

UNIVERSIDADE ABERTA À TERCEIRA IDADE

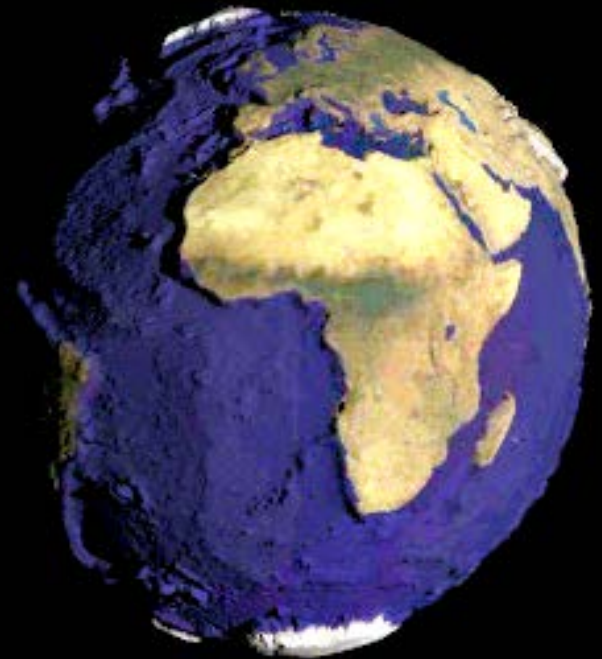
Investigando o subsolo urbano com ondas sísmicas

**Renato Luiz Prado
IAG-USP**

*** material usado exclusivamente como roteiro para a aula**

GEOFÍSICA (*LATO SENSU*)

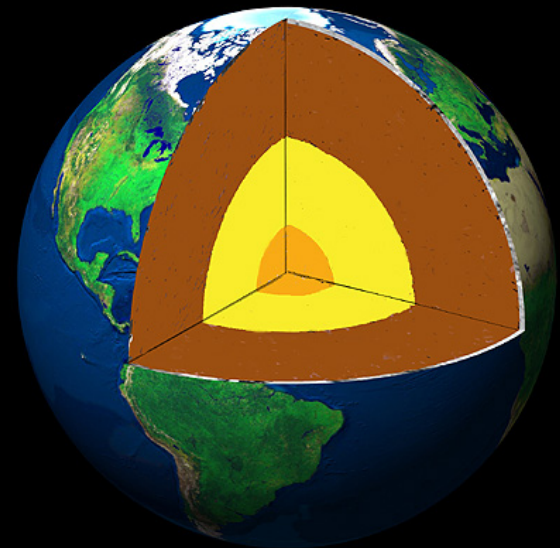
Ciência que investiga os fenômenos físicos que afetam a Terra, envolvendo também meteorologia, física da ionosfera e outros aspectos das ciências atmosféricas



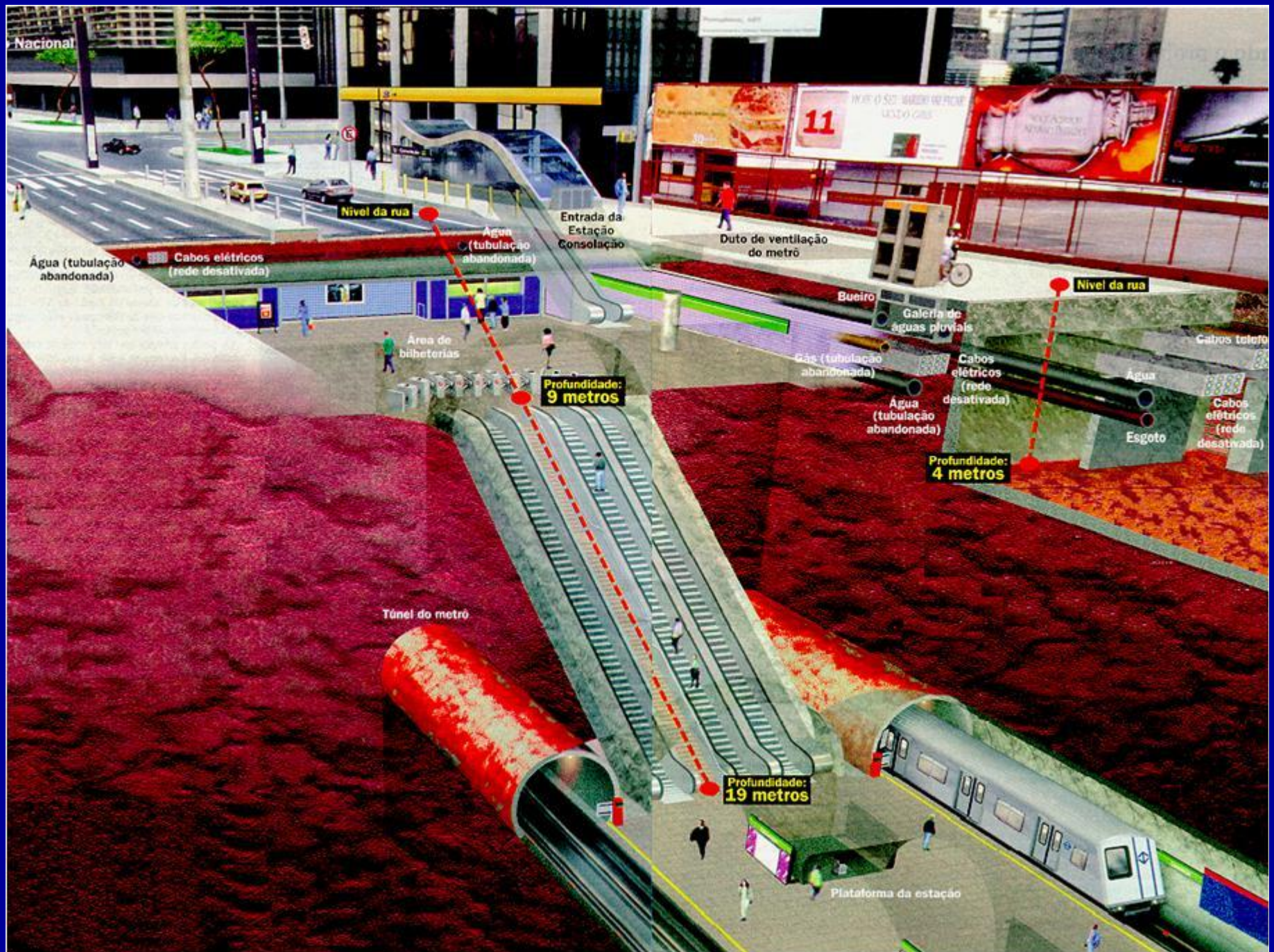
GEOFÍSICA (*STRICTO SENSU*)

Ciência que investiga os fenômenos físicos que afetam o interior da Terra, desde sua superfície até seu núcleo –

Geofísica da Terra Sólida







<p>PETROBRÁS (Oleoduto)</p> <p>Extensão: 50 Km</p> <p>Prof. média: 1,5 m</p> <p>Formato: tubular</p> <p>Tamanho: 0,15 a 0,58 m</p> <p>Material: aço carbono</p> <p>Idade: 30 anos (+ antigos)</p>	<p>PREFEITURA (galerias)</p> <p>Grandes galerias</p> <p>Extensão: 500 Km</p> <p>Prof. média: 4 m</p> <p>Formato: redondas/quadradas</p> <p>Tamanho: 2 m x 2 m</p> <p>Material: concreto/tijolo</p> <p>Idade: 80 anos (+ antigas)</p> <p>Pequenas galerias</p> <p>Extensão: 2.600 Km</p> <p>Prof. média: 1,5 m a 2,5 m</p> <p>Formato: tubular</p> <p>Tamanho: 0,4 a 1,5 diam.</p> <p>Material: concreto/tijolo</p> <p>Idade: desde 1910</p>	<p>TELESP (Valas)</p> <p>Extensão: 3.600 Km</p> <p>Prof.: 0,6 a 3 m</p> <p>Formato: retangular</p> <p>Tamanho: 0,5 m x 1 a 3 m</p> <p>Material: concreto</p> <p>Idade: não disponível</p>
<p>COMGÁS (Gasodutos)</p> <p>Extensão: 2.000 Km</p> <p>Prof. média: 4 m</p> <p>Formato: quadrado</p> <p>Tamanho: 1 m x 1 m</p> <p>Material: ferro fundido, aço, polietileno prot. concreto</p> <p>Idade: não fornecida</p>		<p>ELETROPAULO (dutos)</p> <p>Extensão: 10 Km</p> <p>Prof. média: 4 m</p> <p>Formato: quadrado</p> <p>Tamanho: 1 m x 1 m</p> <p>Material: concreto</p> <p>Idade: desde 1931</p>
<p>METRO (túneis)</p> <p>Extensão: 28,5 Km</p> <p>Prof. média: 13 m</p> <p>Formatos: tub./abob./retang</p> <p>Tamanho: 5 diam. / 5 x 5 m</p> <p>Material: concreto</p> <p>Idade: desde 1974</p>	<p>SABESP (adutoras)</p> <p>Extensão: 1.200 Km</p> <p>Prof. média: 2 m</p> <p>Formato: tubular</p> <p>Tamanho: 0,5 a 2,5 m diâm.</p> <p>Material: aço, ferro, concreto</p> <p>Idade: desde década 20</p>	<p>SABESP (coletores tronco)</p> <p>Extensão: 600 Km</p> <p>Prof. média: 1 m a 10 m</p> <p>Formato: tubular</p> <p>Tamanho: 1 m a 14,5 m de diâm.</p> <p>Material: concreto</p> <p>Idade: desde década 70</p>





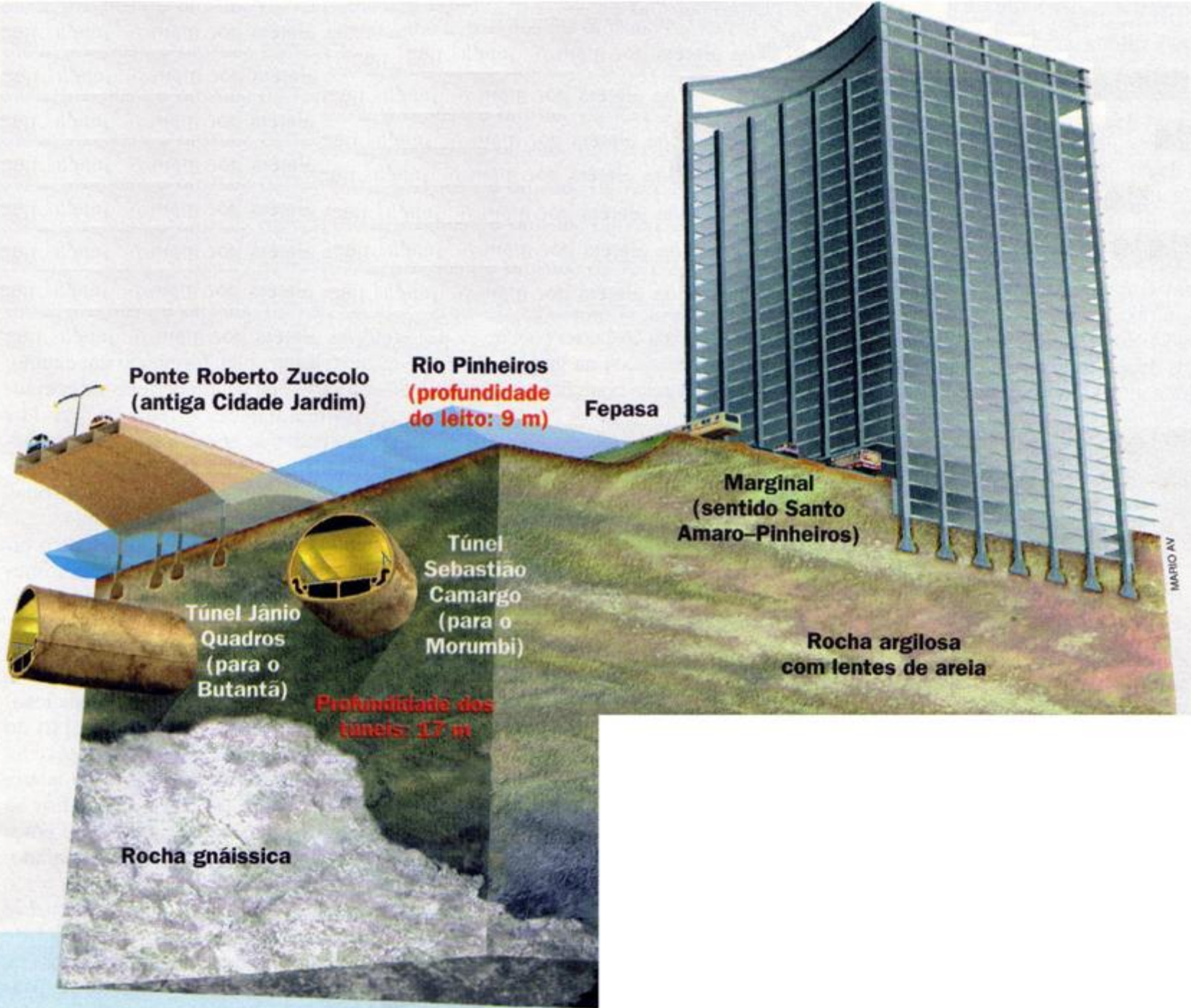
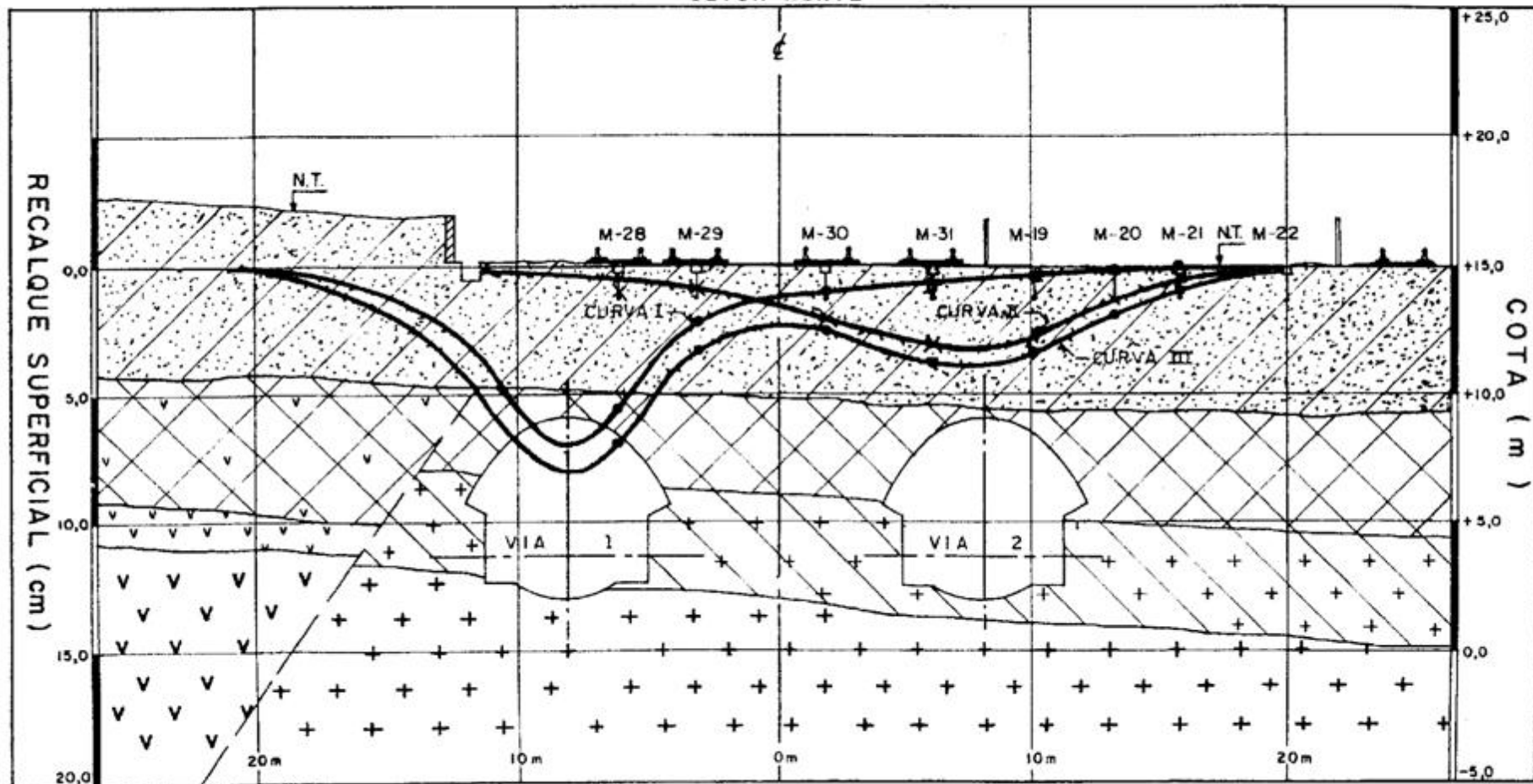


GRÁFICO DE RECALQUE NOS MARCOS SUPERFICIAIS DA SEÇÃO TRANSVERSAL 3+872,0(VIA 2)

SETOR NORTE



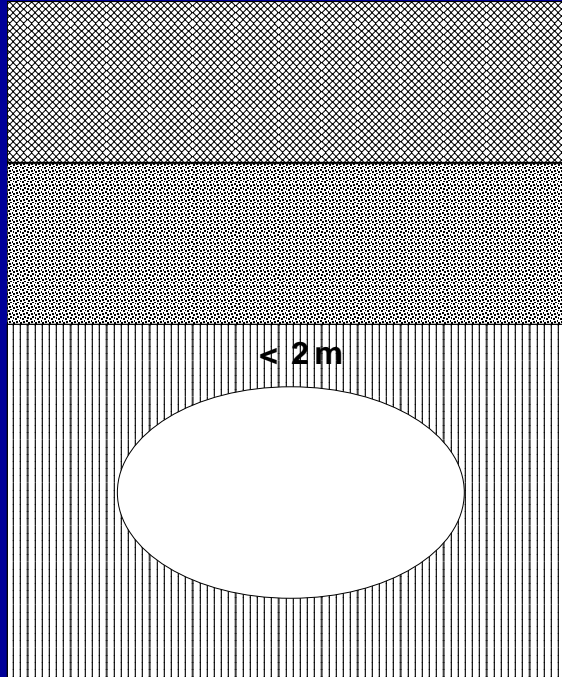
Recalques na seção transversal 3+872 da via 2 do Metrô-Rio, sob as linhas da RFFSA no Maracanã, Rio de Janeiro (RJ)

ESCAVAÇÃO EM SOLO OU ROCHA

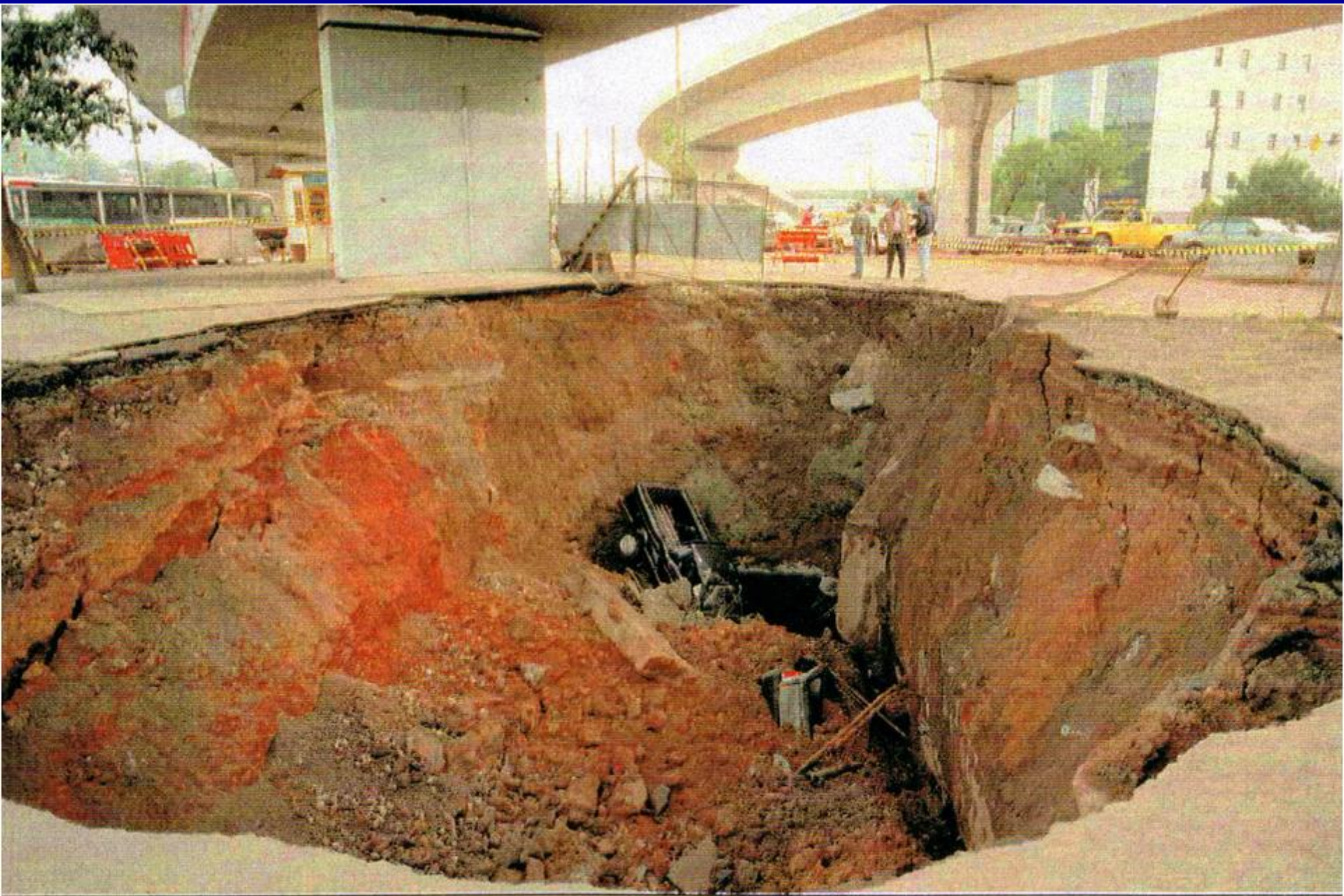
ATERROS E
SED. QUAT. RECENTES

AREIAS,
PEDREGULHOS
SED. QUAT. ANTIGOS

SOLOS RESIDUAIS



- INSTABILIDADE DE TETO E FRENTE
- DESPLACAMENTOS
- FLUXO DESCONTROLADO (PIPPING)



PARA REALIZAR ESSAS “INTERVENÇÕES
NO ESPAÇO URBANO TEMOS QUE
CONHECER BEM O SUBSOLO

MAS COMO INVESTIGÁ-LO ?

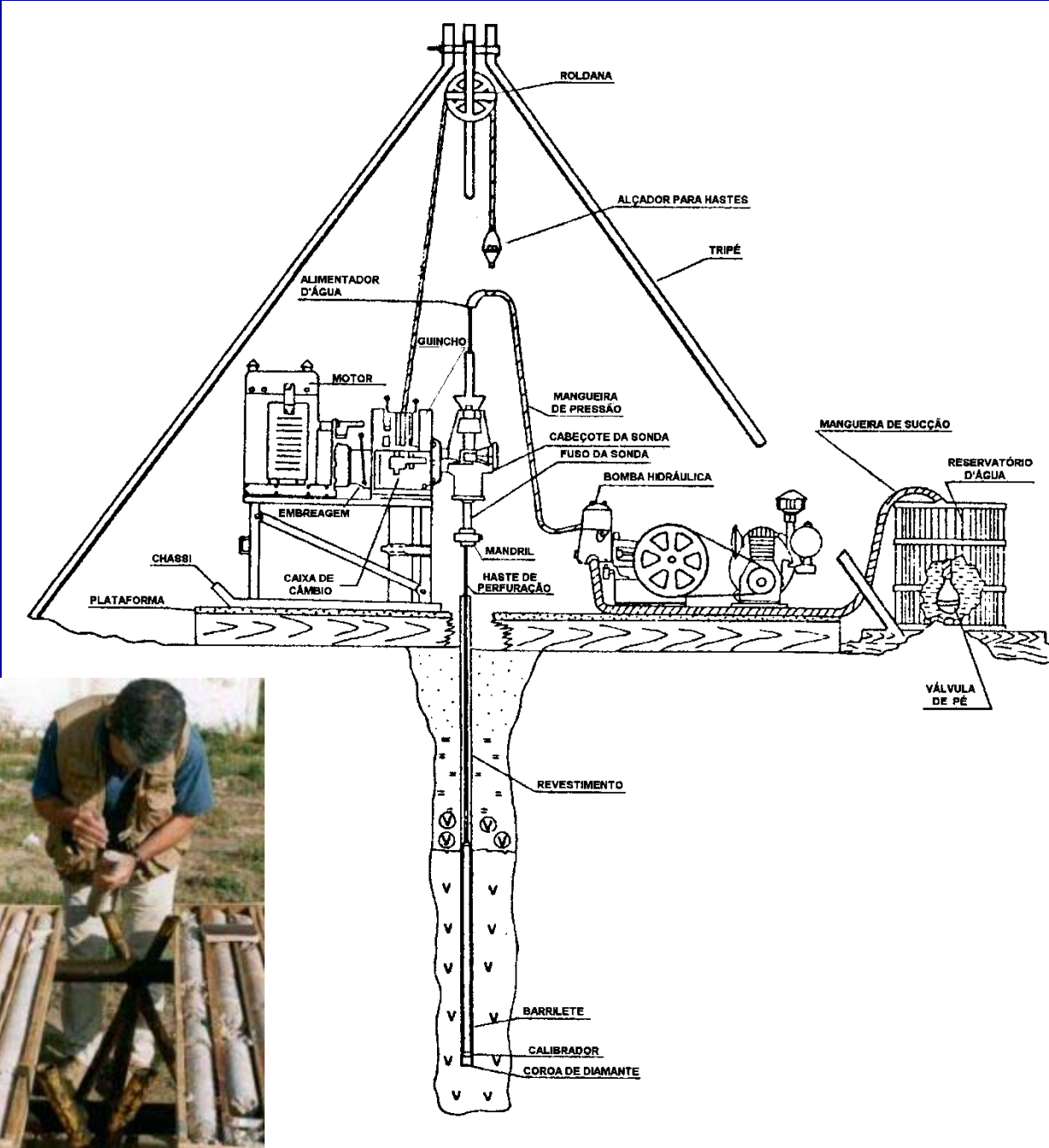
DE

DE

FORMA DIRETA

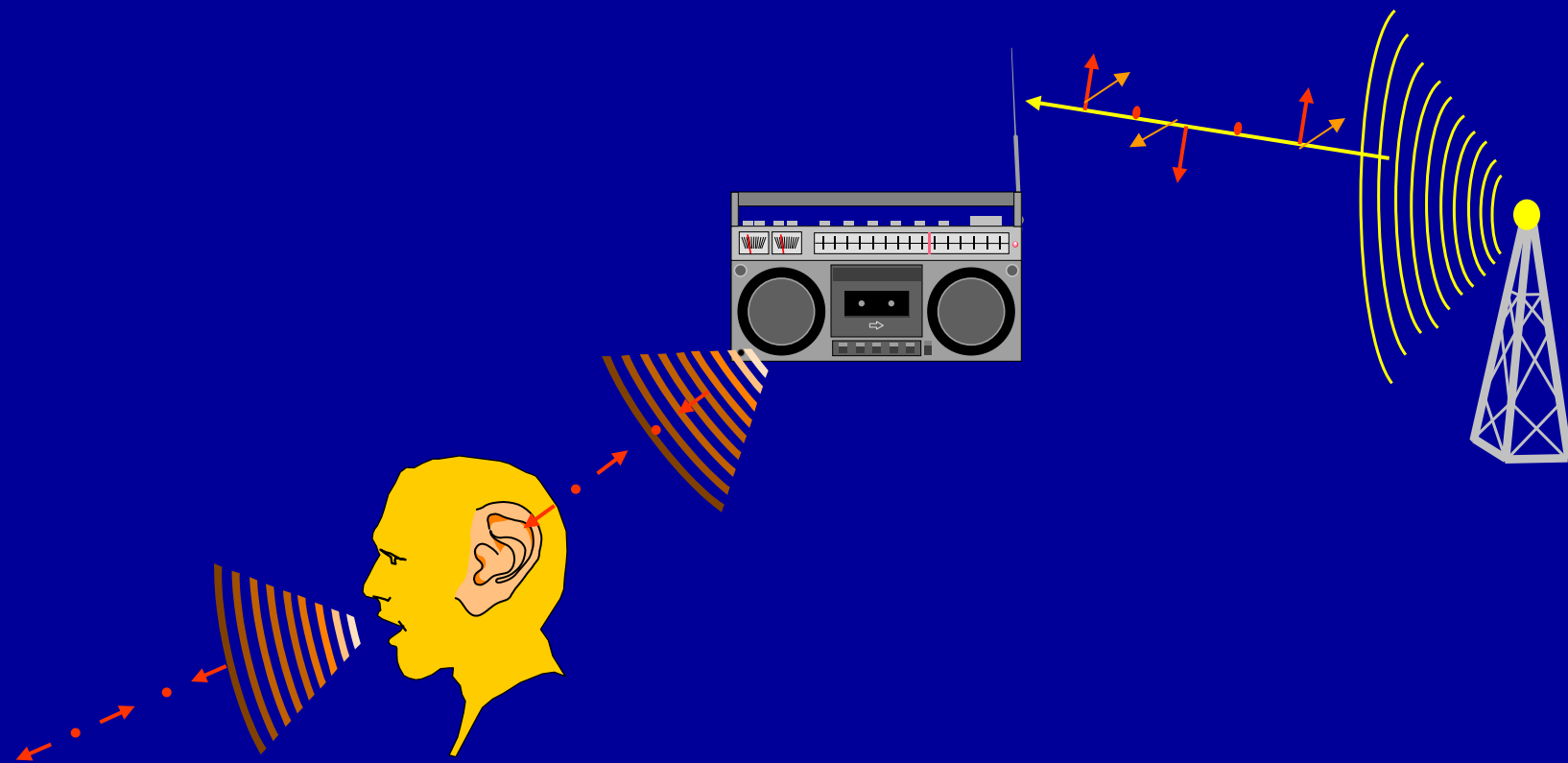
FORMA INDIRETA

DIRETAMENTE



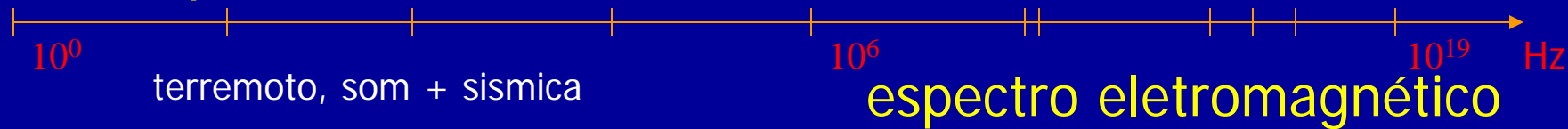
INDIRETAMENTE:

**REGISTRANDO E MEDINDO
ALGUMA PROPRIEDADE
OU CARACTERÍSTICA FÍSICA
DOS MATERIAIS
GEOLÓGICOS**



espectro acústico

AM, FM, Georadar, Visível, Raio X



Frequência



O que é uma onda sísmica?

R. Transferência de energia por meio do movimento das partículas dos solos e rochas

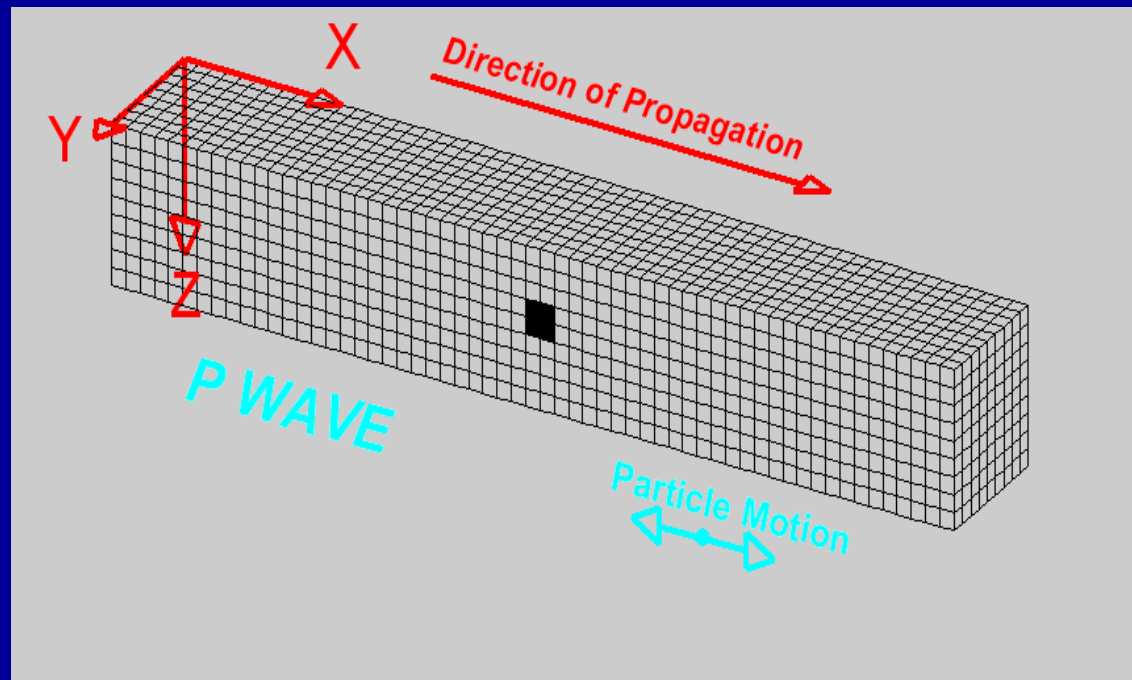
Os diferentes tipos de ondas sísmicas são caracterizadas pelos movimentos das partículas

Tipos de ondas sísmicas

- Compressional ("p")
- Cisalhante ("s")
- De superfície (Love e Raleigh)

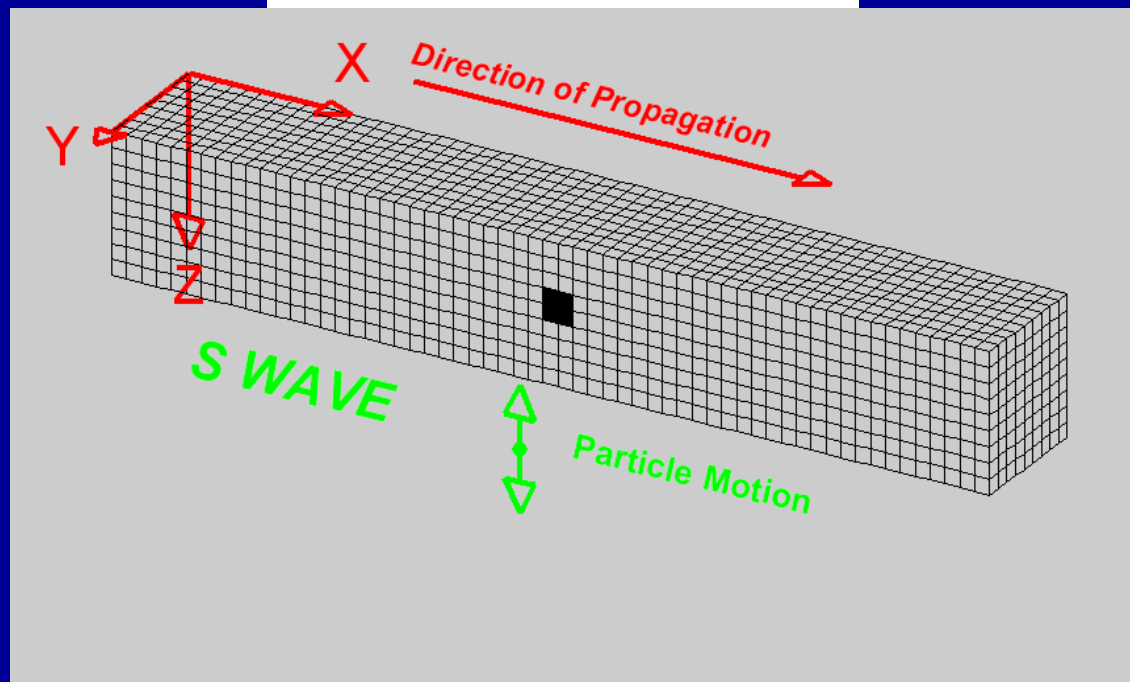
Onda compressional ("p")

Idêntica à onda sonora – movimento da partícula é paralelo à direção de propagação.

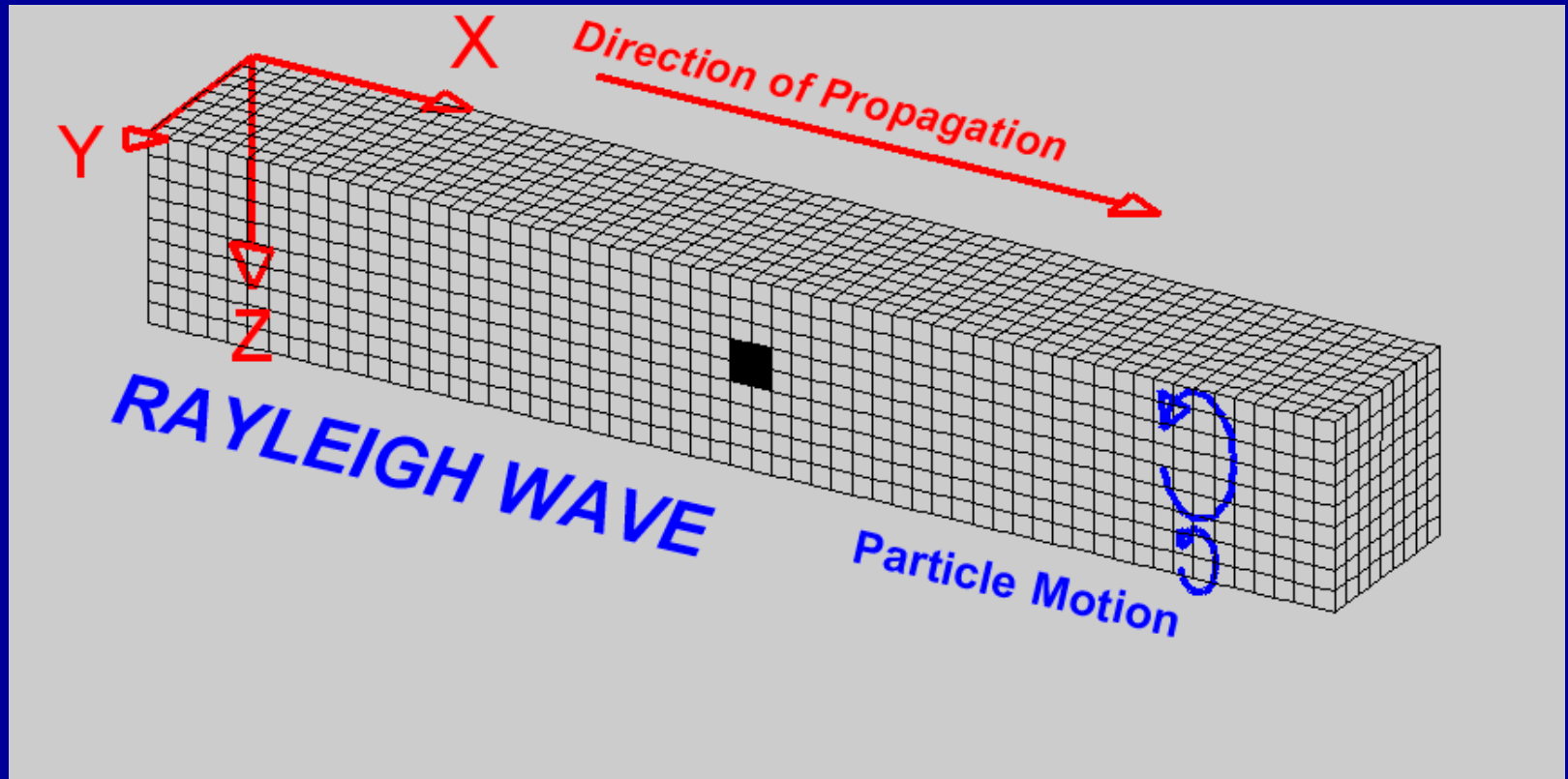


Onda cisalhante ("s")

O movimento da partícula é perpendicular ao da direção de propagação.



Onda Rayleigh (de superfície)



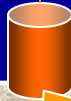
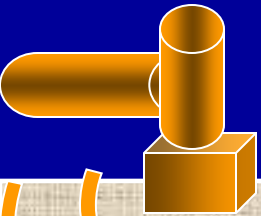
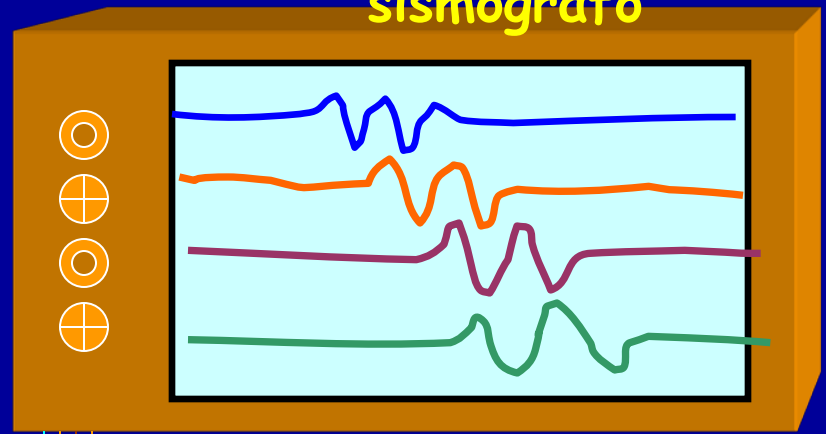






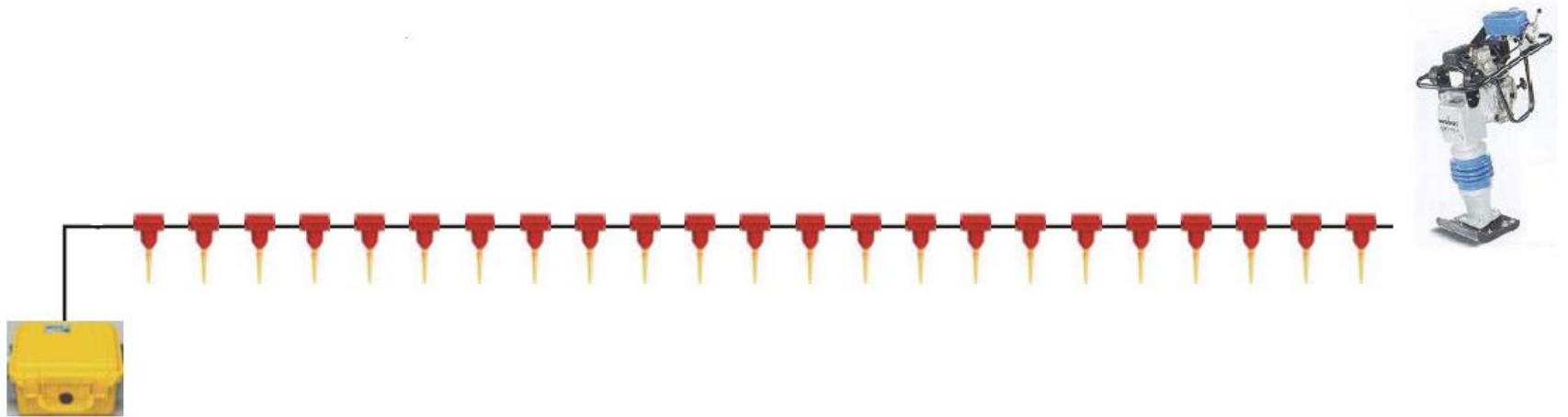


sismógrafo



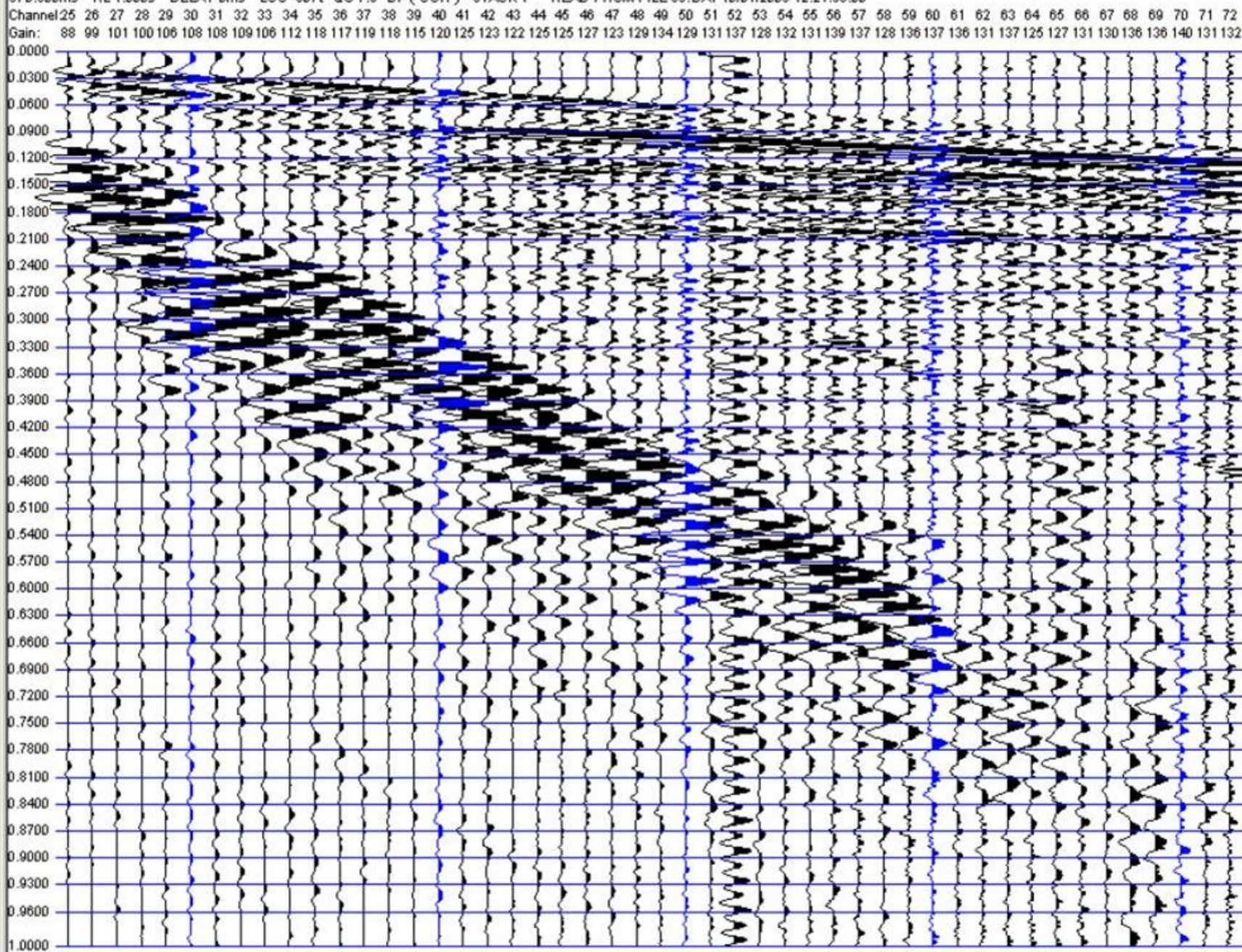
Solo

Rocha

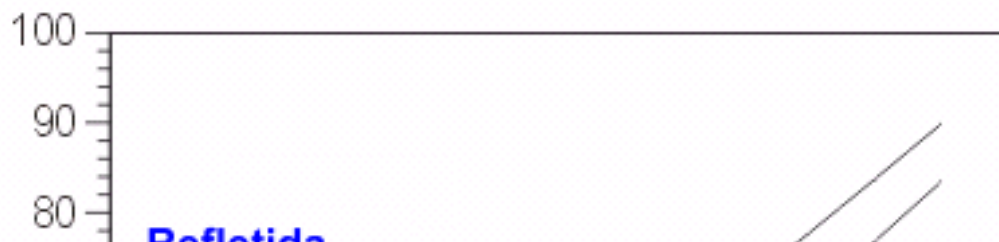


Shot Window

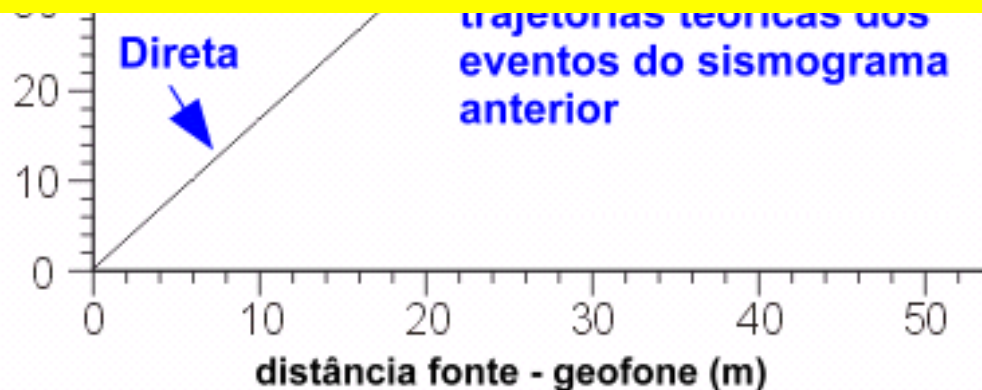
SI 0.500ms RL 1.000s DELAY 0ms LOC -50Ft QC 7.9 DF (COR) STACK 1 READ FROM FILE 65.DAT 10/01/2003 12:21:56.00

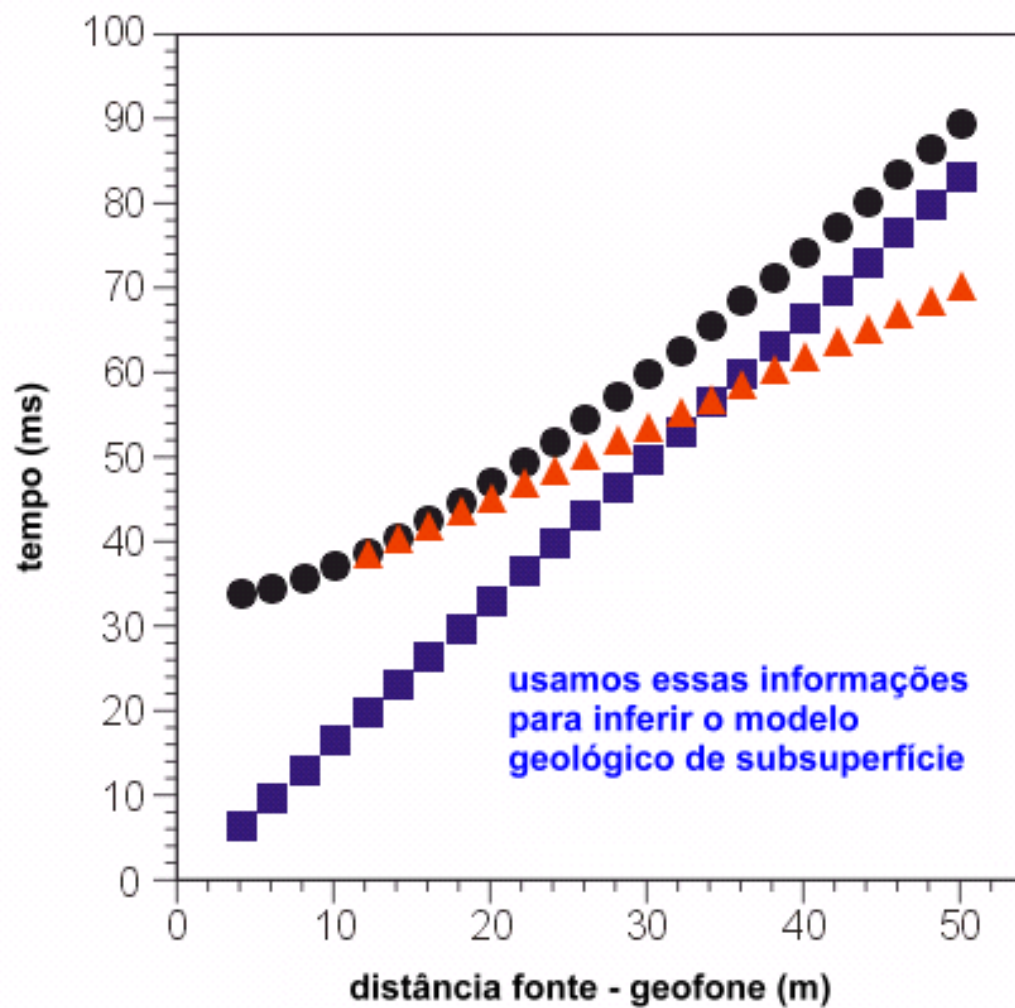


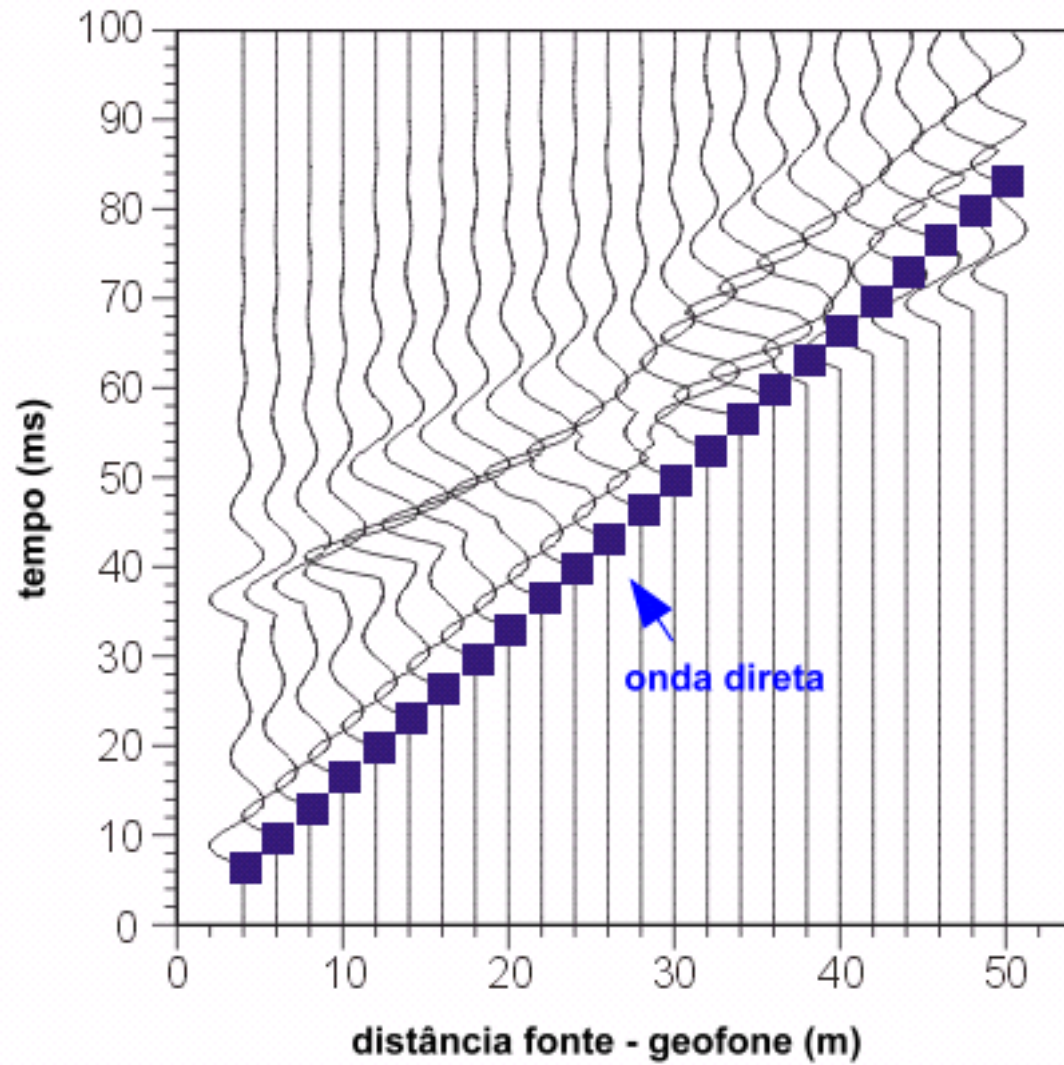
1º passo – interpretar o sismograma

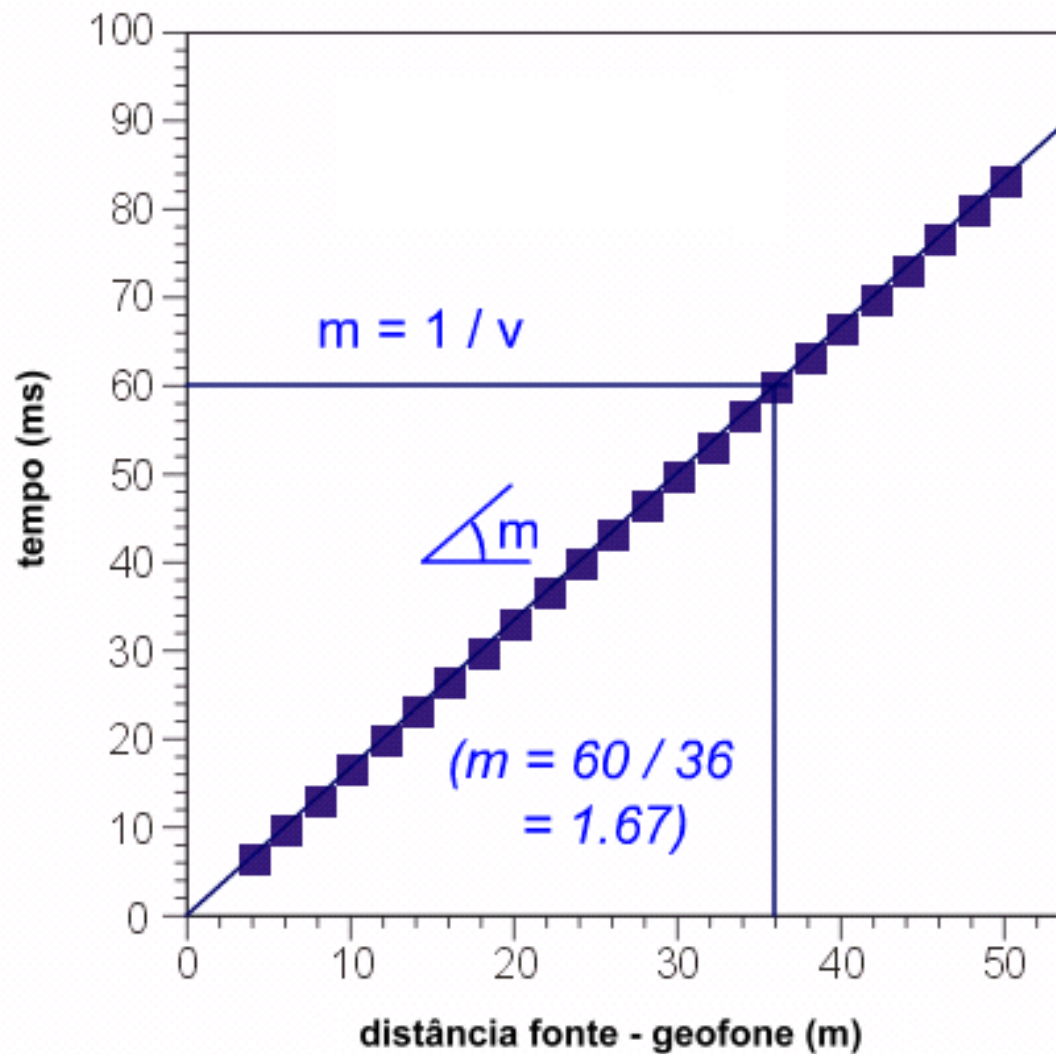


**COMO USAR ESSAS INFORMAÇÕES PARA
OBTER UMA IMAGEM GEOLÓGICA DO
SUBSOLO?**









do mergulho
podemos calcular
a velocidade da
camada 1

$$V = 1/m$$

$$= 600 \text{ m/s}$$

VALORES DAS VELOCIDADES DE
PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DÃO
INFORMAÇÕES SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS DOS
MATERIAIS GEOLÓGICOS

INFORMAÇÃO IMPORTANTE PARA
OS PROJETOS DE ENGENHARIA

Velocidades das ondas P (v_p) para diferentes materiais (m/s)

Unconsolidated Material

Sand (dry)	200 - 1000
Sand (water saturated)	1500 - 2000
Clay	1000 - 2500
Glacial till (water saturated)	1500 - 2500
Permafrost	3500 - 4000

Sedimentary rocks

Sandstone	2000 - 6000
Tertiary sandstone	2000 - 2500
Pennant sadstone (Carboiferous)	4000 - 4500
Cambrian quartzite	5500 - 6000
Limestones	2000 - 6000
Cretaceous chalk	2000 - 2500
Jurassic oolites and bioclastic limstones	3000 - 4000
Carbiniferous limestone	5000 - 5500
Dolomites	2500 - 6500
Salt	4500 - 5000
Anhydrite	4500 - 6500
Gypsum	2000 - 3500

Velocidades das ondas P (v_p) para diferentes materiais (m/s)

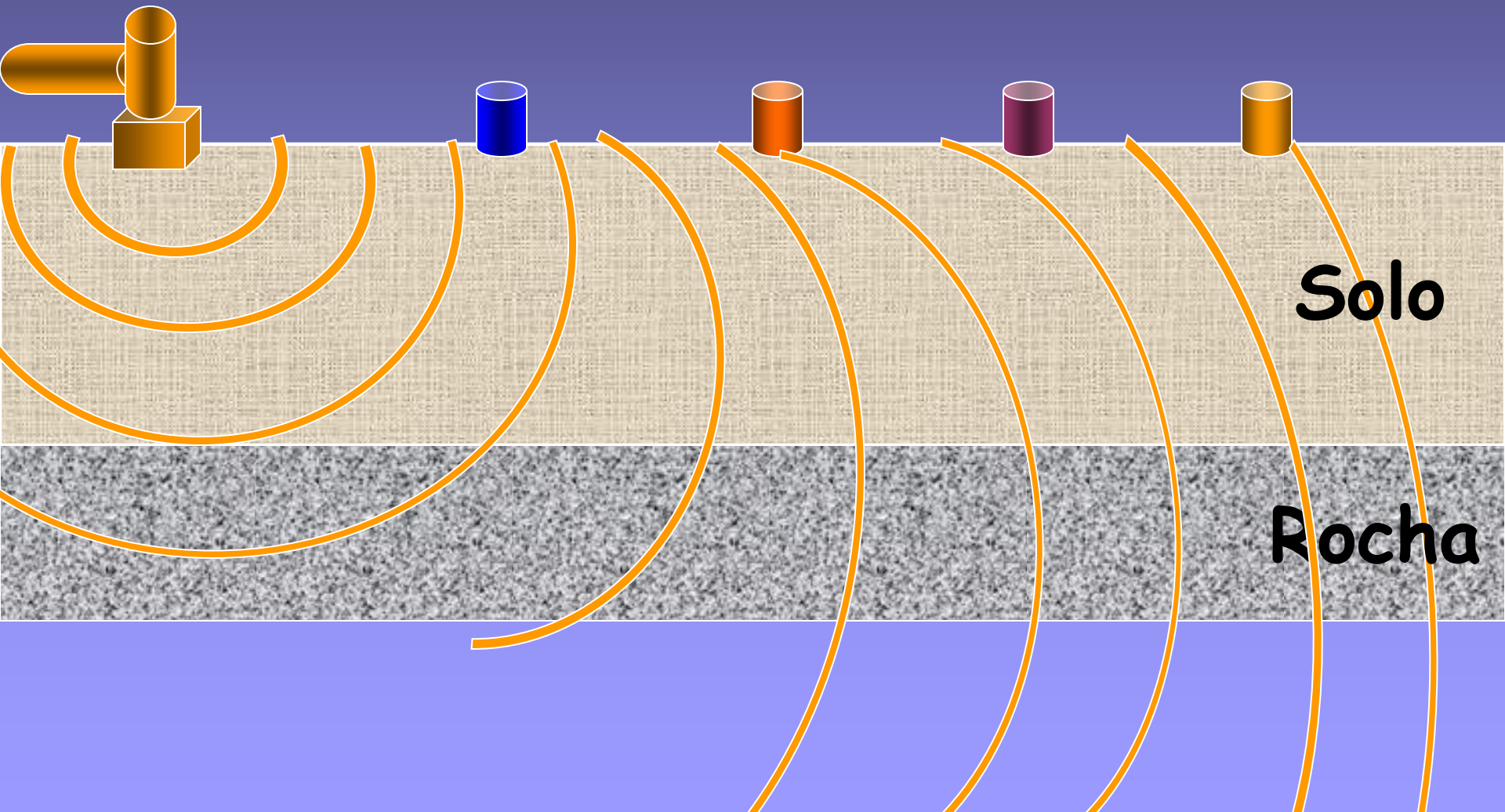
<u>Igneous / Metamorphic rocks</u>	
Granite	5500 - 6000
Gabbro	6500 - 7000
Ultramfic rocks	7500 - 8500
Serpentinite	5500 - 6500
<u>Pore fluids</u>	
Air	300
Water	1400 - 1500
Petroleum	1300 - 1400
<u>Other materials</u>	
Steel	6100
Iron	5800
Aluminium	6600
Concrete	3600

E AS INFORMAÇÕES
SOBRE AS
PROFUNDIDADES E
ESPESSURAS DAS
CAMADAS GEOLÓGICAS ?

**VAMOS USAR OS TEMPOS DAS
TRAJETÓRIAS DAS ONDAS
REFLETIDAS PARA OBTER O MODELO
DO SUBSOLO.**

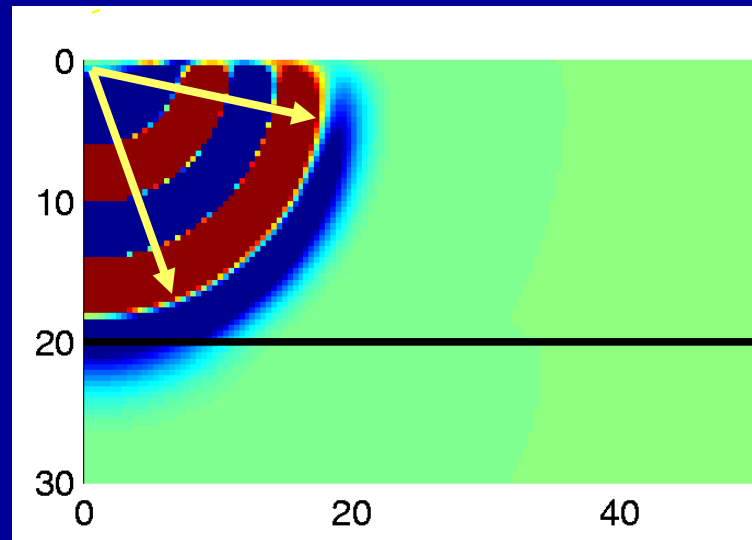
MAS COMO FAZER ISSO ?

FRENTE DE ONDA x RAIO DA ONDA

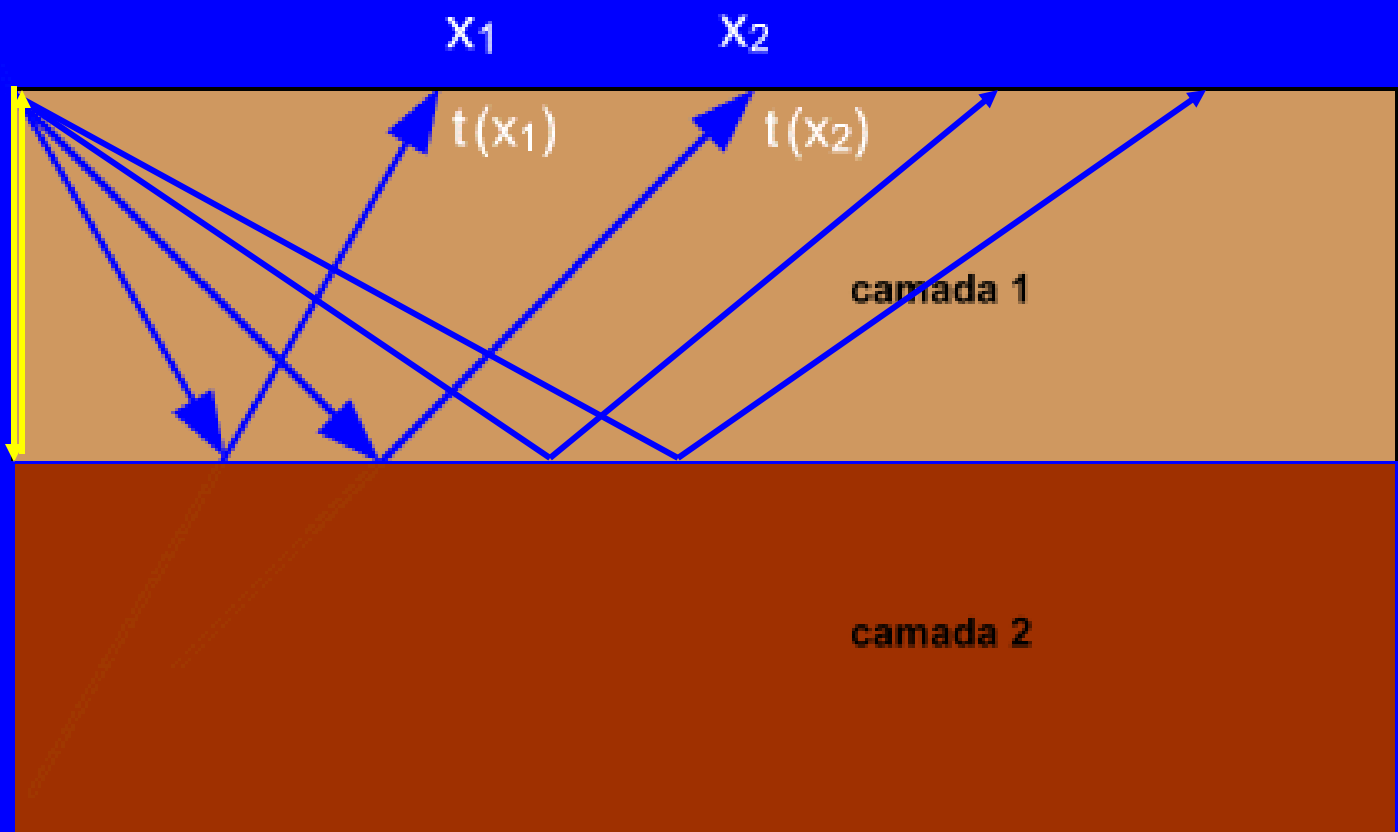


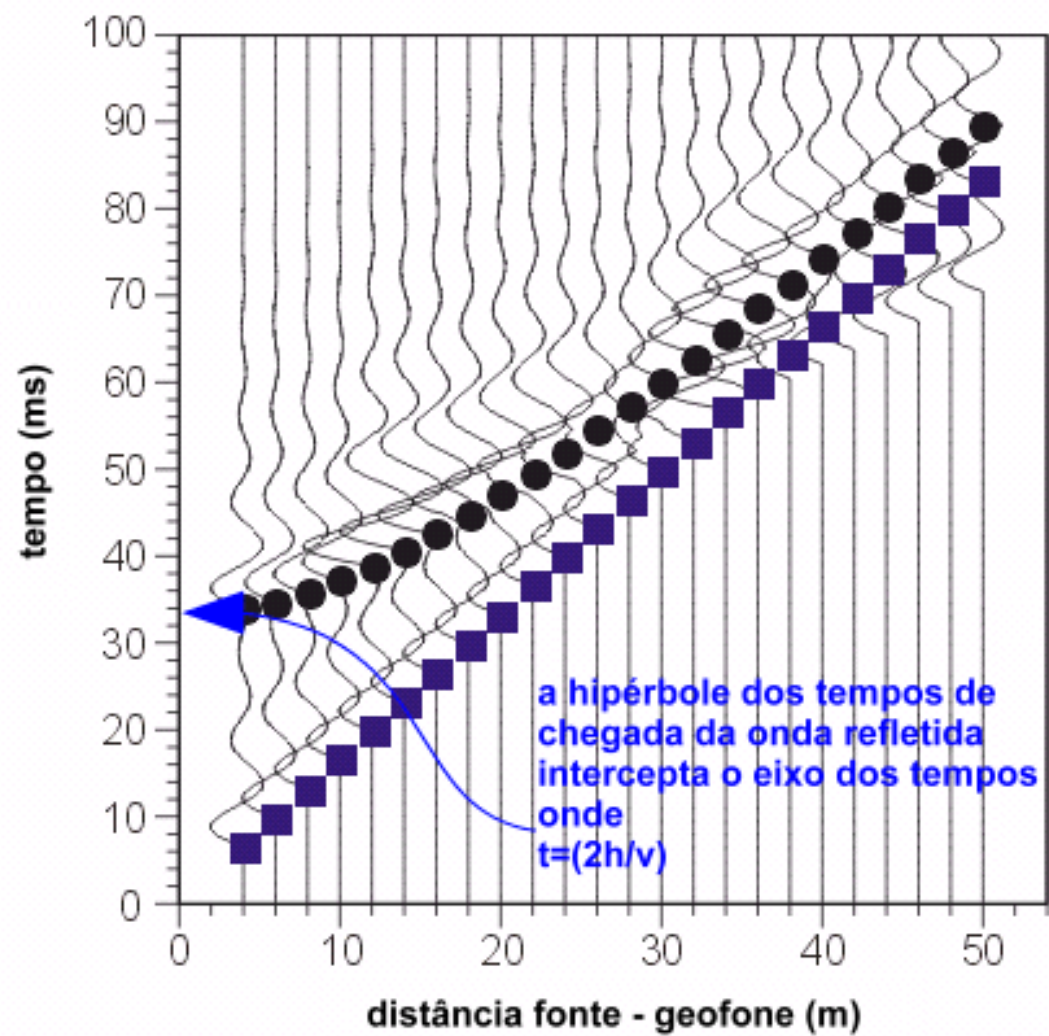
Propagação geométrica da onda

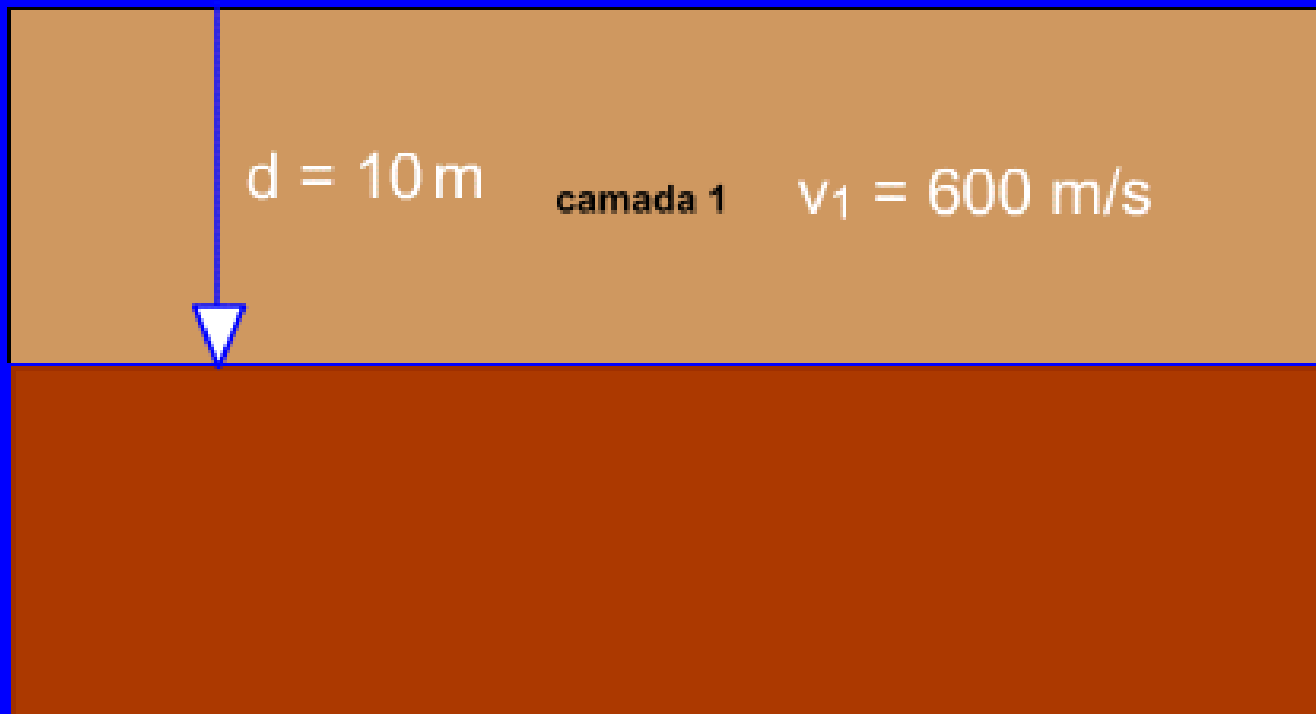
Fonte



→ Raios perpendiculares às frentes de ondas

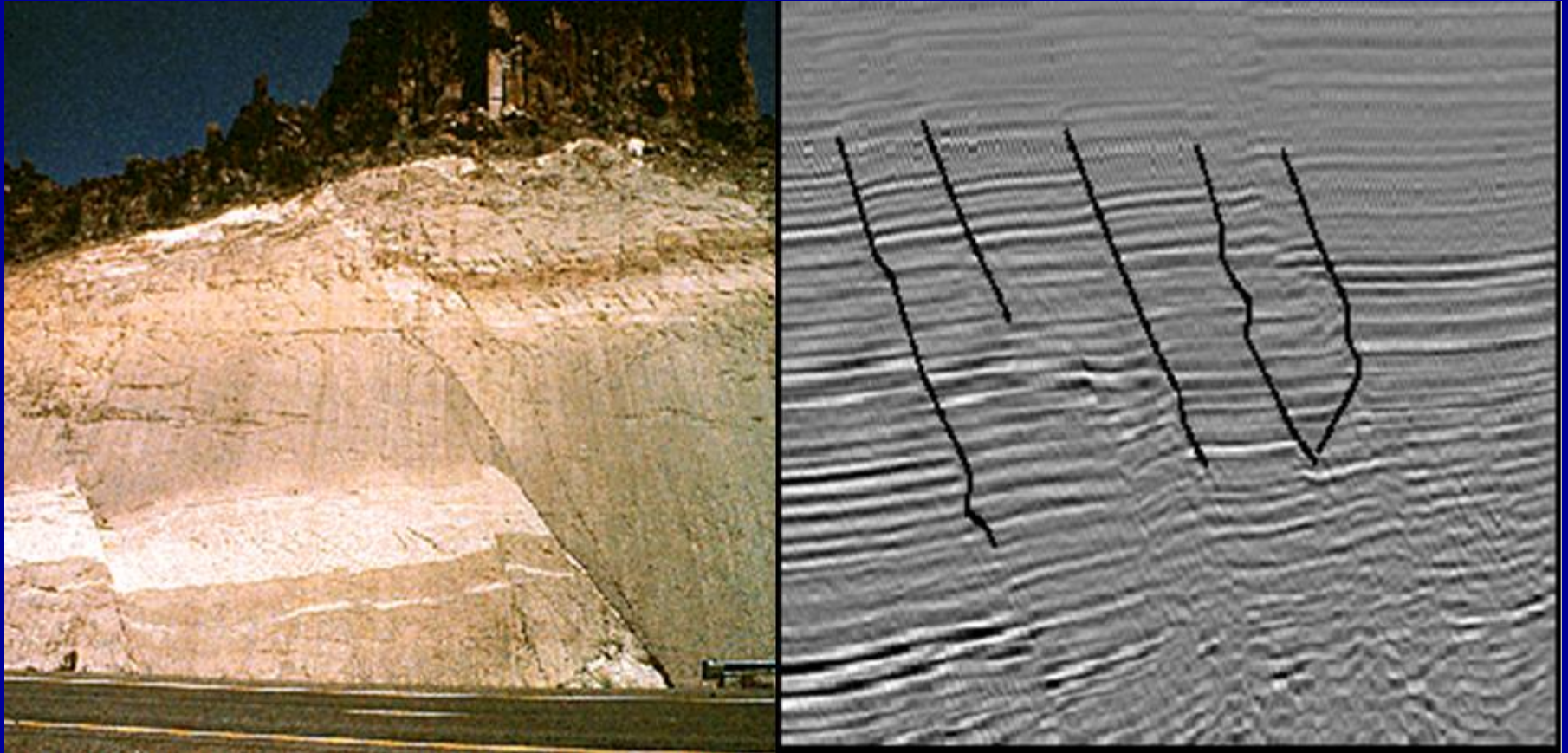






MODELO GEOLÓGICO OBTIDO

INTERPRETAÇÃO DA SEÇÃO SÍSMICA



ALGUNS EXEMPLOS DE EQUIPAMENTOS E RESULTADOS

SÍSMICA DE REFLEXÃO RASA



cobertura asfáltica

impacto marreta

vibrador portátil



RECEPTORES

geofones





ÁREA 1

