Descontinuidade de Repetti

O **manto inferior** está separado do **manto superior** pela **descontinuidade de Repetti** e prolonga-se até à base do núcleo (2.700 - 2.890 Km).



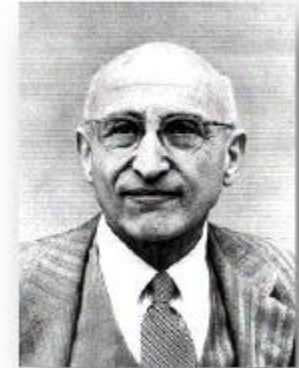
Willian C. Repetti
(1884-1966)



A **camada D''** faz parte do manto inferior, acontecendo que a propagação das ondas sísmicas sugere que pode diferir quimicamente do manto inferior.

Descontinuidade de Wiechert-Gutenberg

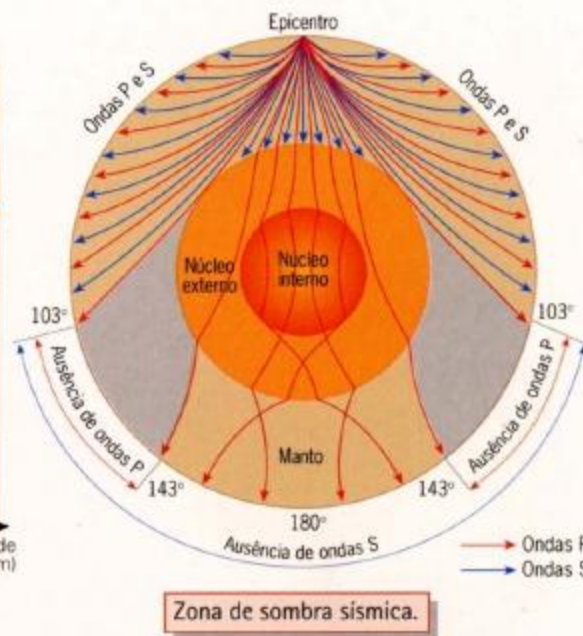
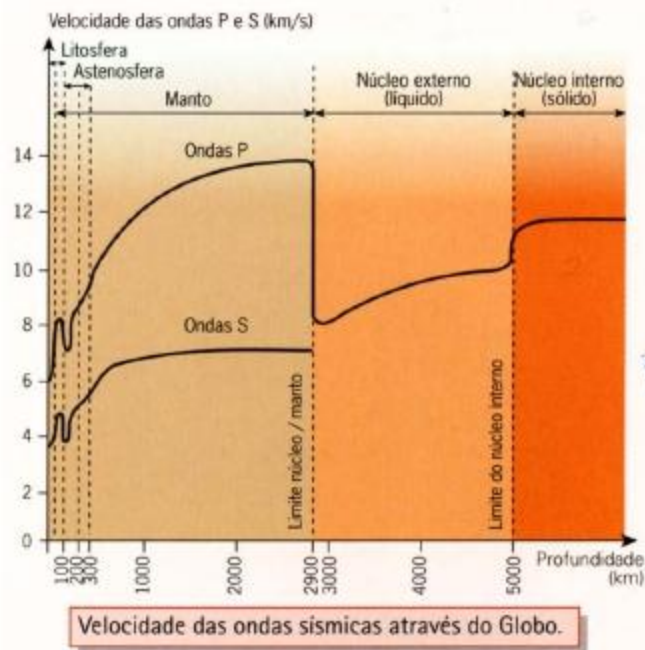
A partir dos **250 Km**, a velocidade não para de **umentar** até aos **2900 km** de profundidade. As ondas atingem a descontinuidade de **Wiechert-Gutenberg**.



Beno Gutenberg
(1889-1960)



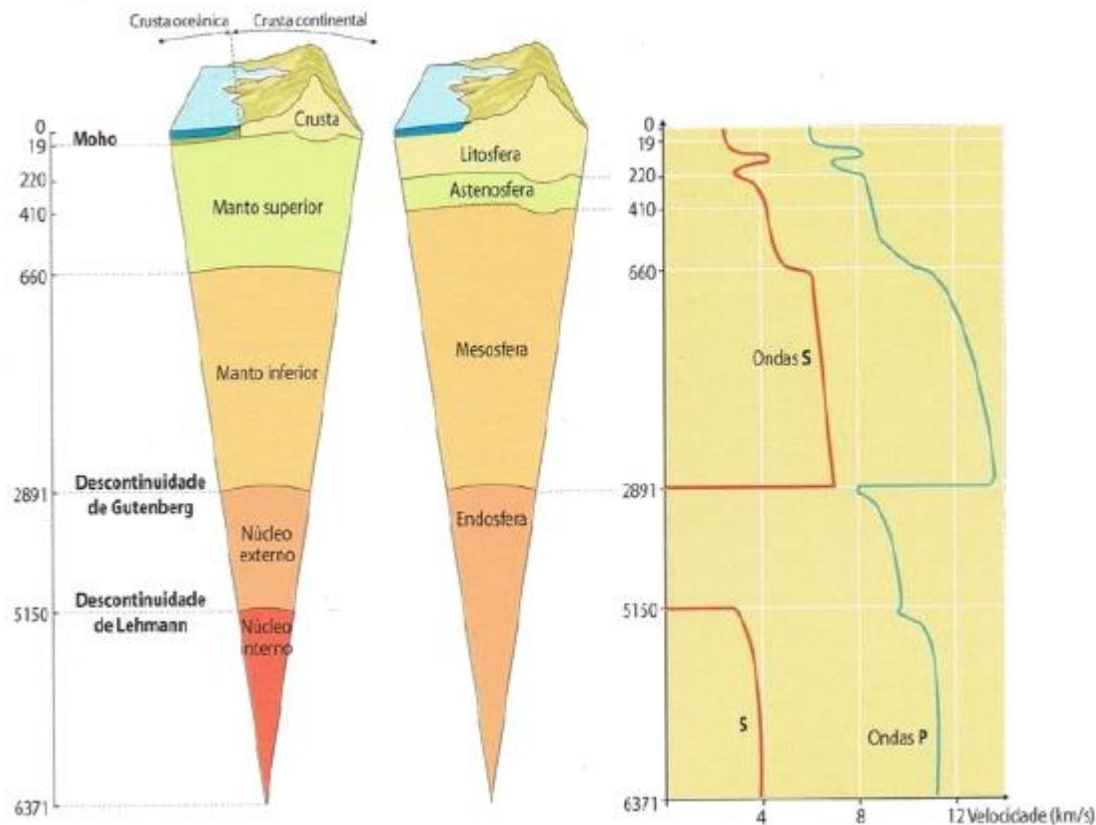
Emil Wiechert
(1861-1928)



As **ondas P** sofrem brusca queda de velocidade e as **ondas S** deixam de se **propagar**. O novo meio (**núcleo externo**) é muito denso e fluído. _____

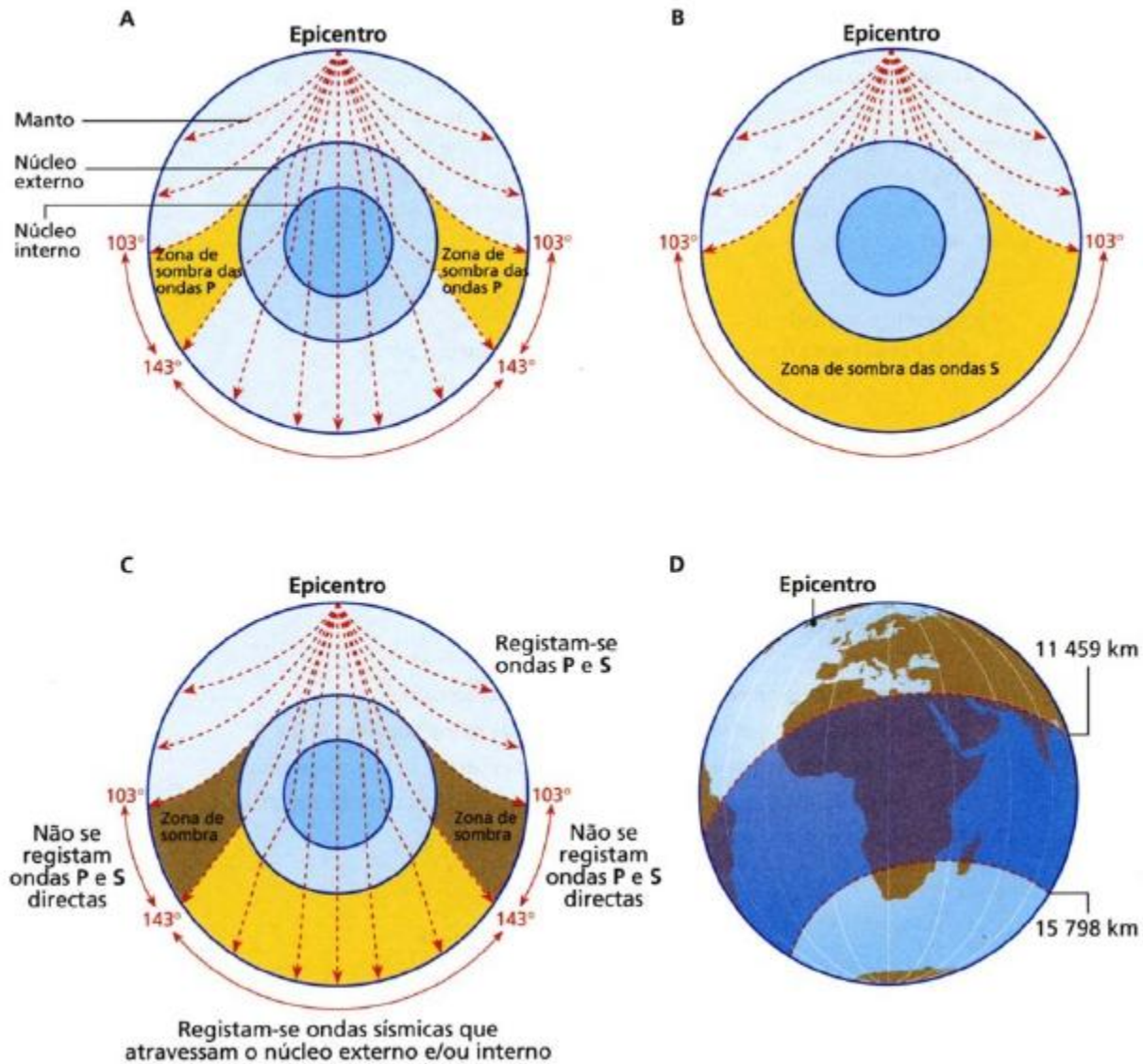
Descontinuidade de Lehmann

A **5150 Km**, as **ondas S**, que na zona anterior se propagavam na forma de **ondas P**, voltam a aparecer. O material nesta zona (**núcleo interno**) é **sólido**, **muito rígido** e **denso**.



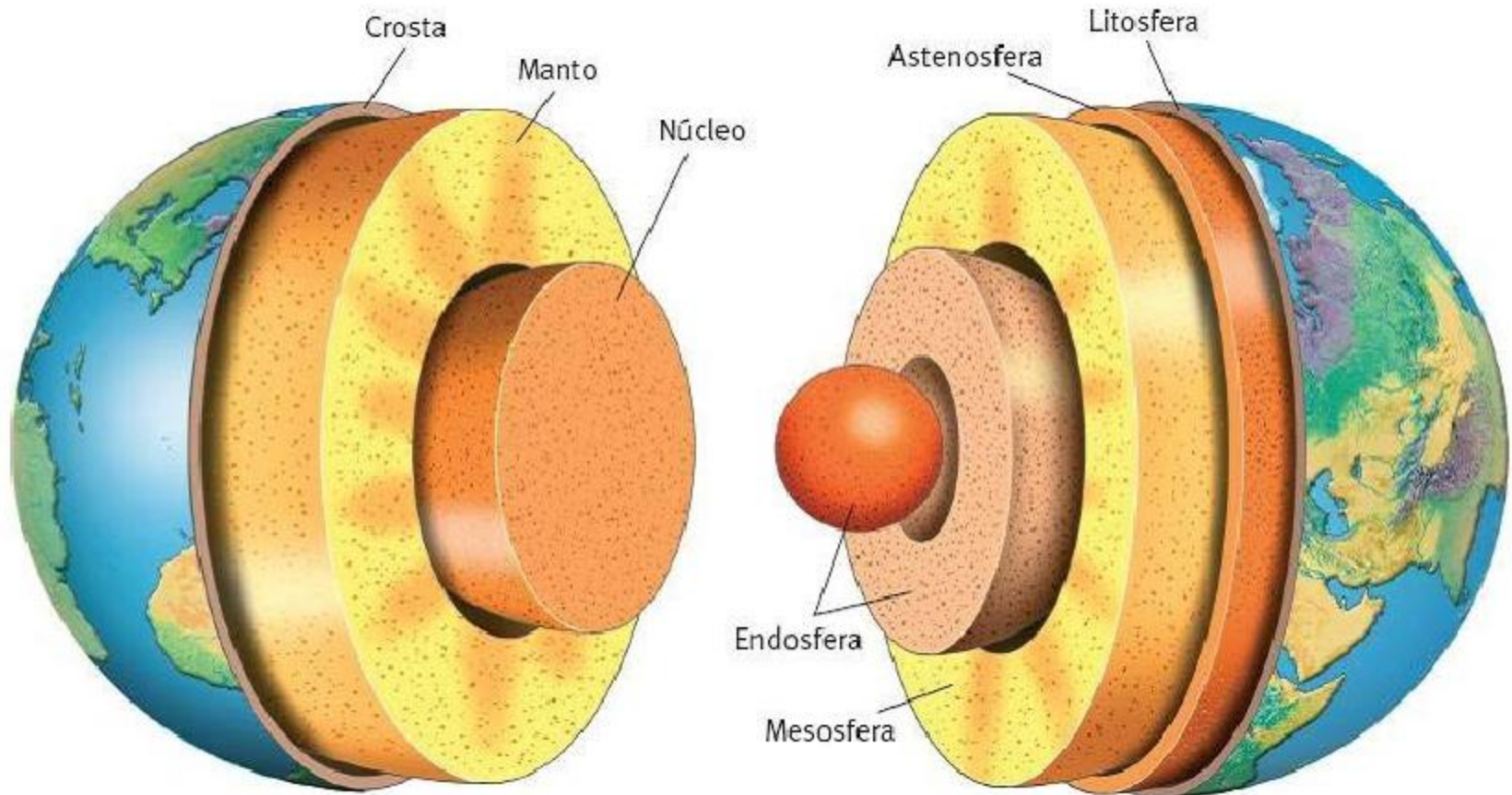
Inge Lehmann
(1888-1992)

Zona de sombra sísmica

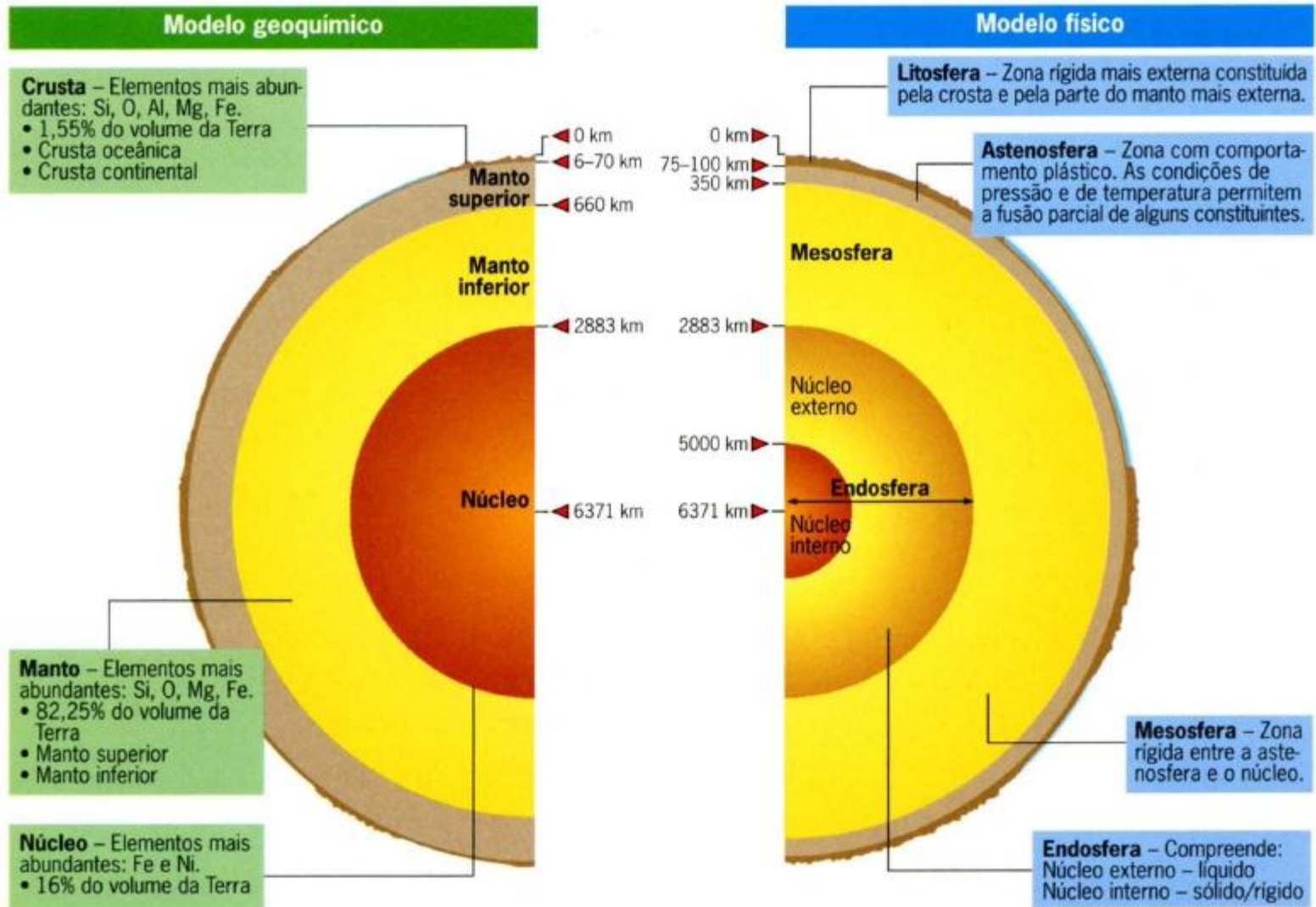


Constituição interna da Terra

Considera-se **dois modelos** da **estrutura interna da Terra** baseados em critérios diferentes (**composição química** e **propriedades físicas**).



Constituição interna da Terra



Constituição interna da Terra

Zonas		Composição	Espessura/Limites	Densidade
Crusta	Continental	Rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares.	30 a 40 km de espessura – 70 km nas montanhas.	2,7
	Oceânica	Basaltos na zona mais superficial e gabros na zona mais inferior.	5 a 10 km de espessura.	3,0
Manto	Superior	Peridotito, rocha rica em olivina e piroxenas.	Da descontinuidade de Moho até +- 660 km.	3,3
	Inferior	Minerais mais densos, como perovskite.	Desde 660 km até cerca de 2883 km.	5,5
Núcleo	Externo	Ferro e cerca de 12% de níquel, sílica, enxofre e potássio.	Da descontinuidade de Gutenberg até 5140 km.	9,9 a 12,2
	Interno	Ferro e 10% a 20% de níquel.	Da descontinuidade de Lehmann até ao centro.	12,6 a 13,0

Zonas		Estado físico/Rigidez	Espessura/Limites
Litosfera	Continental	Materiais sólidos e rígidos.	Da superfície até 125 km a 250 km.
	Oceânica	Materiais sólidos e rígidos.	Da superfície até 70 km a 100 km.
Astenosfera		Materiais globalmente sólidos mas menos rígidos – comportamento plástico.	Da base da litosfera até uma profundidade ainda discutível de 350 km ou 660 km.
Mesosfera		Materiais sólidos e rígidos.	Da base da astenosfera até 2883 km.
Endosfera	Núcleo externo	Materiais líquidos.	Desde 2883 km até 5140 km.
	Núcleo interno	Materiais sólidos e rígidos.	Desde 5140 km até ao centro.

Bibliografia

DIAS, A. G.; GUIMARÃES, P.; ROCHA, P., *Geologia 10*, Areal Editores, Porto, Portugal, 2003.

DOMINGUES, H. V.; BATISTA, J. A., *Preparar o exame nacional Biologia e Geologia 11º ano*, Texto Editores, Lisboa, Portugal, 2009.

MARQUES, M. *Uma Breve História Natural da Terra – Geologia*. Edições Asa, Lisboa, Portugal, 2010.

OLIVEIRA, Ó.; RIBEIRO, E.; SILVA, J. C. *Desafios – Biologia e Geologia 10º Ano, vol. I*, Edições Asa, Lisboa, Portugal, 2010.

SILVA, A. D. e outros, *Terra, Universo de Vida – Geologia*. Biologia e Geologia 10º Ano, Porto Editora, Porto, Portugal, 2010.

VALENTIM, P. *Actividade Sísmica. Apresentação powerpoint*, Batalha, Portugal, 2007.

Foram consultados inúmeros sites para recolha de informação e extracção de imagens. Este trabalho destina-se a fins pedagógicos, no entanto, quem se sentir lesado nos direitos autorais deve informar o responsável para valepaulo@gmail.com