



*Perigosidade
Sísmica*

*Cadeira de Riscos Geológicos
Módulo I*

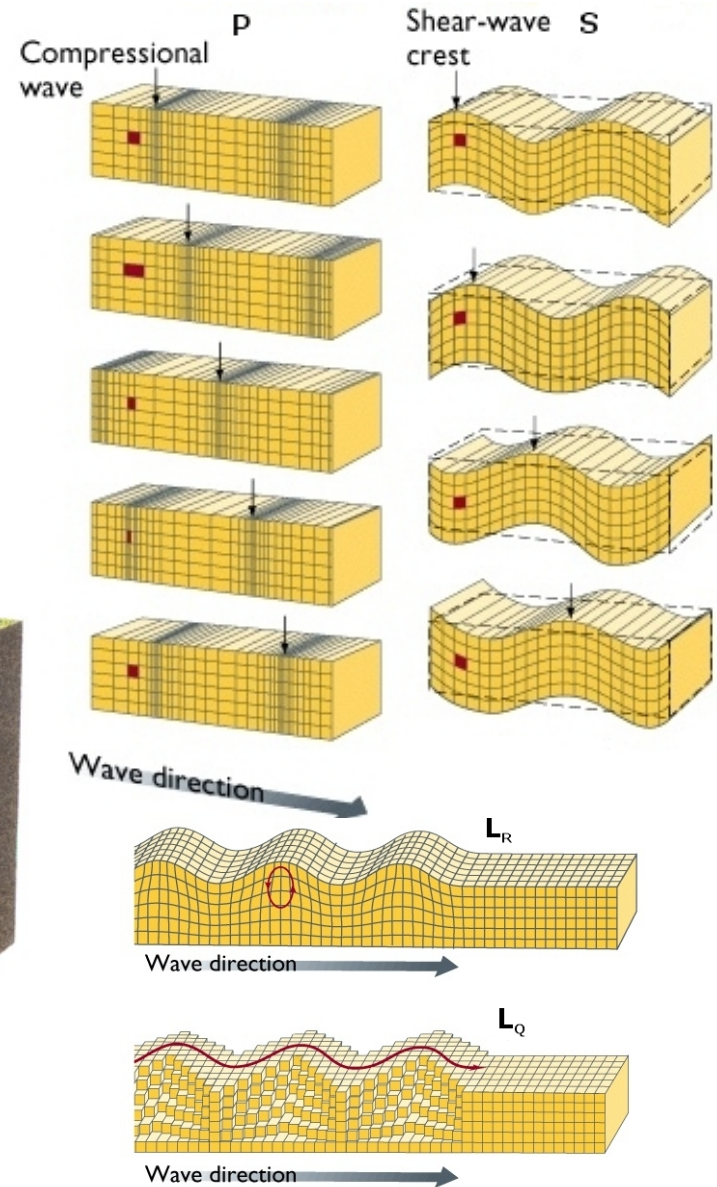
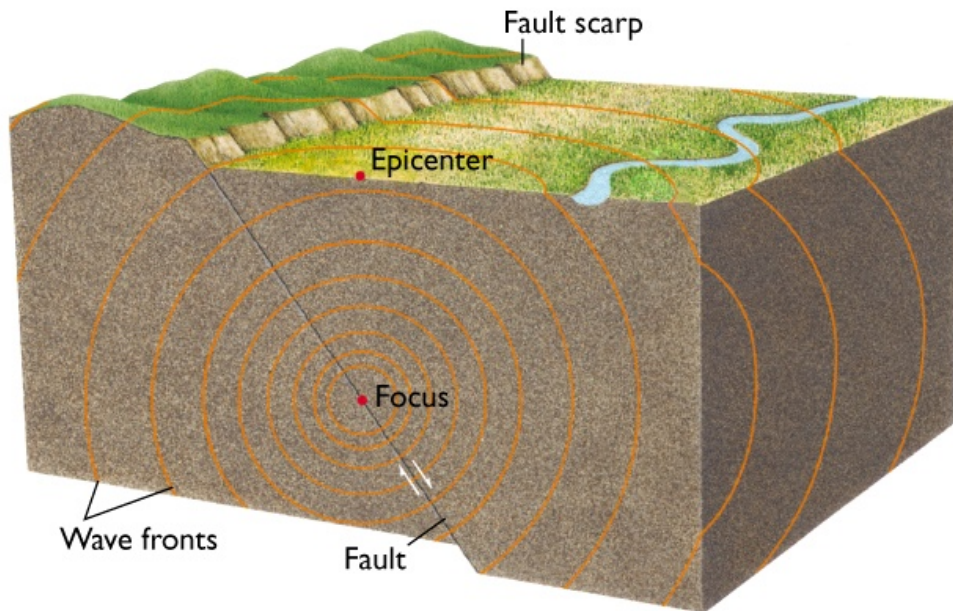
1ª Aula

J. Cabral

**Izmit, Turquia
1999**

OS SISMOS E AS FONTES SISMOGÉNICAS

- **Sismo** → ondas elásticas geradas numa **fonte sismogénica** – **falha activa** - e que se **propagam** pelas **rochas**.

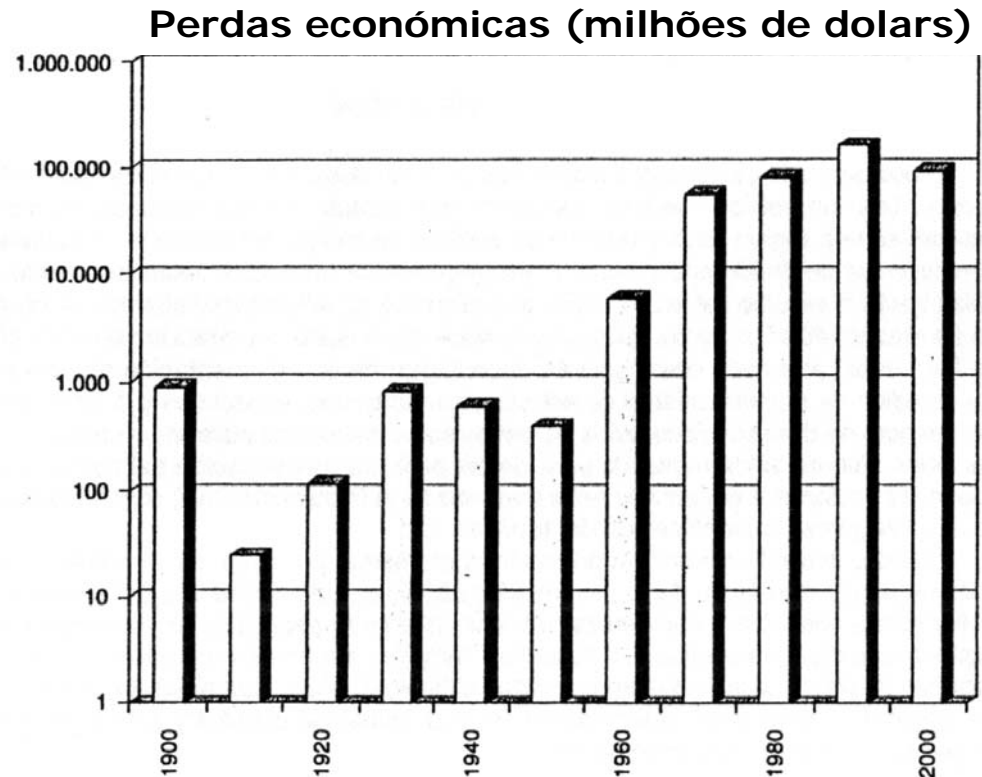
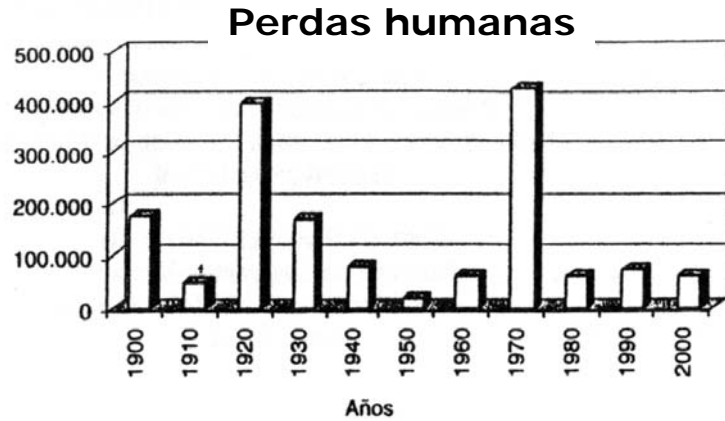


FENÓMENOS ASSOCIADOS À ACTIVIDADE SÍSMICA

➤ Além do **efeito directo** das **vibrações sísmicas**, ocorrem **outros fenómenos associados** capazes de gerar **danos importantes**:

- **ruptura superficial**,
- **inundação** por **subsidência** (ou **obstrução** de linhas de água),
- **levantamento** (perturbação sobre ecossistemas e populações litorais, alteração de níveis piezométricos),
- **cedência do solo** (**liquefacção**, **assentamento** e **fracturação**),
- **escorregamentos de terreno**.
- **tsunamis** (eventos com epicentro no mar).

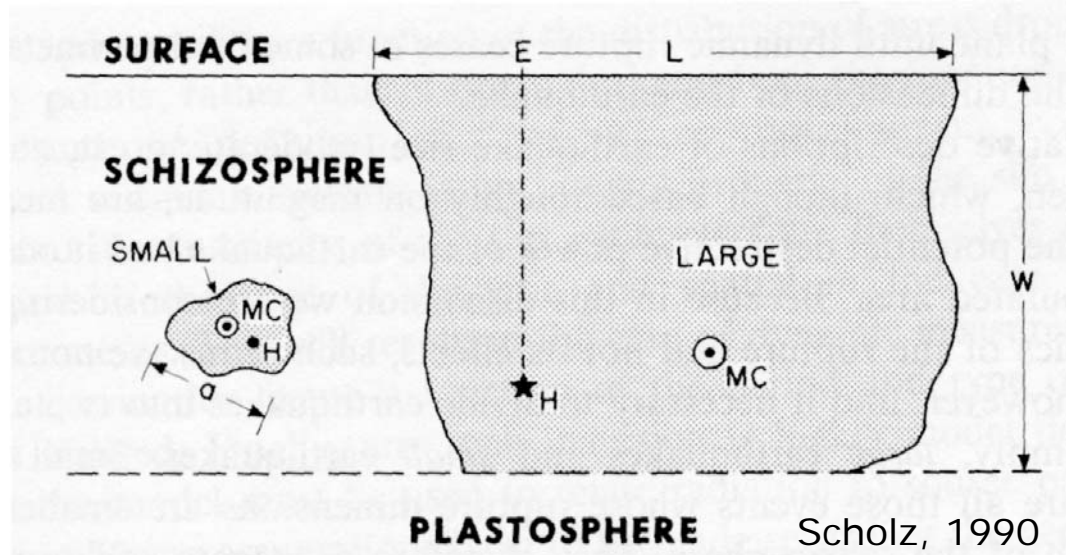
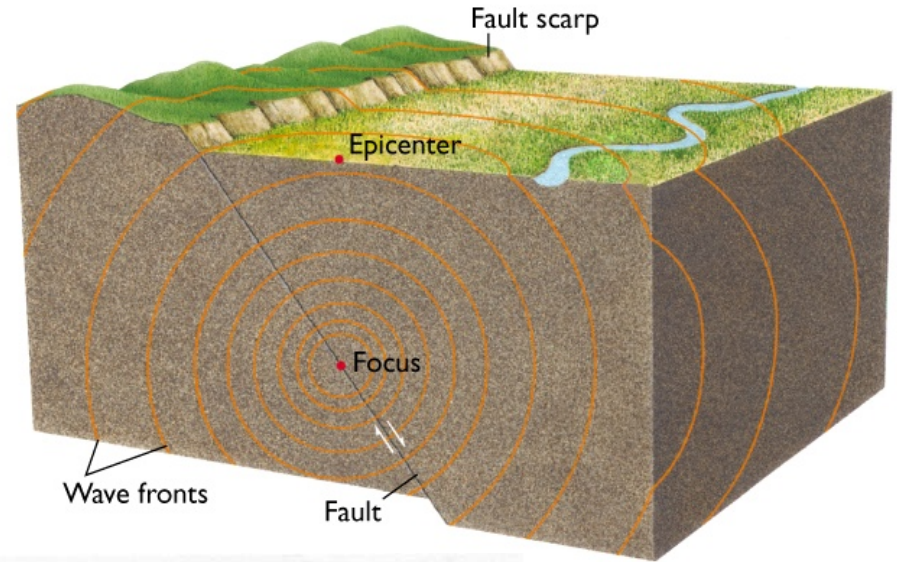
DANOS PRODUZIDOS PELOS SISMOS



Segundo Pinto (1998)
In Oliveira (1999)

RUPTURA SUPERFICIAL

- **Foco superficial** (< 15 - 20 km de profundidade):
- $M \geq 6 \rightarrow$ ruptura na crosta propaga-se até à **superfície topográfica**, deslocando-a
 - ocorre **RUPTURA SUPERFICIAL**.

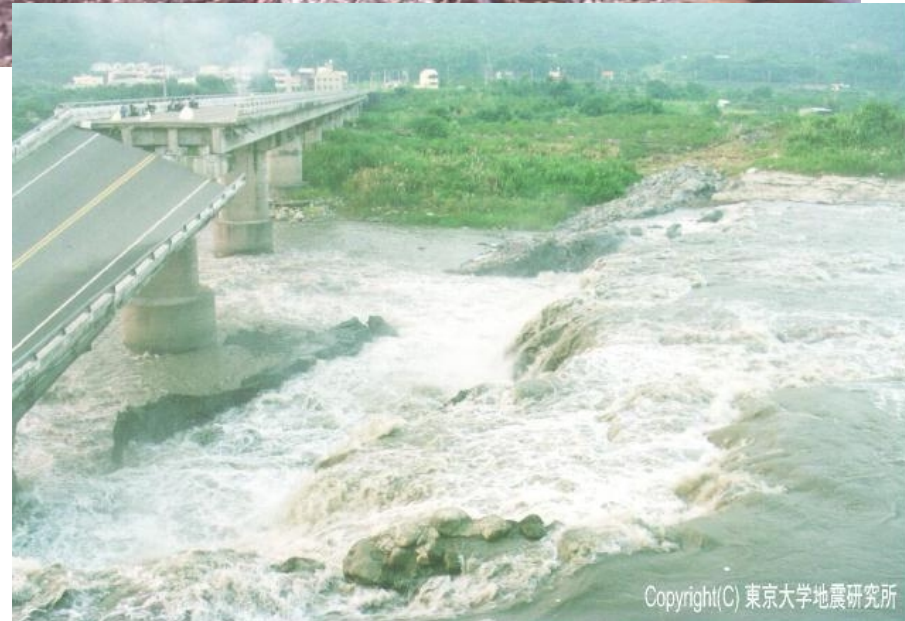


Press e Siever, 2002

Scholz, 1990

RUPTURA SUPERFICIAL COSMÍMICA

➤ **Izmit (Turquia), 17 Ago. 1999; M_w 7,2; falha N Anatólia, mov. direito (≤ 5 m), rot. sup. 60 km. 12.000 mortos, 34.000 feridos.**



➤ **Taiwan, 21 Set. 1999; M_s 7,7; prof. 8 km; falha inversa. 2.000 mortos, 4.000 feridos**



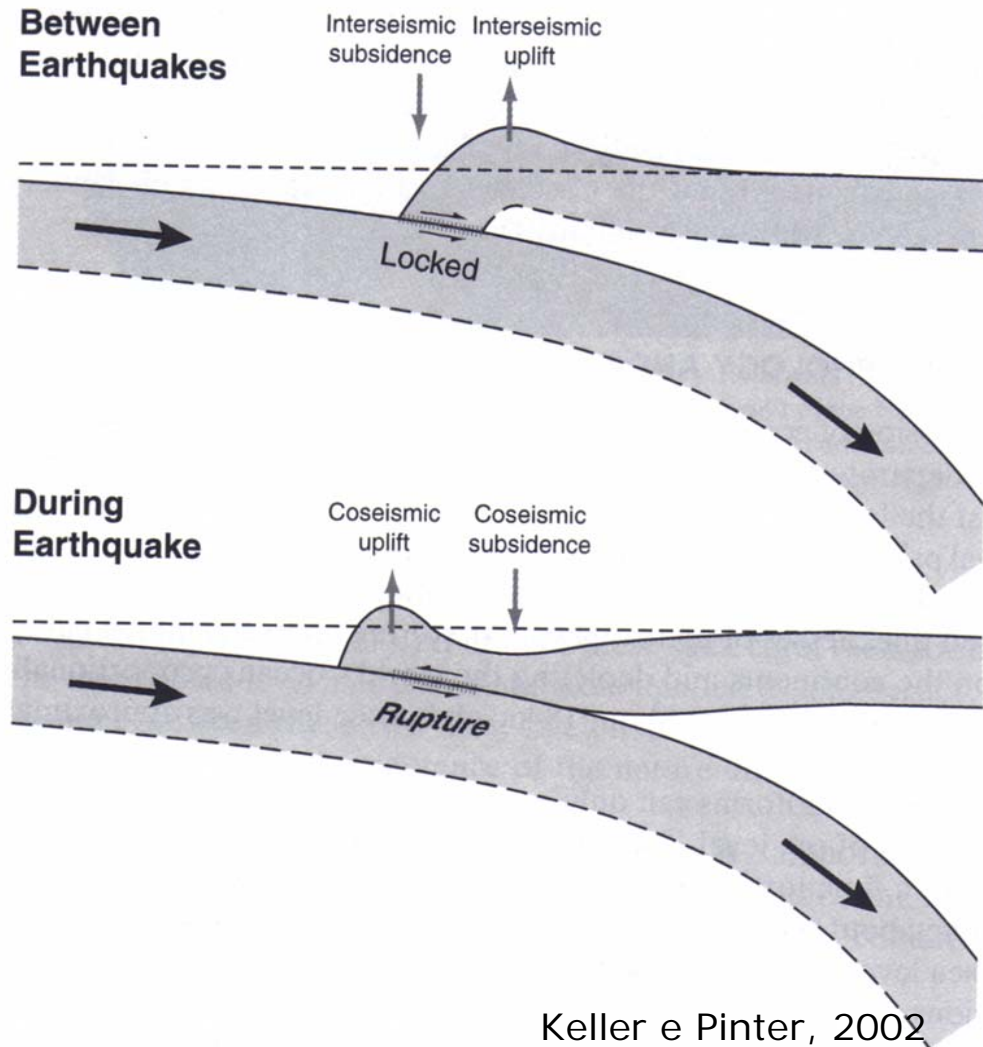
LEVANTAMENTO E SUBSIDÊNCIA COSÍSMICOS

➤ Ciclo de **deformação sísmica**

- **falhas** junto ao litoral →

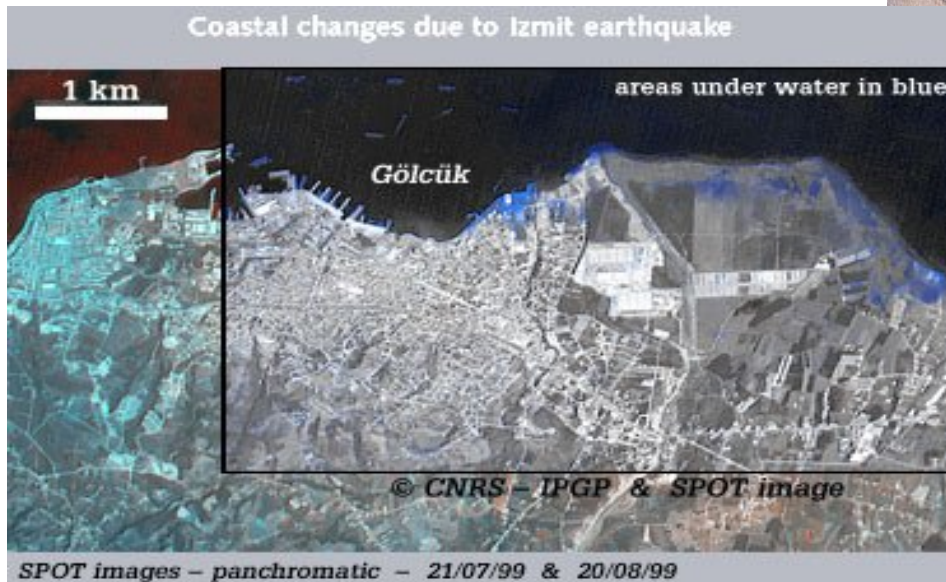
- **subsidência** (imersão) / **levantamento** (emersão) **bruscos** (cosísmicos);
- depende de:
 - ❖ localização da falha;
 - ❖ geometria e cinemática da falha;
 - ❖ deslocamento (magnitude do sismo).

➤ **Movimentos verticais** → **centimétricos a métricos**;



INUNDAÇÃO POR SUBSIDÊNCIA

- Sismo de Izmit (Turquia, 17 Ago 1999) – efeitos nas margens do mar de Marmara



CEDÊNCIA DO SOLO

➤ **Kobe, 17 Jan 1995;**
 M_L 7,2; prof. 20 km;
falha de Nojima;
mov. direito-inverso (1-
1,5 m/60 cm). 5.100
mortos, 26.800 feridos.



Assentamento



Liquefacção



Liquefacção

Sannomiya

ESCORREGAMENTOS DE TERRENO

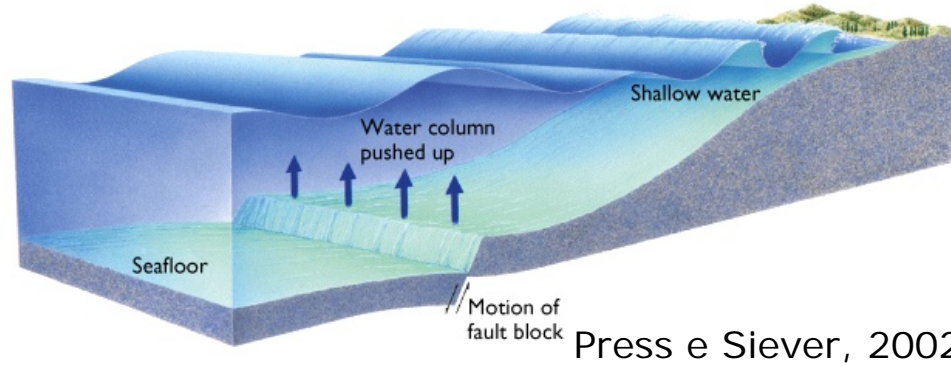
- **Kobe, 17 Jan 1995; M_L 7,2; prof. 20 km; falha de Nojima;**



- **Taiwan, 21 Set. 1999; M_S 7,7; prof. 8 km; falha inversa;**

- **Sismo Peru, 1970, M_W 7,7, 70.000 mortos, 20.000 em mega-escorregamento**

TSUNAMIS



**Oahu – Hawaii, sismo no Alasca
(3.600 km), 1957, M=8,3**



**Hilo – Hawaii, sismo no Chile,
1960, M=8,3**



PERIGOSIDADE SÍSMICA

➤ **Perigosidade** ou **casualidade sísmica** (*hazard*, *aléa*):

- **efeito potencial** de **ondas sísmicas**, e **fenómenos associados**, sobre um dado local;

→ exprime-se pela **possibilidade de ocorrência** de **vibrações sísmicas** com **determinada severidade**, nesse local.

Arménia, 1988

RISCO SÍSMICO

➤ Risco sísmico:

- **avaliação integrada** da **severidade das vibrações sísmicas expectáveis** (**perigosidade sísmica**) e suas **consequências**:

- ✓ refere-se aos **danos expectáveis** em **elementos expostos ao perigo** (**povoações, edifícios, população, actividades económicas**), num dado **período de tempo**;

- ✓ avalia-se em termos de **danos no edificado** (**Vulnerabilidade**) e **custos** (vítimas e económicos).

Turquia, 1999

$$\text{Risco} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerabilidade} \times \text{Custos}$$

ABORDAGENS DETERMINISTA E PROBABILISTA

➤ **Estimativa da perigosidade sísmica** num local:

- **abordagem determinista** – avaliam-se os maiores sismos que podem ocorrer na área em estudo e regiões envolventes, que vão condicionar a severidade máxima expectável das vibrações sísmicas no local considerado;
- **abordagem probabilista** – estima-se a probabilidade de ocorrência de determinados níveis de movimentos sísmicos do solo num dado período de tempo, com base na distribuição espaço-temporal dos sismos de diferentes magnitudes, assumindo um modelo estatístico para a sua ocorrência.

ABORDAGEM DETERMINISTA

- Baseia-se na **hipótese** de que a **sismicidade futura** numa região será **semelhante** à **sismicidade observada**, incluindo a deduzível a partir do registo geológico (Paleosismicidade) ⇒ não ocorrerão sismos maiores;
- Geralmente utiliza-se em **estudos de segurança de estruturas especiais** – centrais nucleares, barragens, depósitos de gás ...
- Pretende-se avaliar a **ocorrência** de **sismos de projecto** no sítio de implantação da estrutura, como o ***Safe Shutdown Earthquake (SSE)*** no caso de centrais nucleares.

SISMOS DE PROYECTO

US Nuclear Regulatory Commission

Appendix A to Part 100 -- Seismic and Geologic Siting Criteria for Nuclear Power Plants

- “The **Safe Shutdown Earthquake (SSE)** is that earthquake which is based upon an evaluation of the maximum earthquake potential considering the regional and local geology and seismology and specific characteristics of local subsurface material. It is that earthquake which produces the maximum vibratory ground motion for which certain structures, systems, and components are designed to remain functional.”
- “The **Operating Basis Earthquake (OBE)** is that earthquake which, considering the regional and local geology and seismology and specific characteristics of local subsurface material, could reasonably be expected to affect the plant site during the operating life of the plant; it is that earthquake which produces the vibratory ground motion for which those features of the nuclear power plant necessary for continued operation without undue risk to the health and safety of the public are designed to remain functional.”