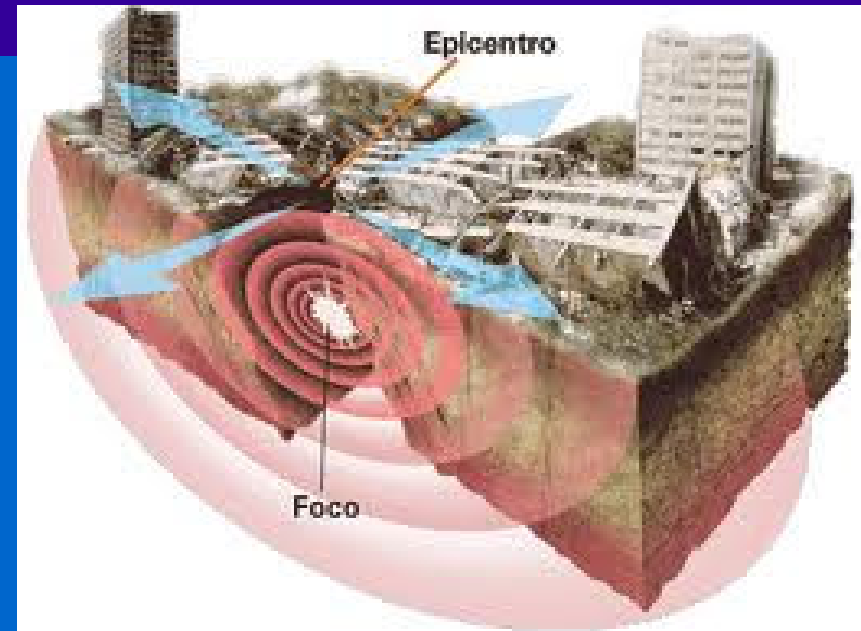


Sismologia

- ELEMENTOS DE SISMOLOGIA: Ondas P, S e superficiais; Estrutura Interna da Terra: Crosta continental e oceânica; Litosfera e astenosfera e Núcleo externo e núcleo interno; Intensidade sísmica e magnitude; Mecanismos de falhamentos e esforços tectônicos; Sismicidade mundial; Sismicidade Intraplaca; Sismicidade da América do Sul e do Brasil. Sismicidade induzida.



Japão, 2011

SISMOLOGIA

- Japão : março 2011.

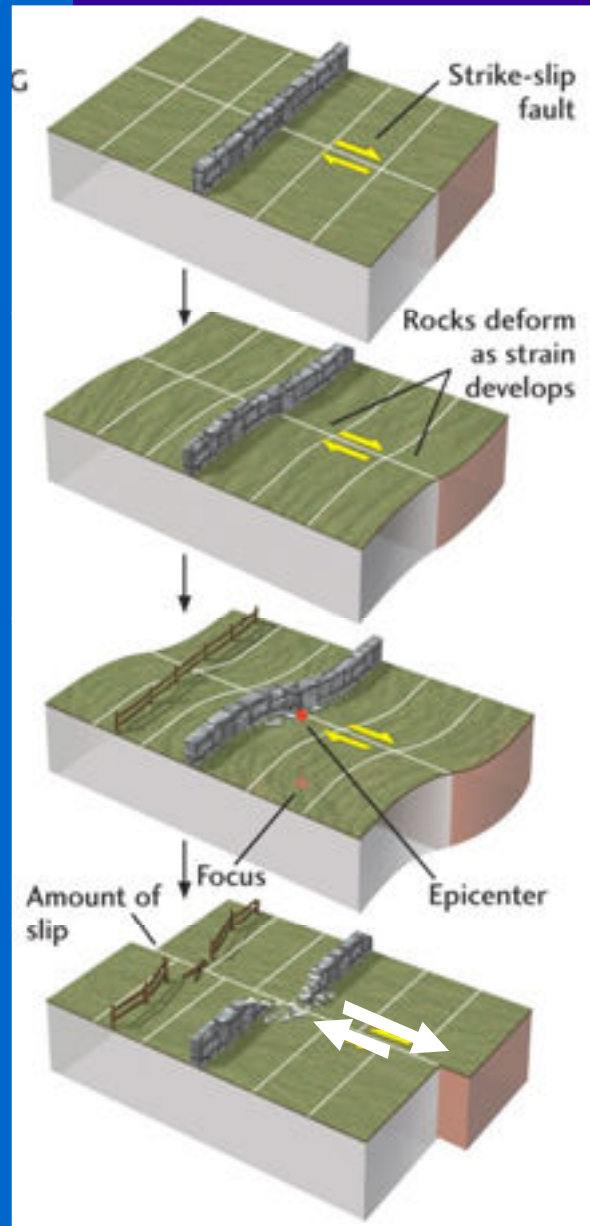


SISMOLOGIA

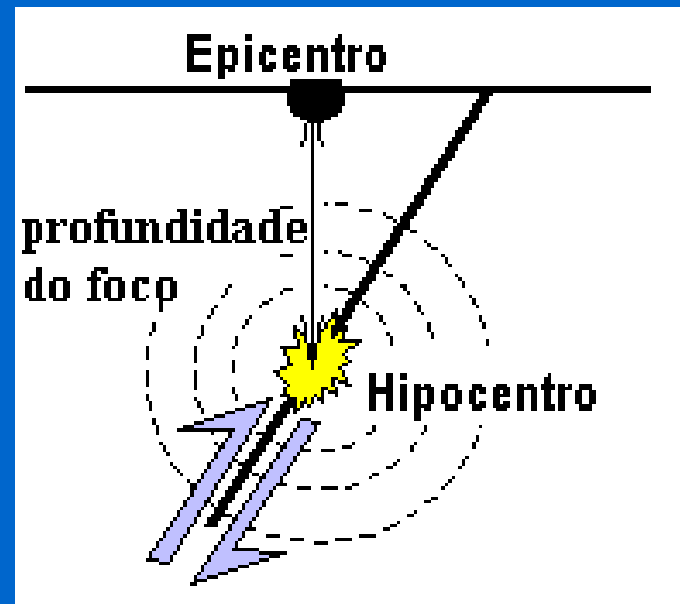
- Seismo → (grego) Choques
 - Estuda os terremotos, tremores e movimentos violentos que ocorrem no nosso planeta. A sismologia estuda analisando as vibrações que são produzidas por terremotos, ou por impacto de meteoritos ou por qualquer meio artificial.
- Namazu: Peixe místico, a quem se acreditava a origem dos terremotos no Japão.



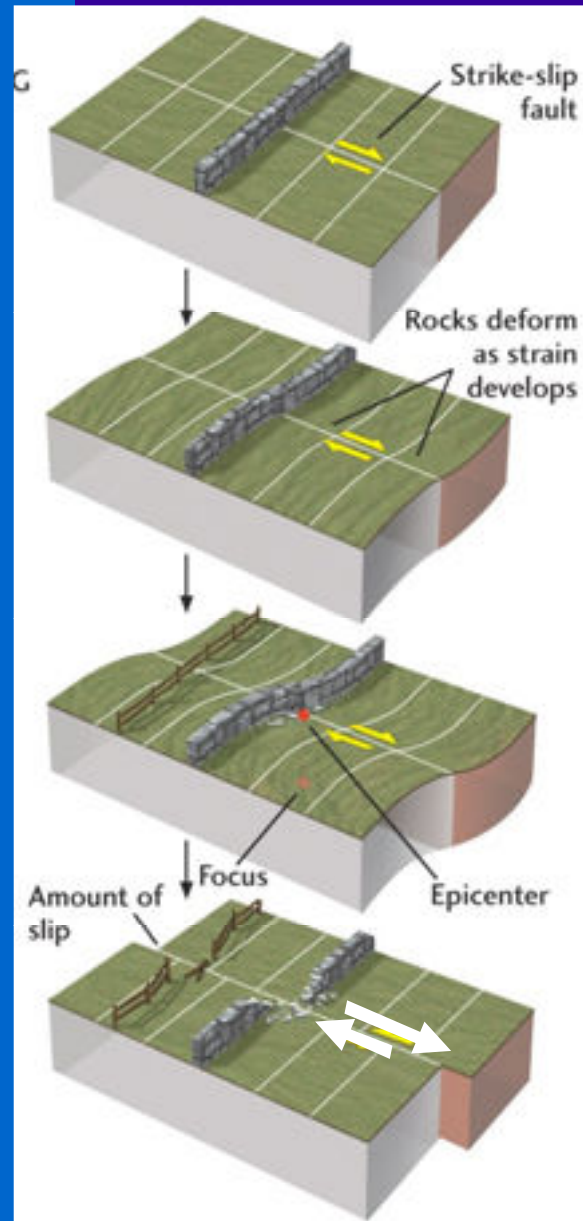
SÍSMICA



- Ondas Sísmicas:
- Teoria do rebote elástico
- Terremotos: rocha sob stress sofre tensão – pode gerar fratura – ondas sísmicas



SÍSMICA



INSTANTE 1

Um fazendeiro constrói um muro de pedras atravessando uma falha dextral poucos anos após a última ruptura.

INSTANTE 2

Nos 150 anos seguintes, o movimento relativo entre os blocos, em ambos os lados da falha, que estão "travados", causa a deformação do terreno e do muro de pedra.

INSTANTE 3

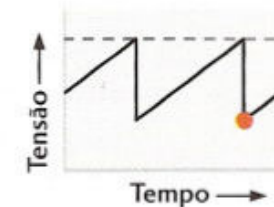
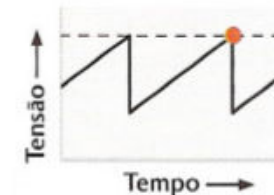
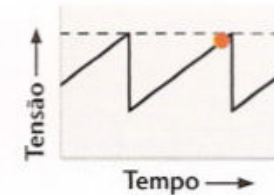
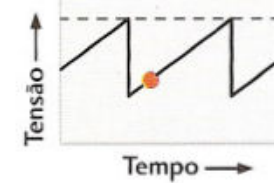
Logo antes da próxima ruptura, uma nova cerca é construída na terra já deformada.

Quando o esforço excede a resistência da falha, uma ruptura é iniciada no primeiro ponto de falhamento – o foco – sob o epicentro na superfície. A ruptura expande-se rapidamente ao longo da falha, produzindo um terremoto (ver Figura 19.2).

INSTANTE 4

A ruptura desloca a falha, reduzindo a tensão, e o rebote elástico recoloca os blocos em seu estado pré-tensional. Tanto o muro de pedras como a cerca são deslocados em iguais quantidades ao longo da linha de falha. O rebote endireita o muro de pedra, mas a cerca apresenta um encurvamento reverso.

A RESISTÊNCIA DA ROCHA E AS FORÇAS TENSIONAIS VARIAM



são – pode

on Huelsen

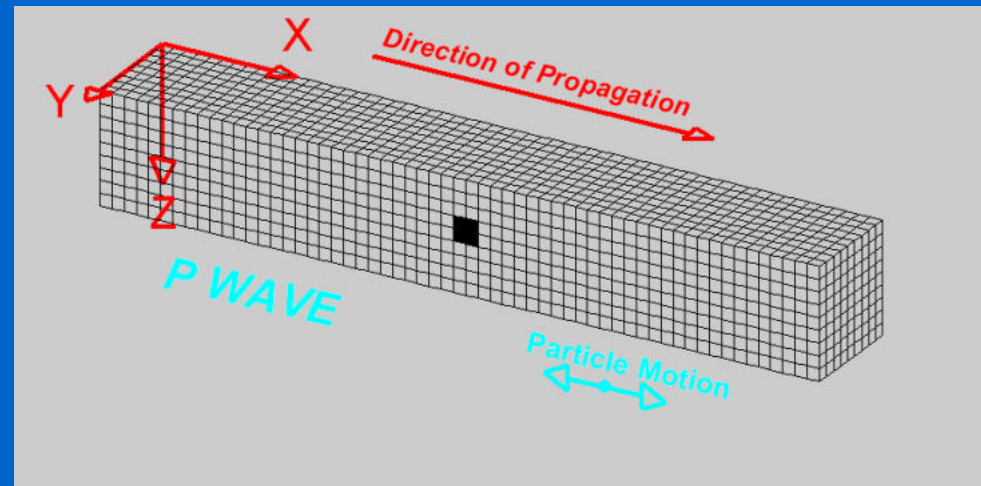
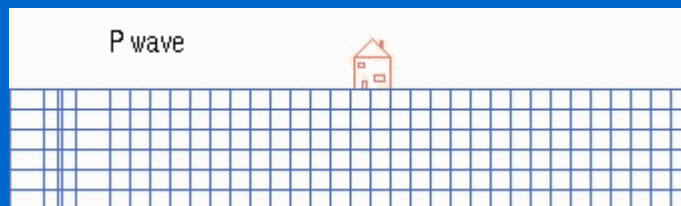
-
-
-

Ondas de corpo(P e S) e de superfície.

- Ondas de Corpo
 - São ondas sísmicas que se propagam em todas as direções na terra.
 - A propagação sofre os mesmos fenômenos da luz, ou seja, a direção das ondas de corpo muda (refrata) ao passar de um meio com velocidade e/ou densidade para outro com velocidade diferente e/ou densidade.
- Existe dois tipos de onda de corpo
 - Onde P e S

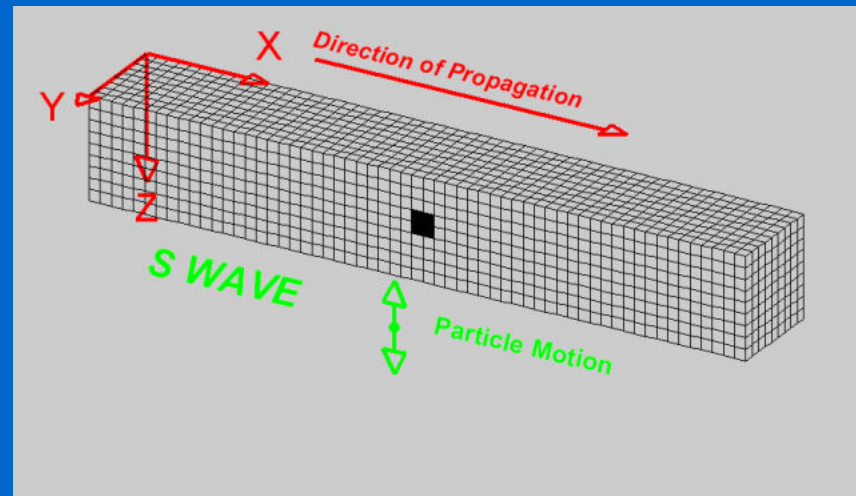
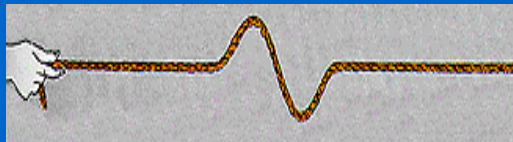
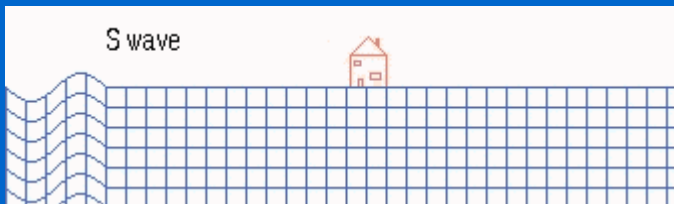
Ondas de corpo e de superfície

- Onda P (*Primary* ou longitudinal) movimentam as partículas do solo comprimindo-as e dilatando-as. O movimento das partículas é paralelo à direção de propagação da onda. O som é uma onda P.



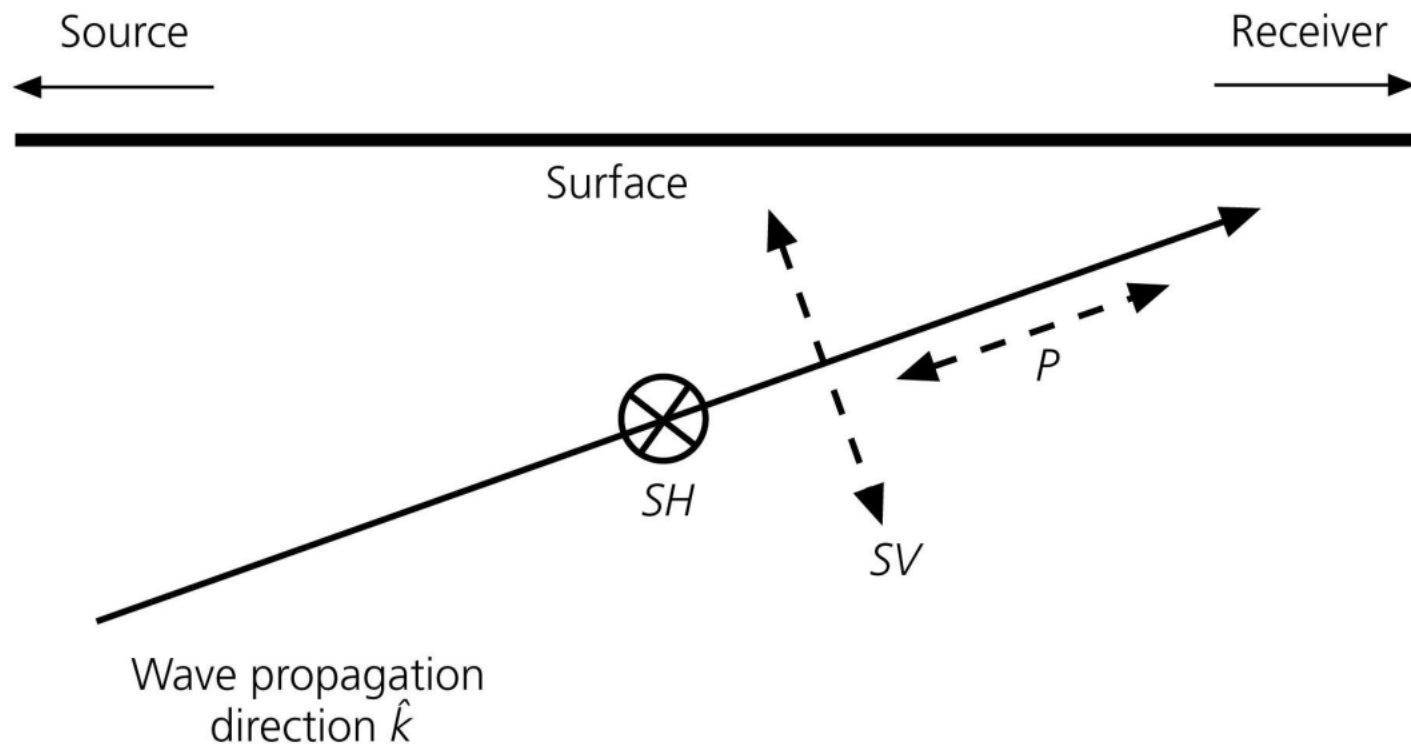
Ondas de corpo e de superfície

- Onda S (*Secondary*), Essas envolvem cisalhamento e rotação do meio quando as ondas passam no meio, porém não alteram o volume. Movimentam as partículas do solo perpendicularmente à direção de propagação da onda.
- O movimento da onda S pode ser dividido em;
 - SH → movimento horizontal das partículas, horizontalmente polarizado.
 - SV → movimento vertical das partículas, verticalmente polarizado.



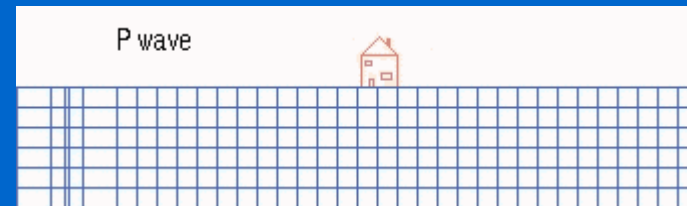
Ondas de corpo e de superfície

Figure 2.4-4: Displacements for P , SV , and SH .



Ondas de Corpo

- Velocidades das ondas P e S depende de propriedades físicas do meios que se propagam.
- λ e μ são denominados parâmetros de Lamé e ρ é a densidade do meio.
- μ é o módulo cisalhante (ou rigidez) e é a medida de resistência do material para sofrer cisalhamento. Na água $\mu = 0$, a onda S não se propaga no núcleo externo líquido.
- λ não tem explicação física, é matemático.
- $K = \lambda + 2/3 \mu$, módulo de incompressibilidade (do volume). É definido como a razão do aumento de pressão para alterar o volume.



$$\alpha = v_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$$

$$\beta = v_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Ondas de corpo

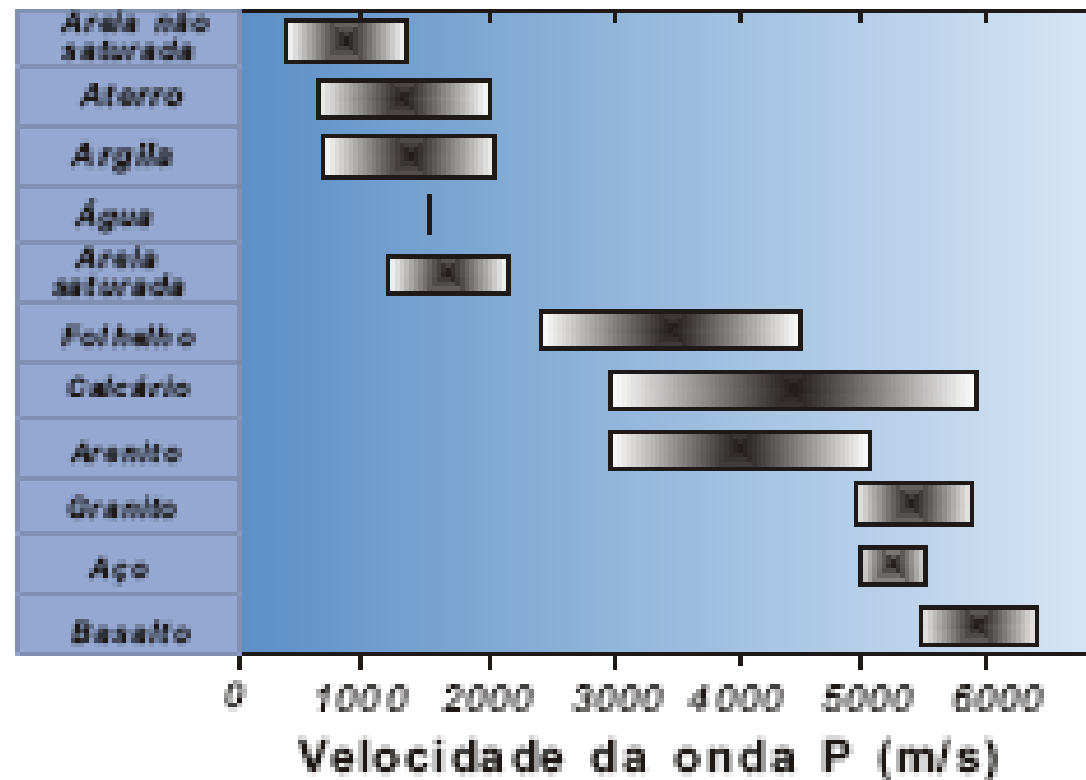
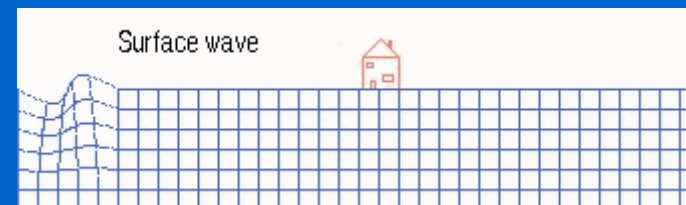
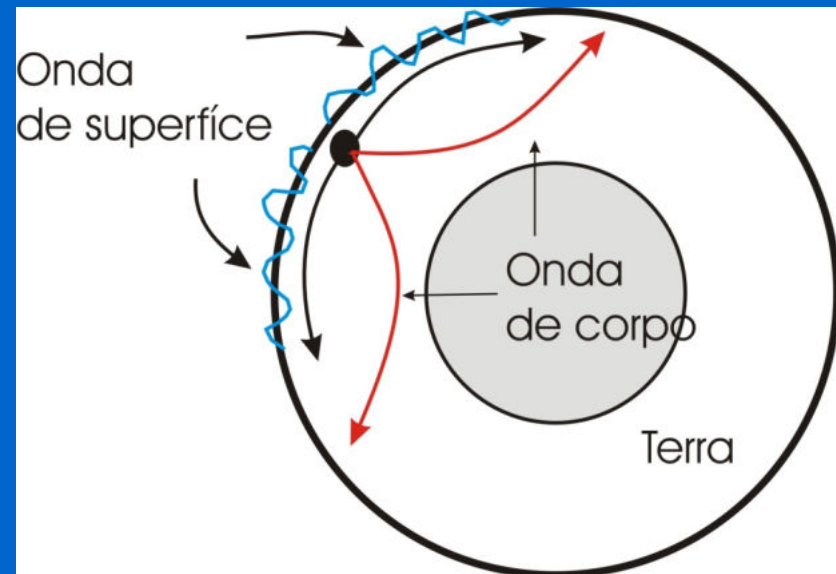


Fig. 3.5 Velocidades da onda P para alguns materiais e rochas mais comuns.

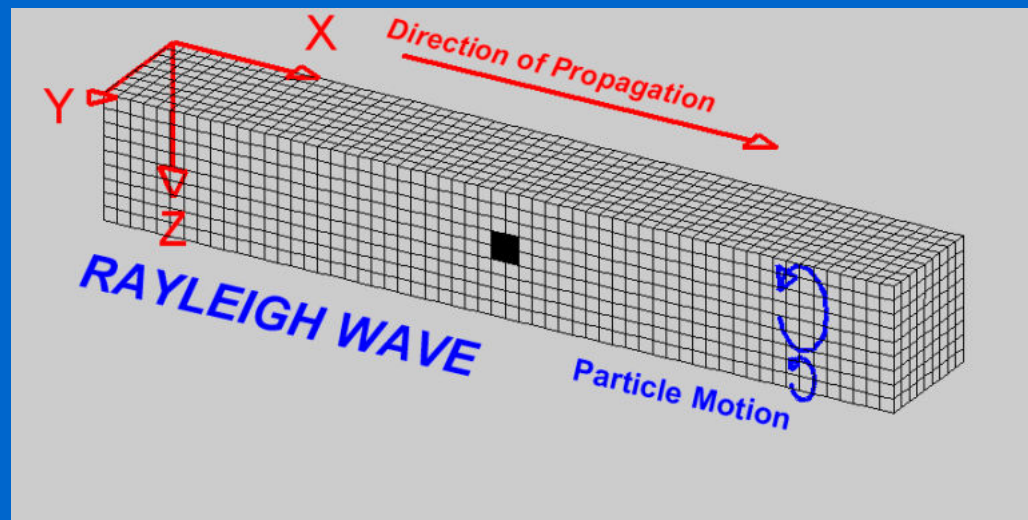
Ondas de superfície

- São ondas sísmicas que se propagam junto a superfície da terra.
- Terremotos rasos geram melhores ondas superficiais.
- Explosões nucleares geram relativamente ondas superficiais menores e isso é um fator determinante para discriminar terremoto de explosão nuclear.
- Ondas de superfície tem maiores amplitudes e duração do que as ondas de corpo.
- Dois tipos: Rayleigh e Love
- Ambas são dispersiva, ou seja, suas velocidades dependem da frequência (diferentes frequências viajam com diferentes velocidades).



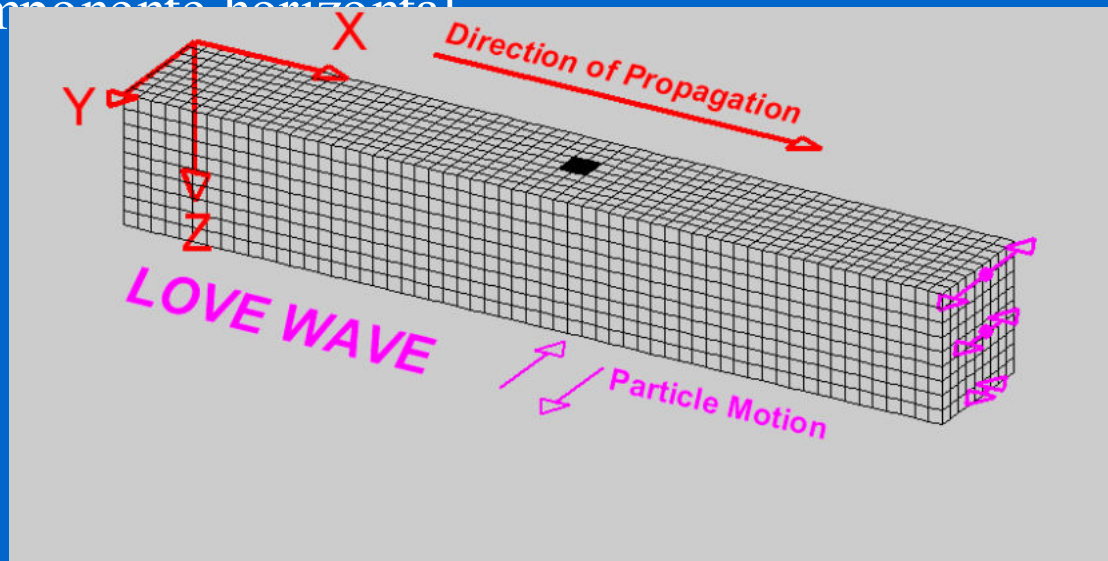
Ondas de superfície

- Ondas Rayleigh (LR ou R, L=Long) → uma combinação da movimento da P e S contida no plano vertical. (Lord Rayleigh, 1887)
 - Ocorre próximo a superfície em semi-espço. O seu movimento vertical é uma elipse retrógrada (sentido anti-horário).
 - Pode ser registrada tanto na componente vertical quanto na horizontal.
 - Amplitude decresce exponencial com a profundidade.



Ondas de corpo e de superfície

- Ondas Love (LQ ou Q, *Querwellen*, ondas transversais em alemão) A. E. H. Love-1911.
 - Corresponde superposição das ondas S com vibrações horizontais e ocorrem quando há aumento da velocidade da onda S com a profundidade.
 - Polarizada horizontalmente, logo só pode ser registrada pela componente horizontal



Sismo do Chile de 20/06/2003 registrado em Aquidauana-MT e Caruaru-PE no dia 30/06/2002

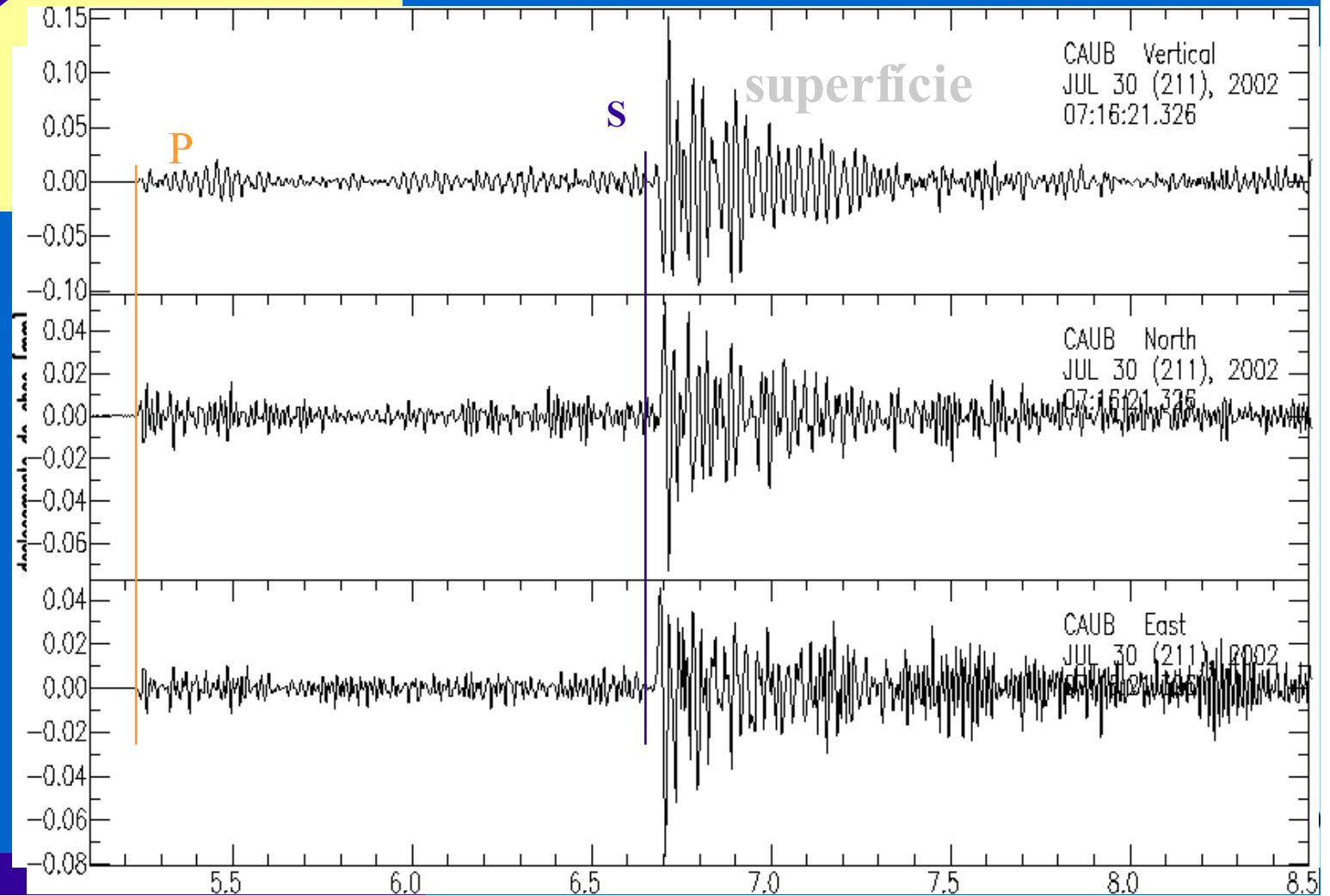
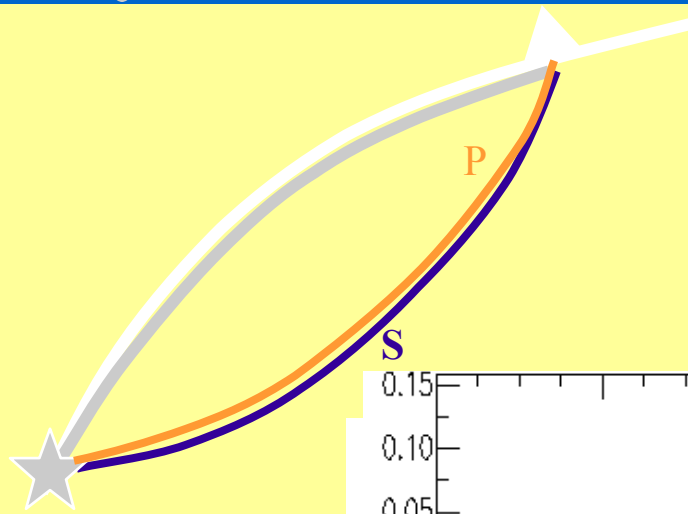
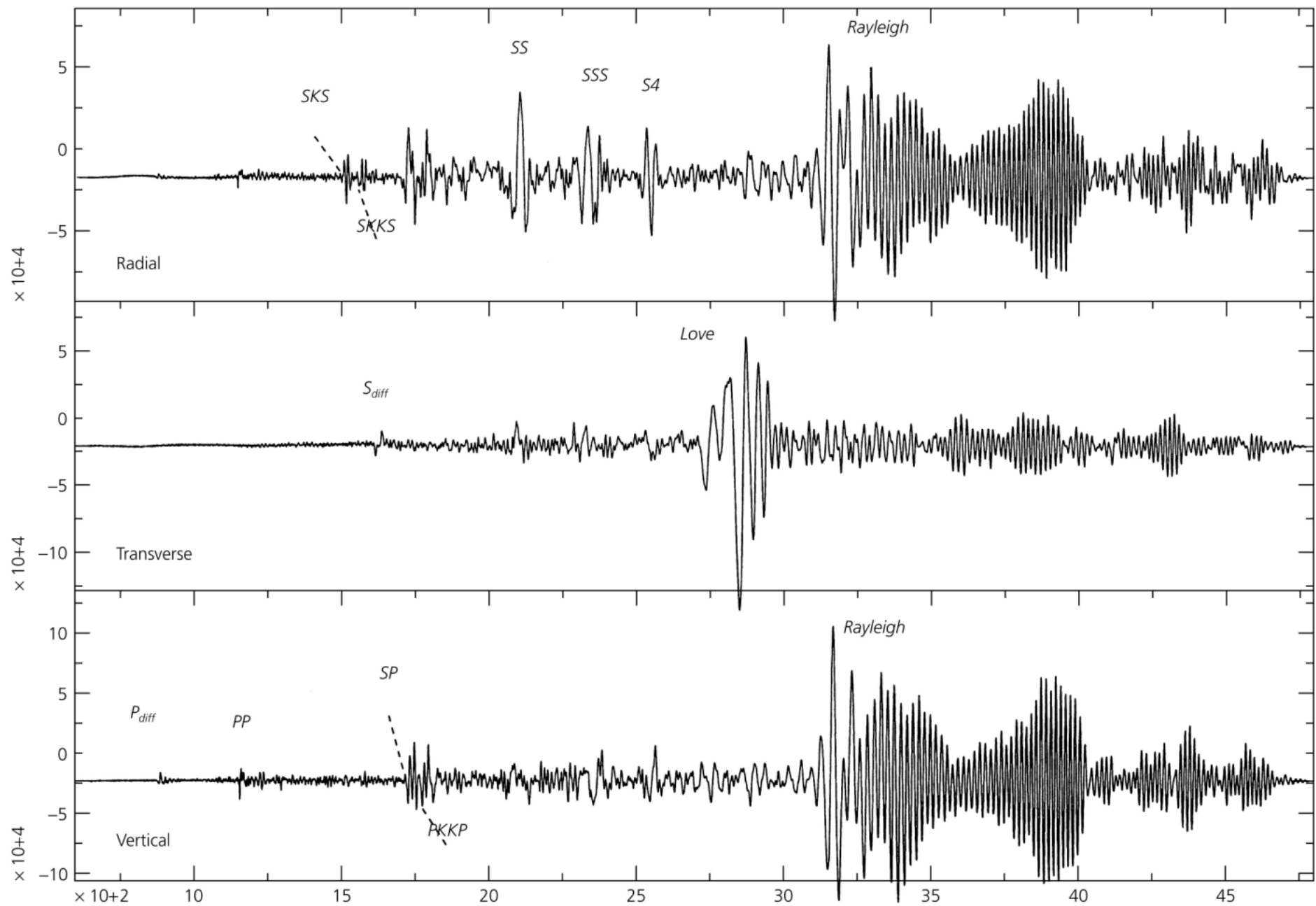
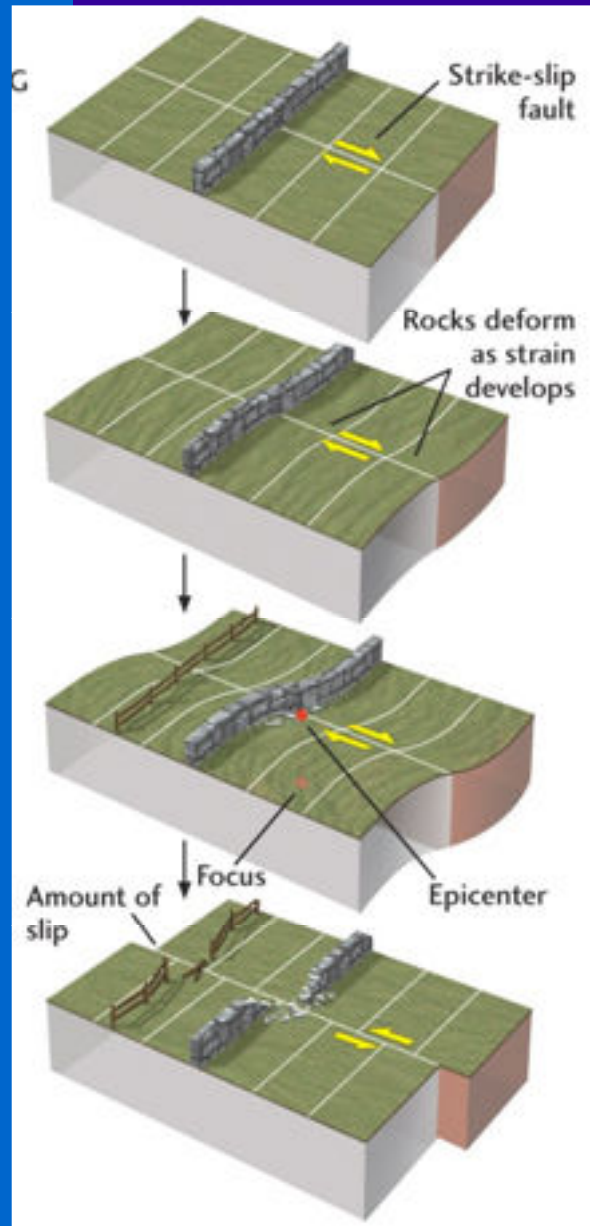


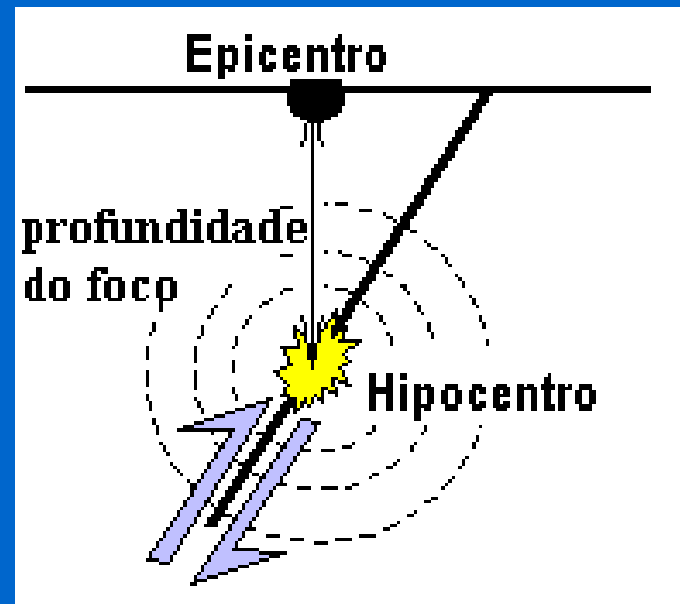
Figure 2.7-1: Seismograms recorded at a distance of 110°, showing surface waves.



SÍSMICA

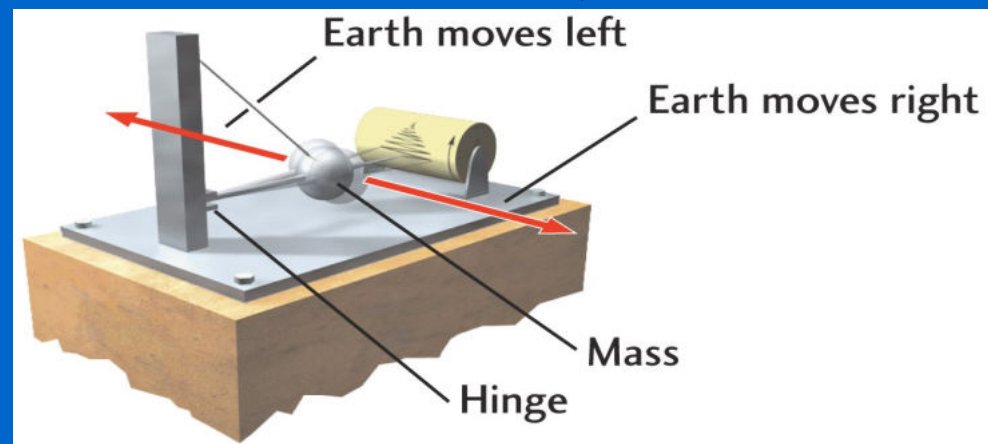
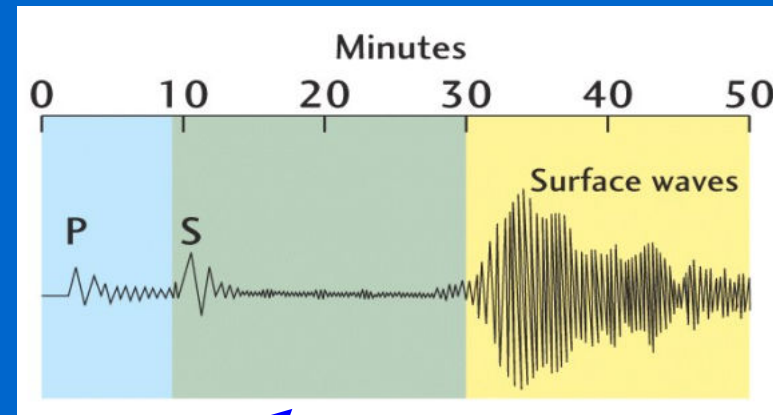
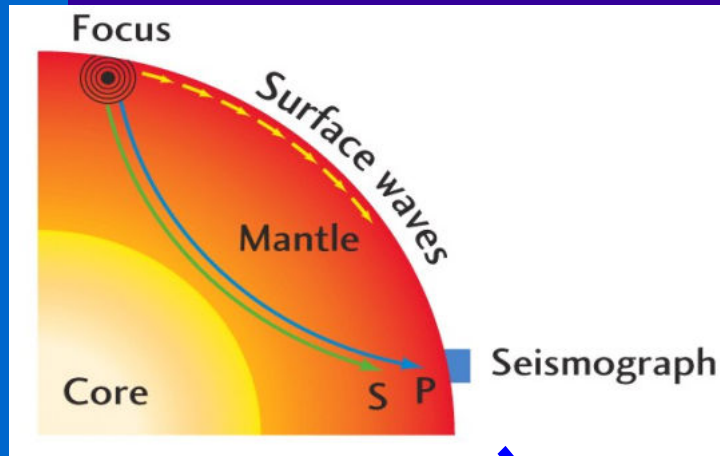


- Ondas Sísmicas:
- $\text{Stress} = F/A$
- Terremotos: rocha sob stress sofre tensão – pode gerar fratura – ondas sísmicas



SÍSMICA

- Ondas Sísmicas:

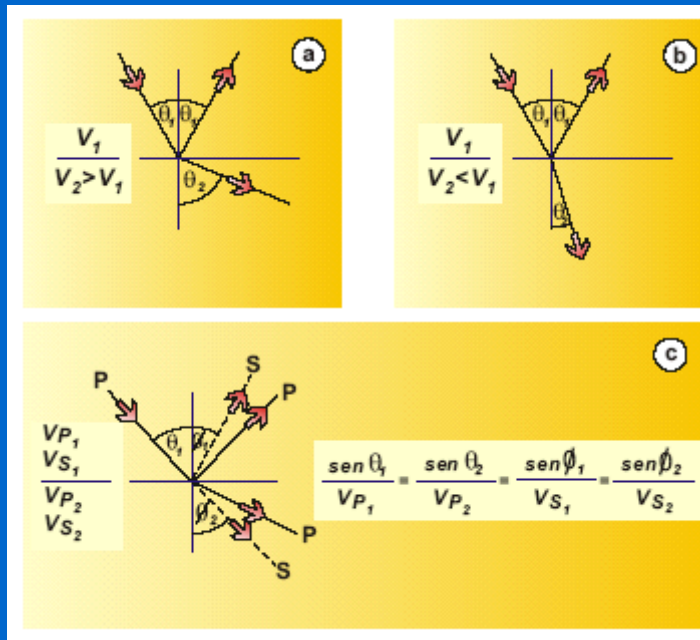
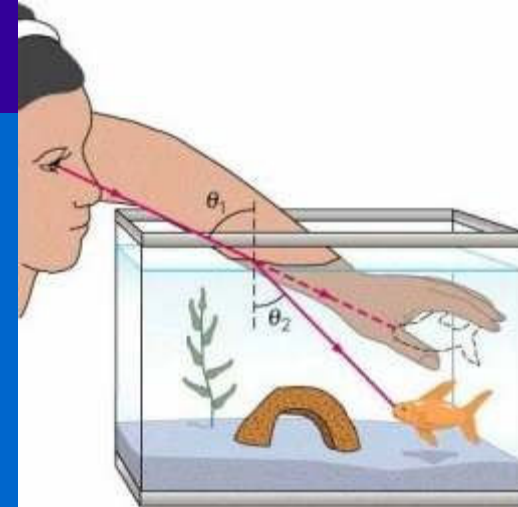


-
-
- Estrutura Interna da Terra: Crosta continental e oceânica; Litosfera e astenosfera e Núcleo externo e núcleo interno;

- Estudo do interior da terra é feito de maneira indireta.
- A análise de ondas sísmicas, registradas no interior da terra, permite deduzir várias características das partes internas da terra percorridas pela onda.
- Alguns conceitos básicos serão apresentados para o melhor entendimento do estudo das principais camadas da terra.

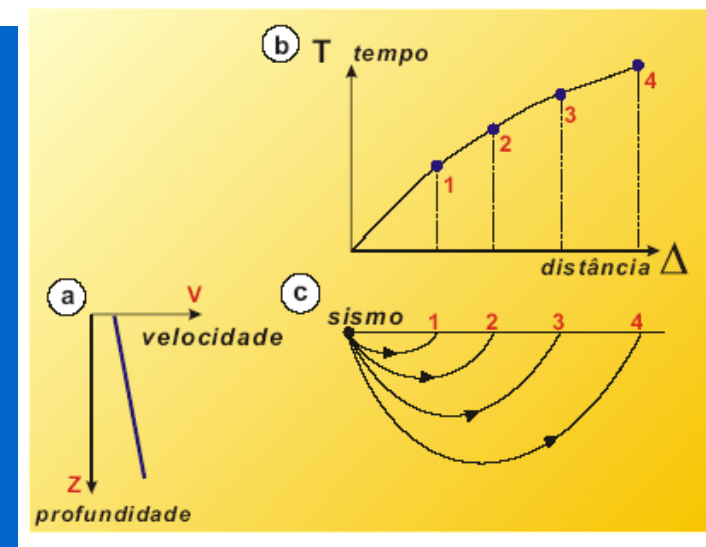
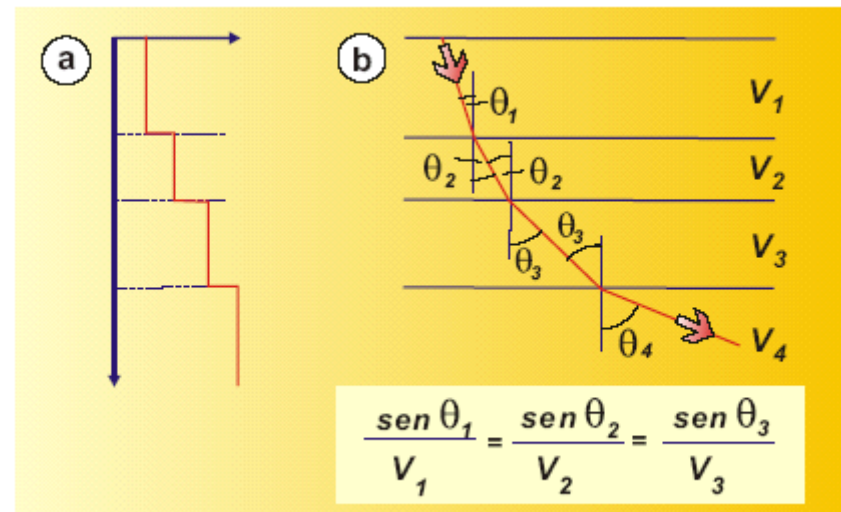
Lei de Snell e curvas tempo-distância

- Qualquer fenômeno ondulatório (p.e. Luz), a direção de propagação das ondas sísmicas muda (refrata) ao passar de um meio com v_1 , para outro com velocidade diferente v_2 . (Lei de Snell)
- Sofrem reflexões e refrações e obedece à Lei de Snell.
- Também há conversões de Onda P para S e de onda S para P.
- Parâmetro de Raio
 $\frac{\sin \theta}{V_p} = \frac{\sin \theta}{V_s} = \text{Vagoriedade}$



Lei de Snell e curva tempo-distância

- Quando há várias camadas horizontais, a lei de Snell define a variação do raio sísmico.
- No caso em que a velocidade aumenta gradualmente com a profundidade, ~ número infinito de camadas extremamente finas, as ondas percorrem uma trajetória curva e o gráfico de tempo-distância será uma curva.



• • • Lei de Snell e curva tempo-distância

- Caso tenha uma camada com uma velocidade menor à do material acima.
- Pela lei de Snell, o raio sísmico se afasta do anterior, criando uma interrupção na curva tempo-distância, chamada “zona de sombra”.

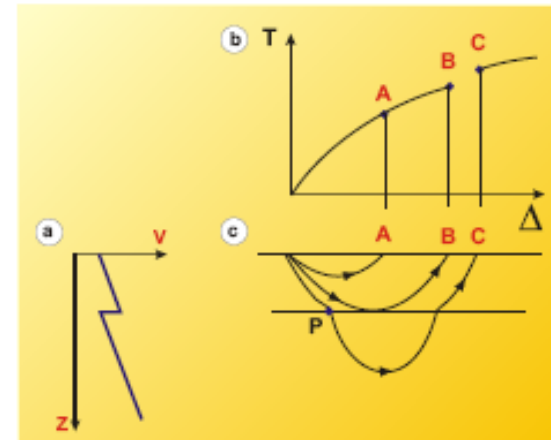


Fig. 3.10 Quando a velocidade apresenta uma diminuição abrupta numa descontinuidade (a), as curvas de tempo de percurso terão uma interrupção (b). A onda correspondente ao raio "C", ao atingir a descontinuidade (c) sofrerá uma refração que a afastará do raio "B", criando uma "zona de sombra" na superfície.

REFRAÇÃO SÍSMICA

