

Vulcões, terremotos e tsunamis: ciência e desastres naturais

Marcelo Bianchi

19/maio

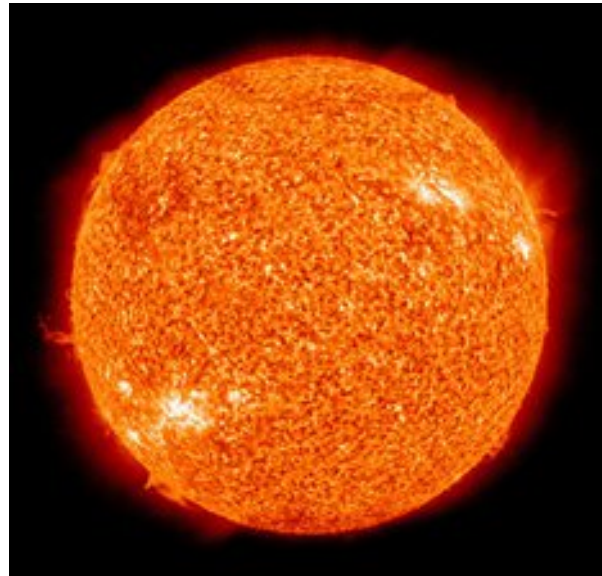
Receita

Receita

p/ um desastre natural

1. Ingredientes

Um Sol



Elementos Radioativos



Poeira Estelar



Fricção



2. Modo de Preparo



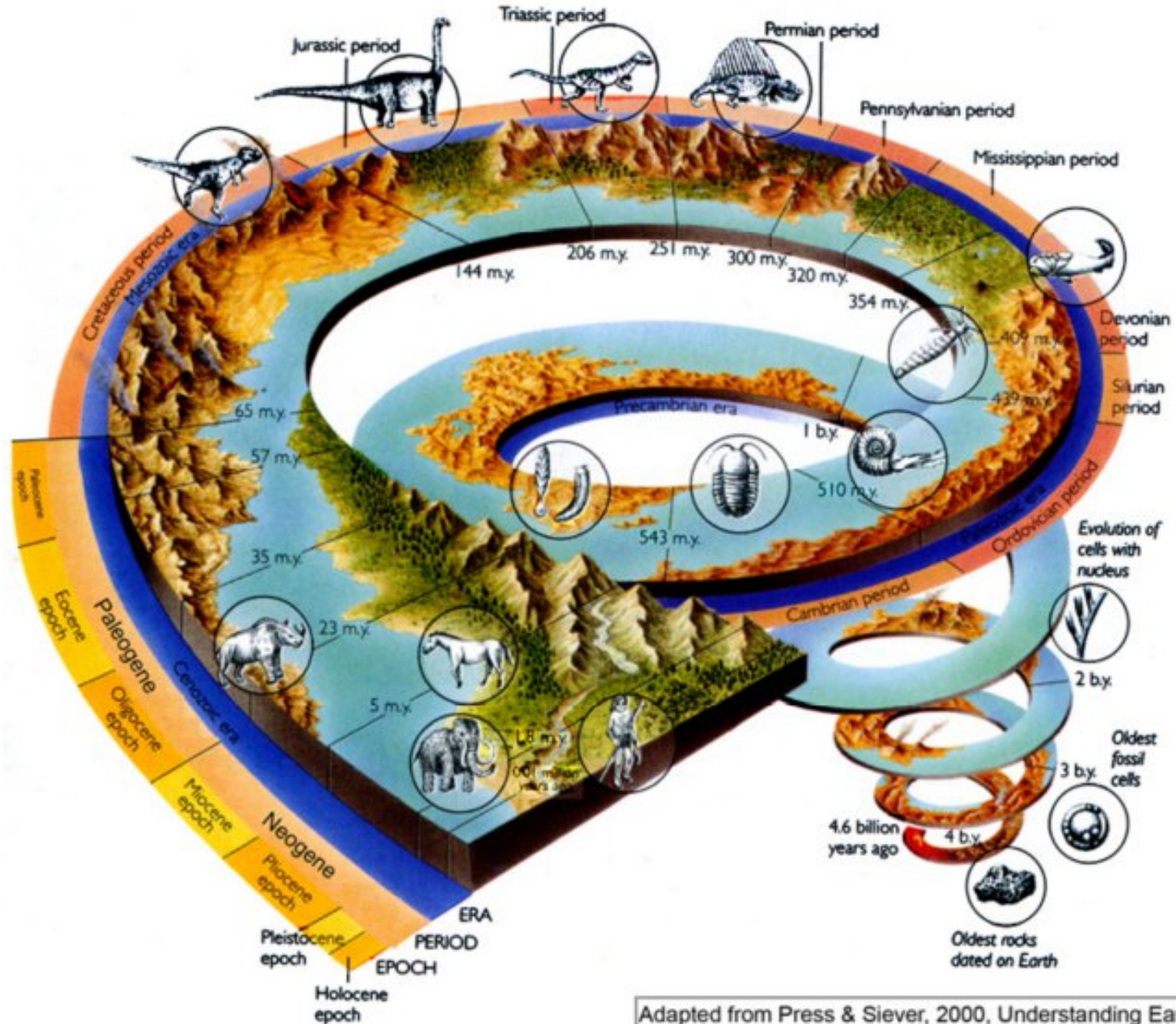
- Adicione o Sol ao meio da panela,
- adicione a poeira estelar,
- devagar, coloque os elementos radioativos e com uma grande colher....
- misture, passando bastante energia para o sistema fazendo com que a poeira e os elementos rotacionem em volta da panela,
- misture até obter uma massa homogênea e quente da poeira estelar com os elementos radioativos,
- ao fim deixe repousando na panela por ~4,6 bilhões de anos.

Depois de 4,6 Bilhões de Anos



3. Modo de Servir

Adicione a vida



Desastres naturais

- Um evento maior resultado de processos naturais (tornados, terremotos, tempestades, vulcanismos, e etc.) do nosso planeta envolvendo a perda de vidas e/ou propriedades
- Para melhor compreender os desastres devem ser considerados tanto a **ameça** quanto o **risco associado a cada evento.**

**Primeiras palavras que podemos
associar
aos fenômenos da natureza**

Fascinação

Medo

Encanto

Curiosidade

**Primeiras palavras que podemos
associar
aos fenômenos da natureza**

Respeito

Desconhecido

Atração

Perigo

Punição

Realidade ou Ficção ?



Publicado em: 21:23 BST, 27 Julho de 2016

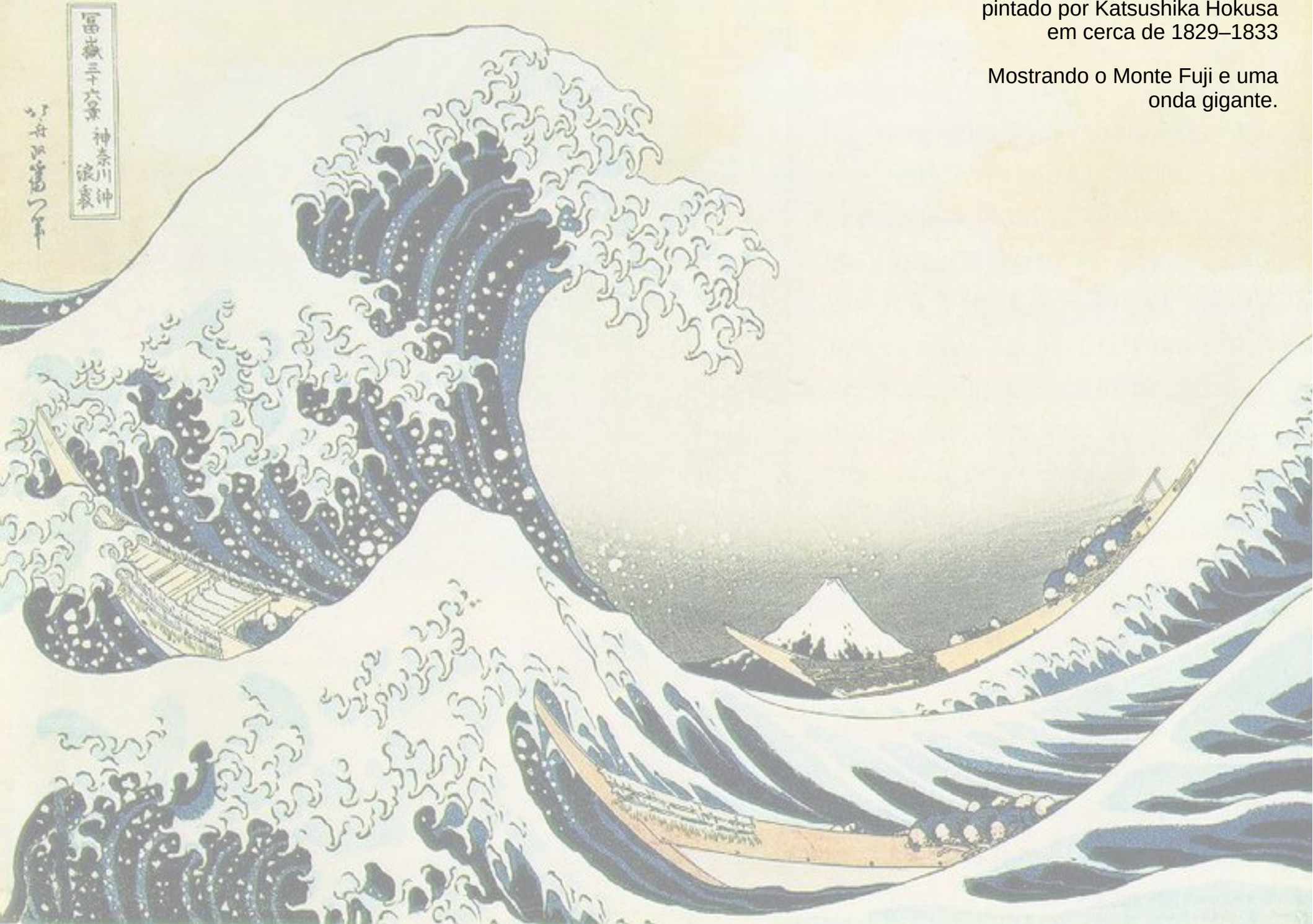
<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3711378/Watch-breathtaking-Japanese-volcanic-eruption-created-giant-plumes-ash-5-000-metres-high-lightning.html>

Qual das fotos abaixo ilustra um terremoto real ?



The Great Wave off Kanagawa,
pintado por Katsushika Hokusai
em cerca de 1829–1833

Mostrando o Monte Fuji e uma
onda gigante.



- A humanidade vive onde os seus lares estão, sem considerar se estes estão perto de grandes falhas, vulcões ou mesmo próximas ao mar. **PORQUE ?**

Edmont Mathez, American Museum of Natural History

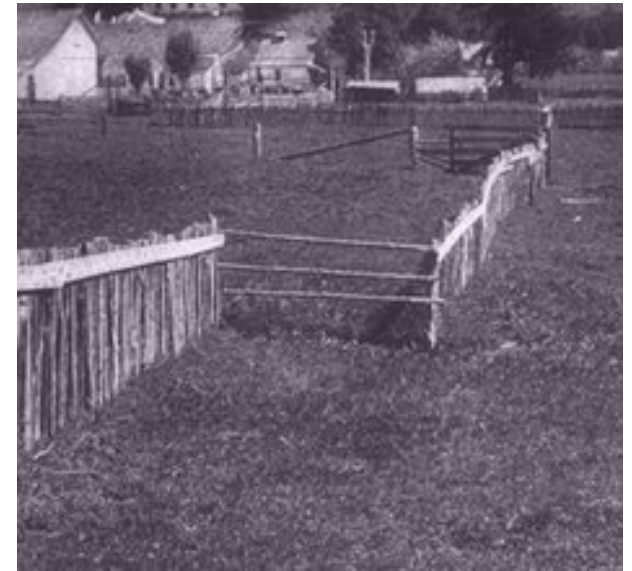
- A ciência por outro lado ajuda a compreender tais fenômenos , medindo a **ameaça** para que possamos amenizar os **riscos** associados a sobrevivência da espécie humana nessas áreas aumentando assim a sua **resiliência**.



México
2015



Japão
1854



São Francisco
1908

Filósofos Antigos

- **Thales** (~600ac) acreditava que a Terra flutuava em um imenso oceano e que os terremotos aconteciam quando uma onda balançava o planeta,
- **Anaxímenes** (~550ac) evocava que a umidade controlava a fragilidade do planeta. Os terremotos eram causados pelo colapsos de colinas ou mesmo montanhas “ressecadas” ou “imundadas” de água,
- **Anaxágoras** (450ac) evocou ventos e fogo para explicar os tremores,
- E finalmente **Aristóteles** (~340ac) criou uma ideia de que tempestades dentro das cavernas com ventos e fogo fossem a causa dos terremotos e normalmente relacionados com fenômenos atmosféricos.

James Hutton, 1788



Viveu desde 1726 até 1797, onde forneceu importantes contribuições para a Geologia, normalmente sendo reconhecido como o pai da Geologia moderna.

Edimburgo, Scotland

[A] volcano is not made on purpose to frighten superstitious people into fits of piety and devotion; nor to over-whelm devoted cities with destruction; a volcano should be considered as a spiracle to the subterranean furnace, in order to prevent the unnecessary elevation of land, and fatal effects of earthquakes; and we may rest assured that they, in general, wisely answer the end of their intention, without being in themselves an end, for which nature has exerted such amazing power and excellent contrivance.

O Terremoto de Lisboa

- Magnitude 9.0
- 01/Nov/1755, ocorrido às 9:20h
- Destruiu quase que completamente a cidade portuguesa com aproximadamente 200.000 habitantes na época
- Foi seguido por um grande incêndio e tsunami
- Início da sismologia ...
- ... e a engenharia sísmica



Cidade de Lisboa em chamas após terremoto e tsunami



Gaiola Pombalina

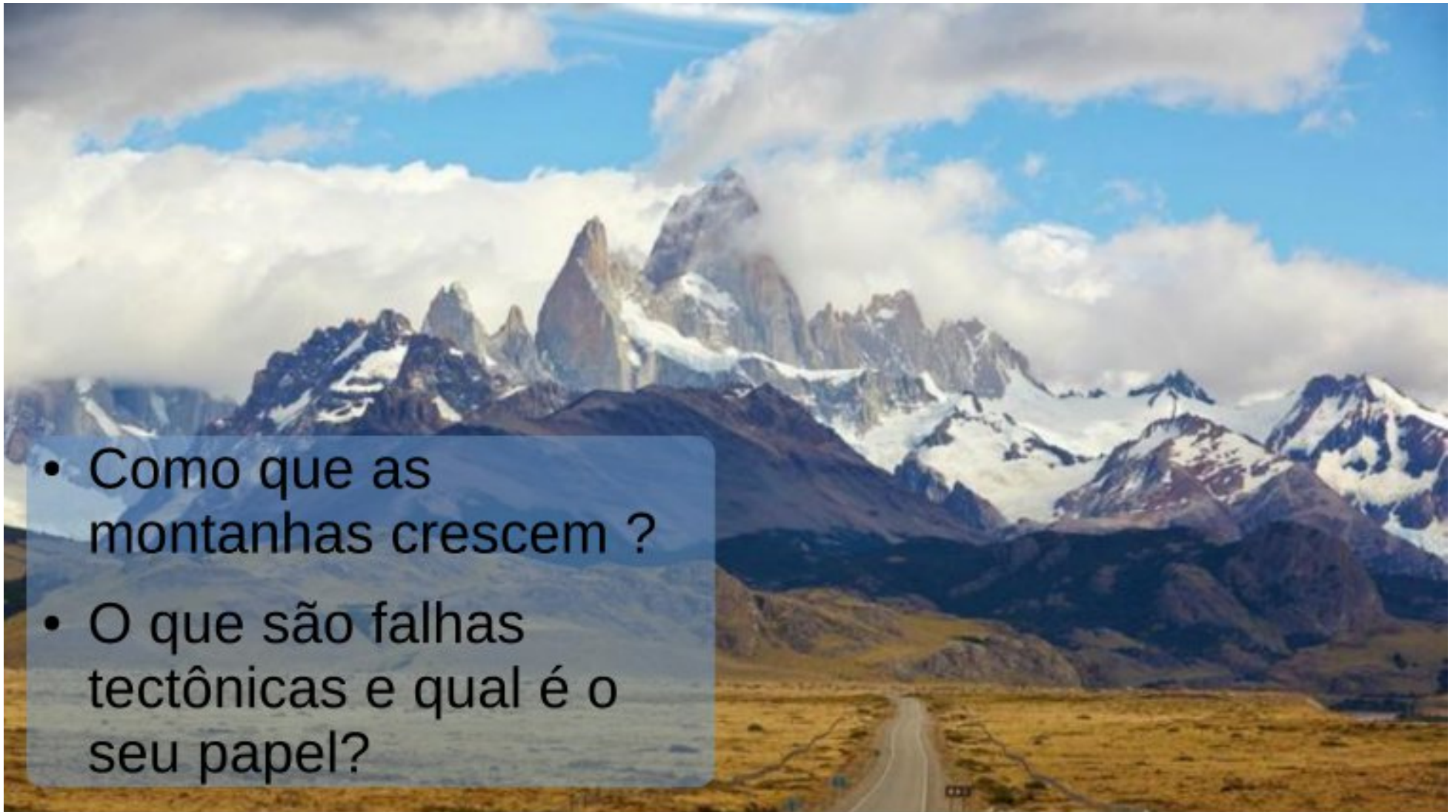
Pinturas sobre a lenda do Namazu (cat fish) que seria responsável pelos terremotos no Japão - 1855



Geologia e as Cadeias de Montanhas

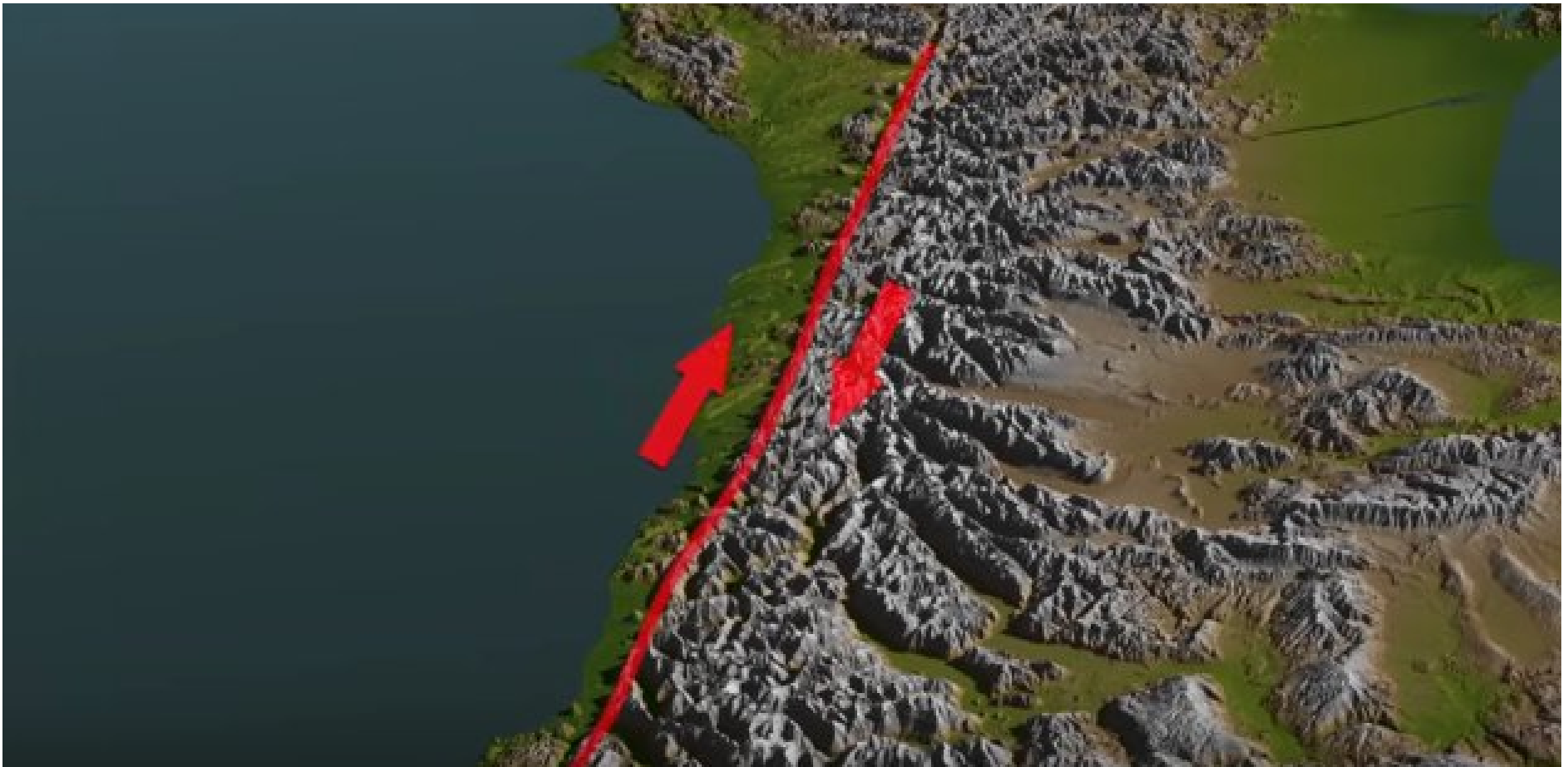


Geologia e as Cadeias de Montanhas



- Como que as montanhas crescem ?
- O que são falhas tectônicas e qual é o seu papel?

Falha Alpina / Nova Zelândia



[Vídeo sobre a Nova Zelândia](#)

2010 Terremoto de Darfield (Canterbury)

- Terremoto de magnitude 7.1 que atingiu a Nova Zelândia em 2010,
- Não teve vítimas,
- Mas deixou a marca da falha em uma região que antes, não existia praticamente nenhuma evidência,
- [Vídeo sobrevoando as falhas](#)

O terremoto de São Francisco, 1906

- Epicentro em $37,75^{\circ}\text{N}$ e $122,55^{\circ}\text{W}$
- Profundidade de 8 km
- Quarta-feira, 18 de Abril de 1906 as 5:12
- Mortes: 3.425 estimadas
- Magnitude 7.8 Mw



John Reid

- A teoria do rebote elástico ajudou a compreender como e porque os terremotos acontecem,
- Ela foi proposta por Reid enquanto estudava o terremoto de mag. 7.8. em 1906,
- em São Francisco,
- Nesta teoria, as falhas vistas na superfície são parte da causa de ocorrerem tremores e não sua consequência como se imaginava na época.

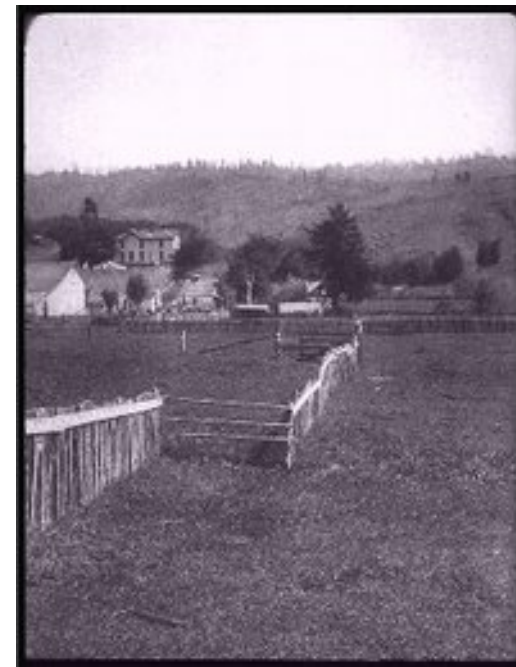
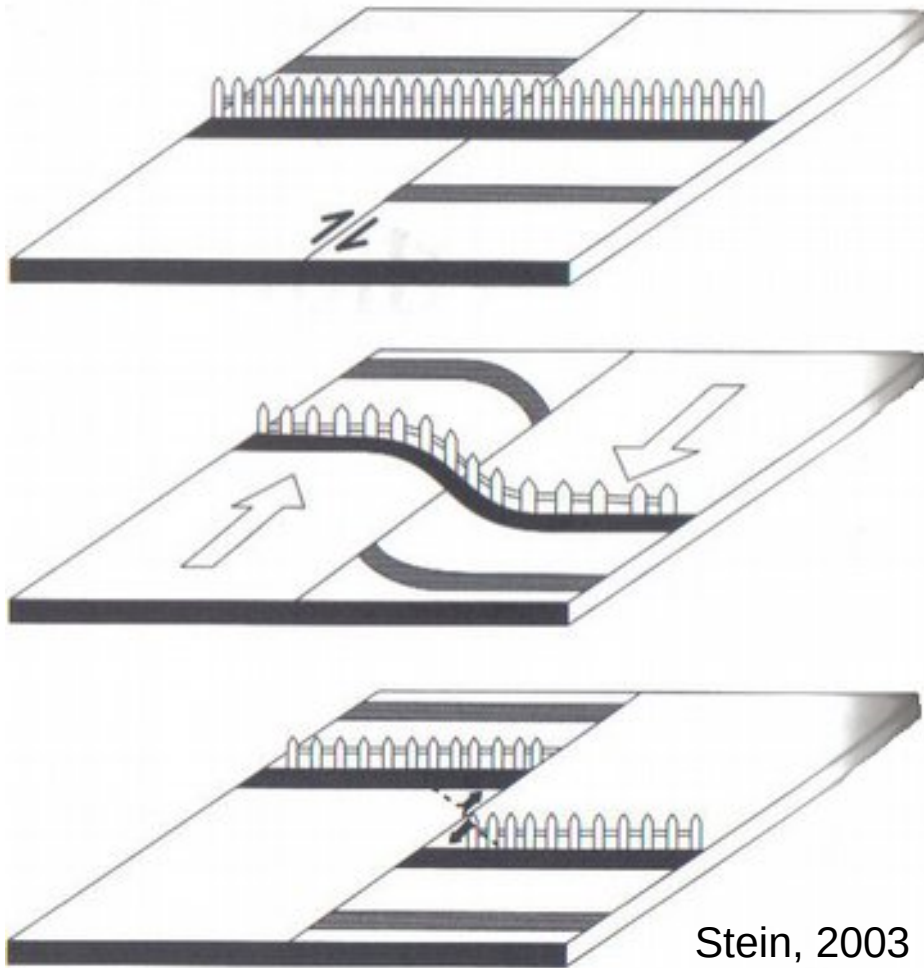


Image taken from:
<http://earthquake.usgs.gov/regional/nc/a/1906/18april/reid.php>

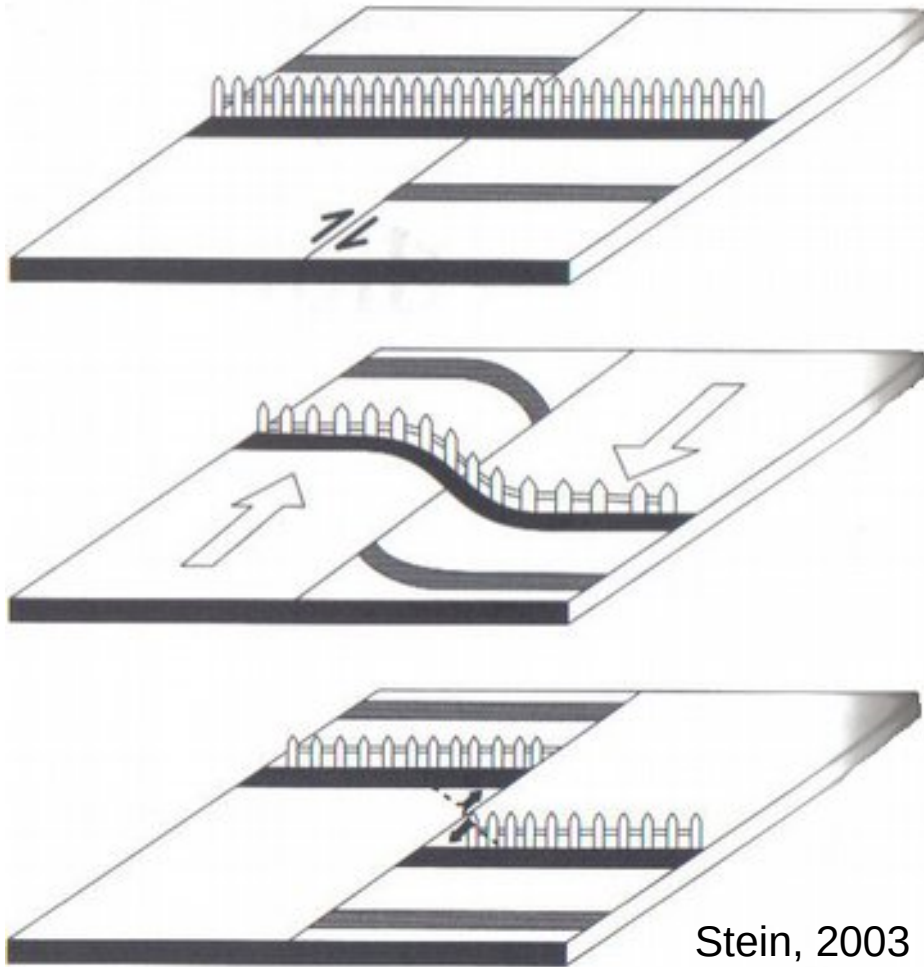
1) Também traduzido como “teoria do ricocheteio elástico”

Teoria do Rebote Elástico

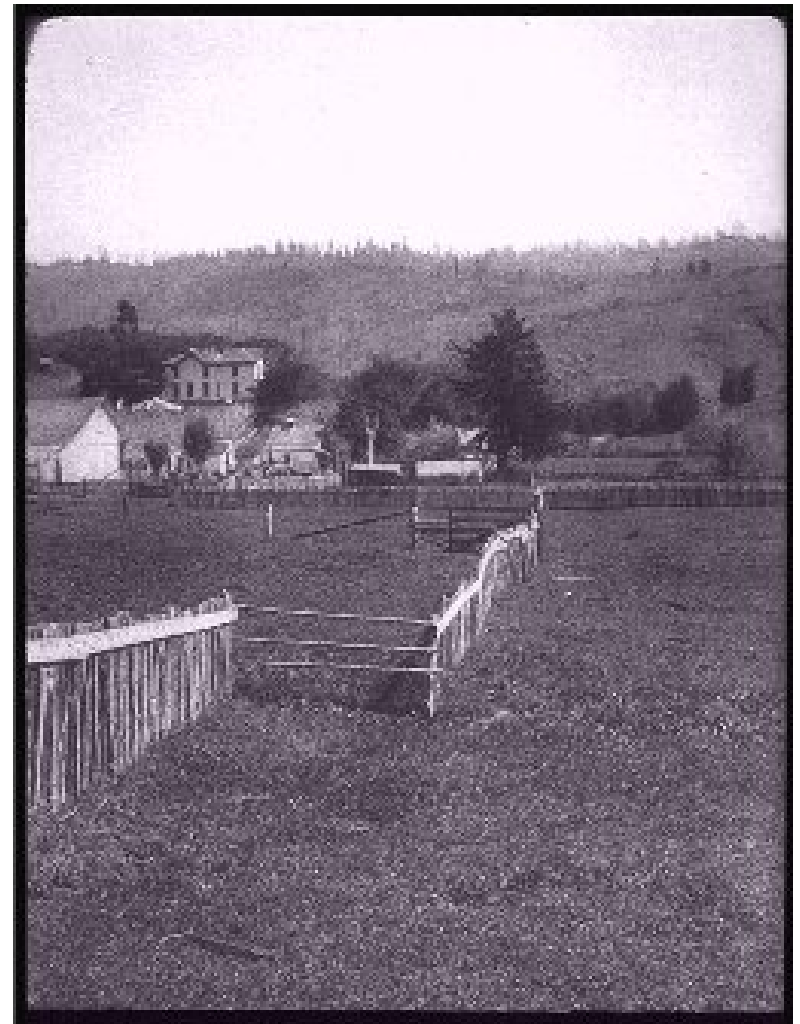


- As falhas, por bloquearem a movimentação relativa das placas acumulam energia em forma de deformação devido ao movimento das placas que ocorre a quilômetros de distância,
- Quando a deformação atinge um nível maior do que a falha pode suportar,
- Ocorre um terremoto, liberando instantaneamente toda a energia acumulada causando uma deformação permanente ao longo da falha e emitindo ondas sísmicas em todas as direções.

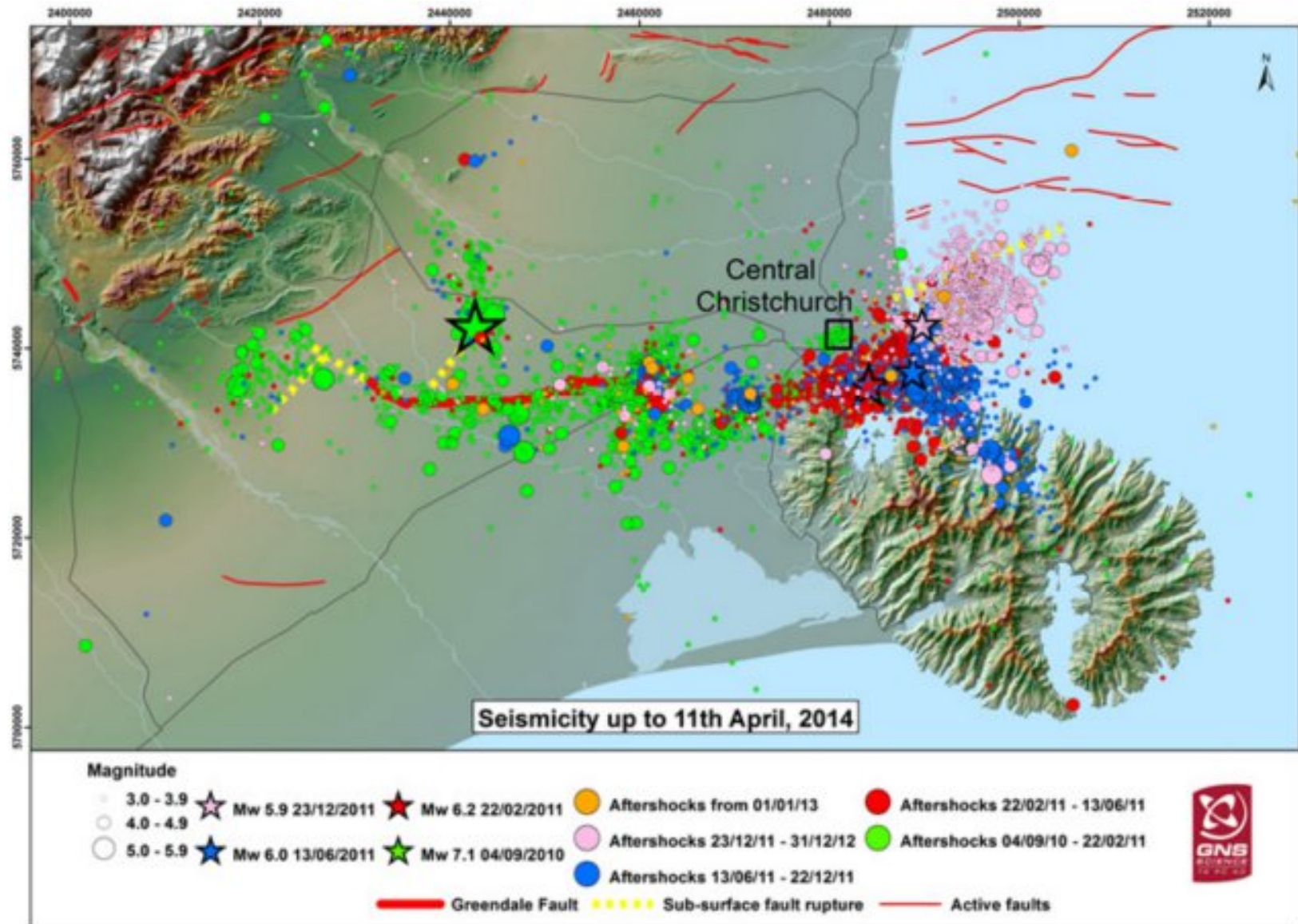
Teoria do Rebote Elástico



Stein, 2003



Réplicas dos terremotos



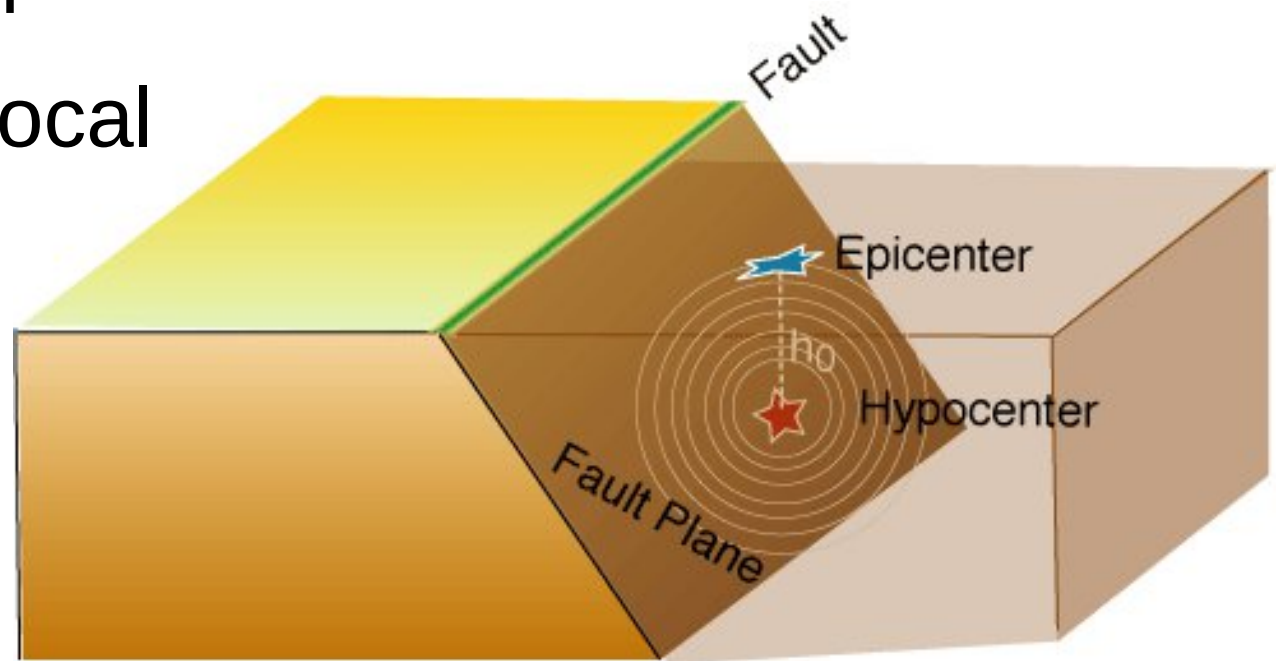
Conceito de Terremoto

- É **liberação instantânea** de energia acumulada nas rochas causando uma deformação permanente no local do tremor e emitindo **ondas** que se propagam pelo planeta.



5 Parâmetros

- Epicentro
- Hipocentro (ou foco)
- Hora de Origem
- Profundidade Focal
- Magnitude e/ou Intensidade



Magnitude & Intensidade

- O último, e mais difícil passo no estudo da sismicidade foi conseguir quantificar a energia liberada (até hoje).
- Hoje existem duas propostas:
 - Escala de Intensidade Mercalli
 - Escala Richter ou de Magnitude

Escala de Intensidade

- Mede a destruição causada pelas ondas em cada localidade
- Medida por uma escala que vai de I → XII



Magnitude

- Desenvolvida em 1935 por Charles Richter & Beno Gutenberg,
- Apresenta números empíricos,
- Geralmente entre 1 e 10,
- Proporcionais a amplitude das ondas de um terremoto padrão medido a 100 km de distância.

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal construidos y otras estructuras en un radio de 10 km.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
8.0 o más	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

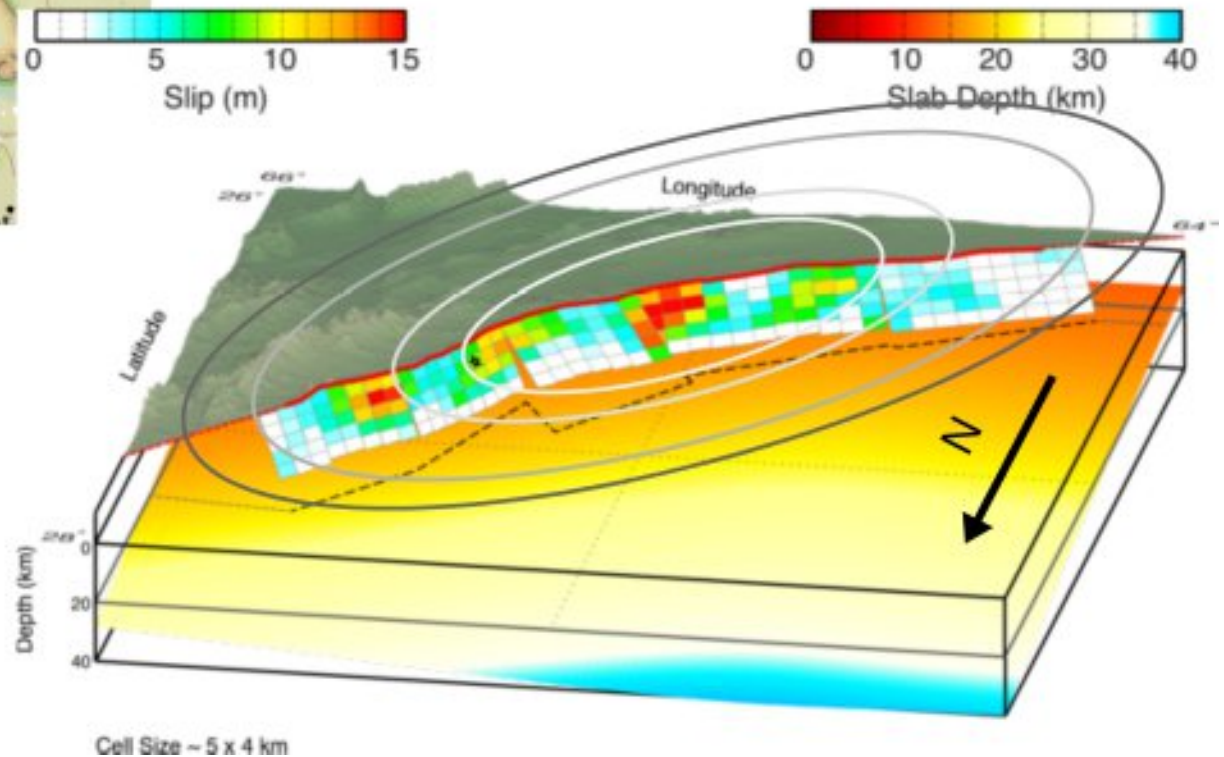
Video Magnitude

Cada círculo tem o seu diâmetro proporcional a energia liberada pelo tremor, que é proporcional a
~ 32 x o valor da magnitude

Ondas



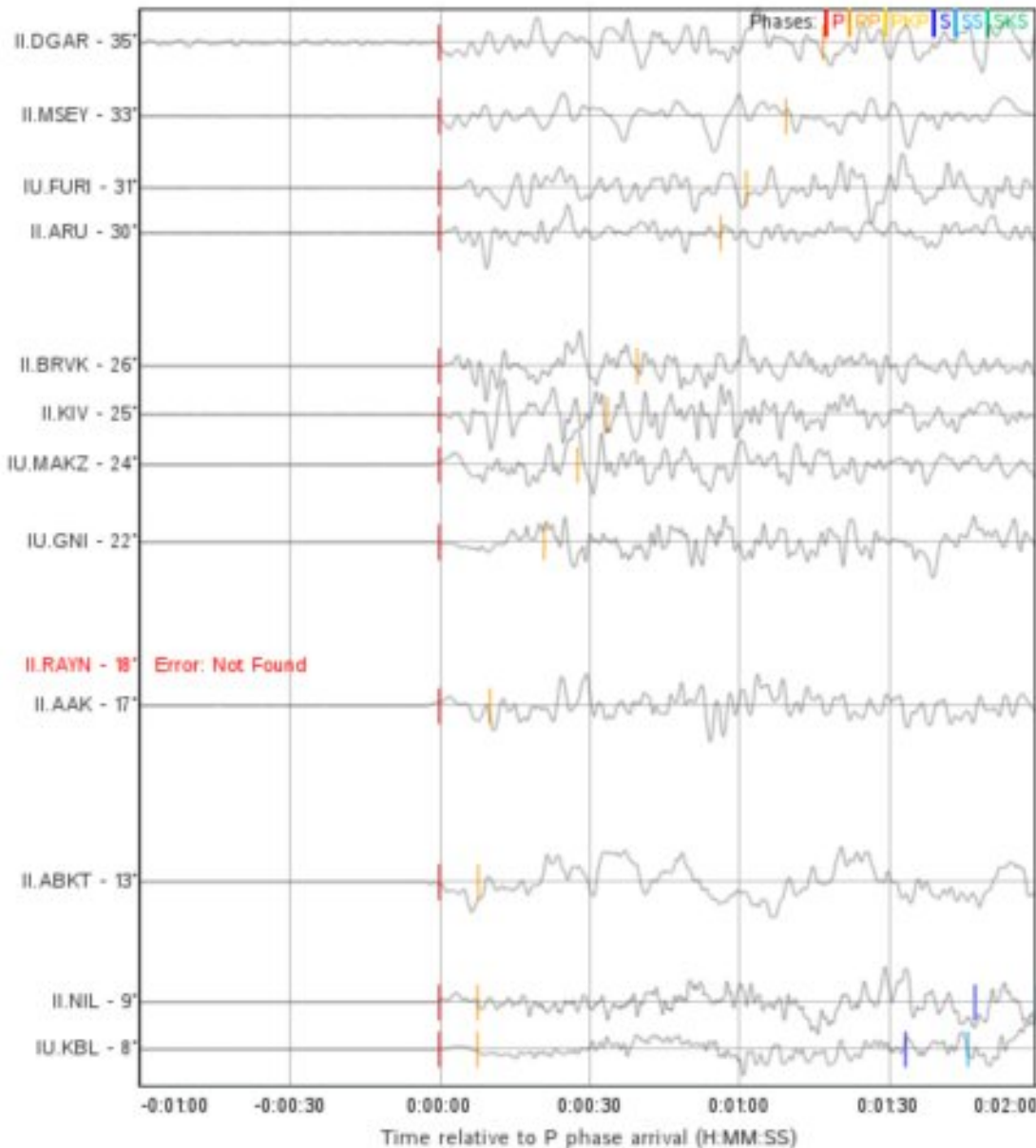
Sismo do Paquistão
Setembro/2013
M 7.7 - ~800 pessoas foram afetadas
por este evento



Mola maluca

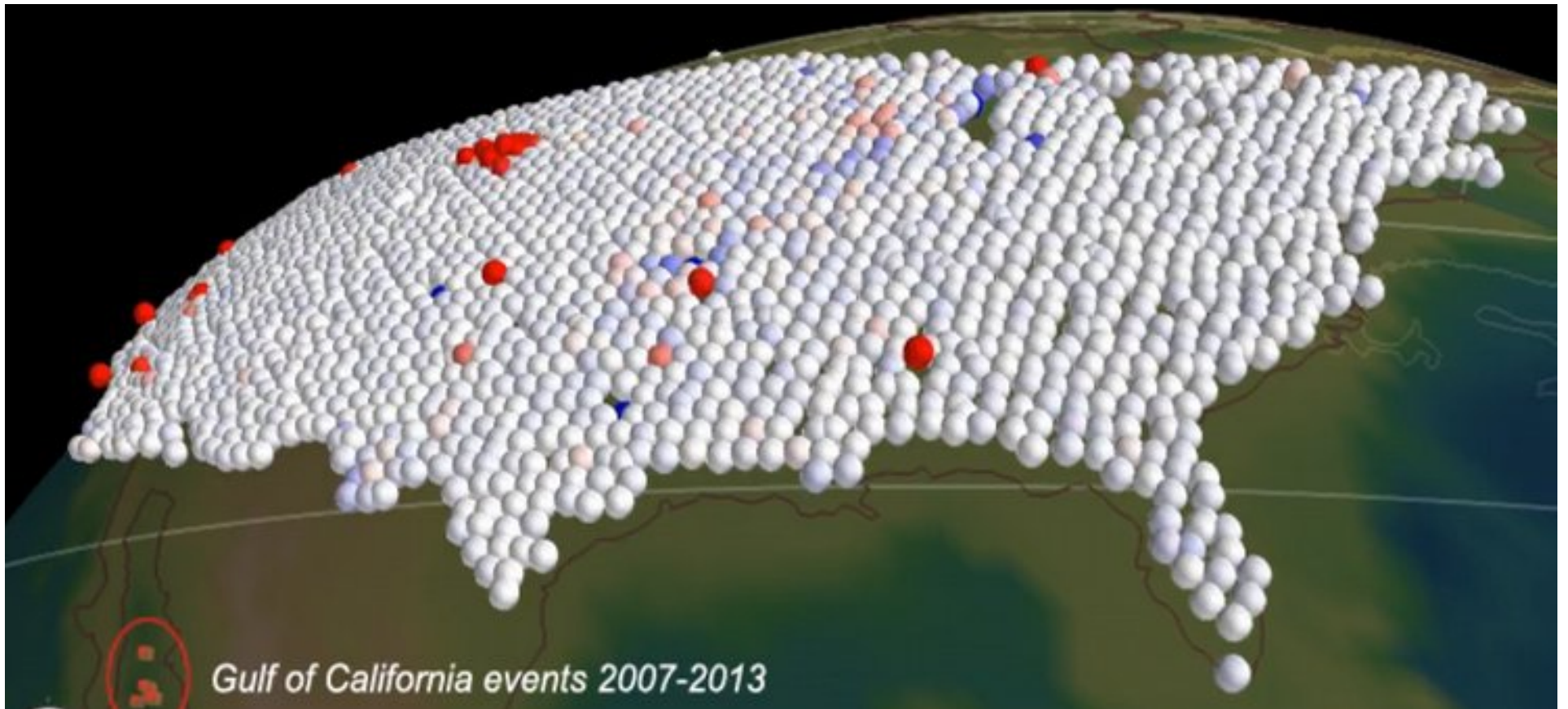


Sismograma



- Ondas para o sismo do Paquistão gravadas por algumas das estações da GSN.

Exemplo de ondas no US array



[Video do USArray](#)

Agora é com vocês:
de onde vem o sismo ?



[Video](#)

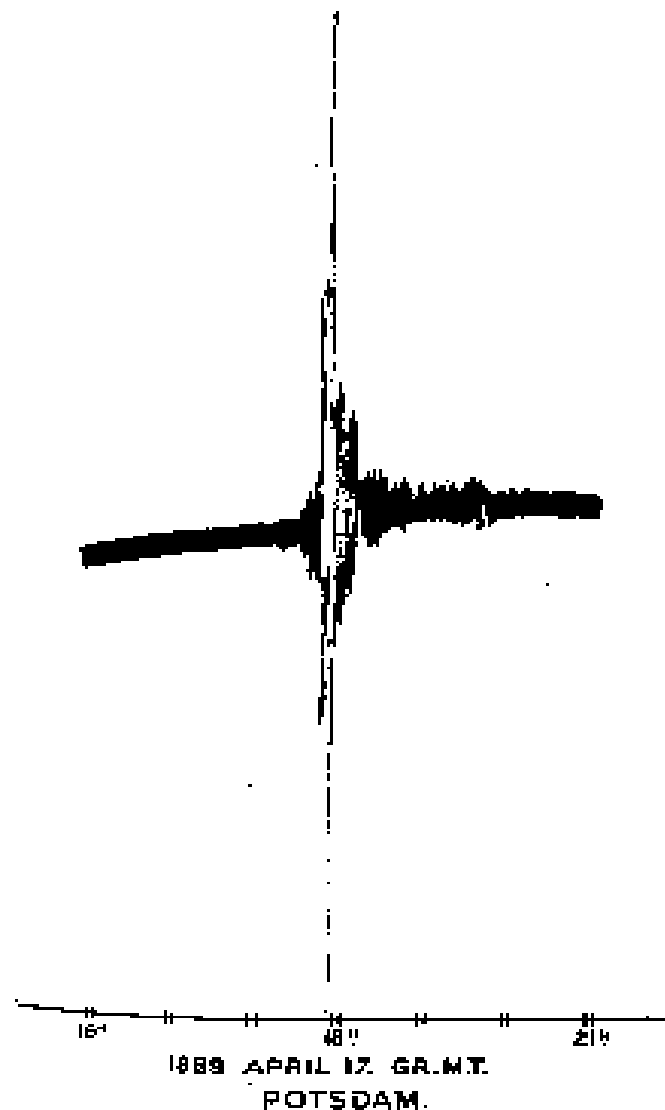
John Milne

- Eng. de Minas inglês que em 1880 descobriu no Japão uma obsessão - Terremotos
- Não se sabia a causa, mas já se conhecia seus efeitos,
- Milne teve uma visão:
“Tamanha energia deveria de ser capaz de ser detectada em todos os pontos do planeta”
- Ao mesmo tempo, que não observava relação entre os **terremotos** e os **vulcões** que tanto afetavam os Japoneses.



Rebeur-Paschwitz, 17/Abr/1889

- Rebeur-Paschwitz em 1889 fez o primeiro registro confirmado das ondas emitidas por um terremoto ocorrido no Japão na Alemanha em Potsdam e Wilhemshaven.

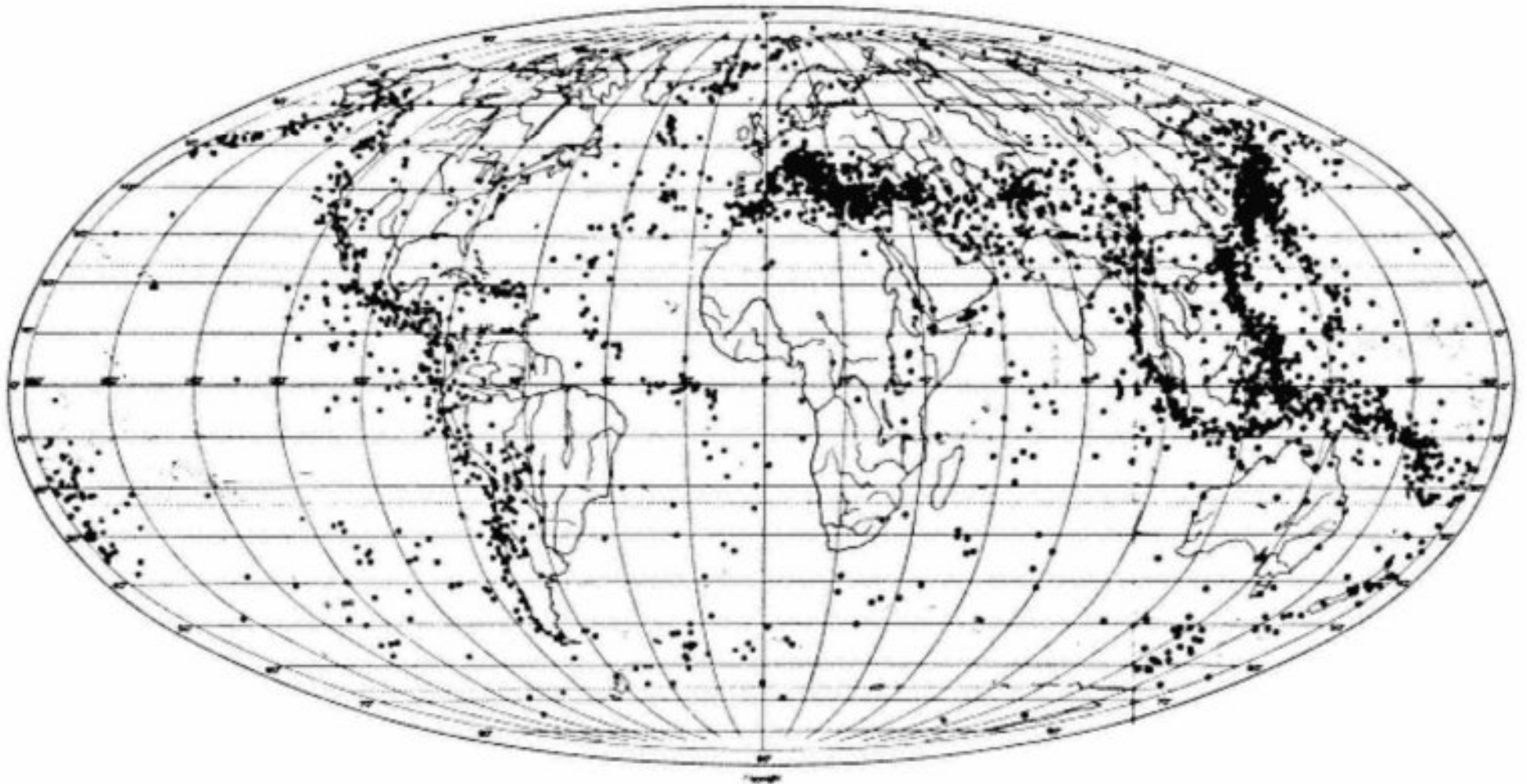


A rede de Milne em 1899



Terremotos do mundo como conhecido em 1930

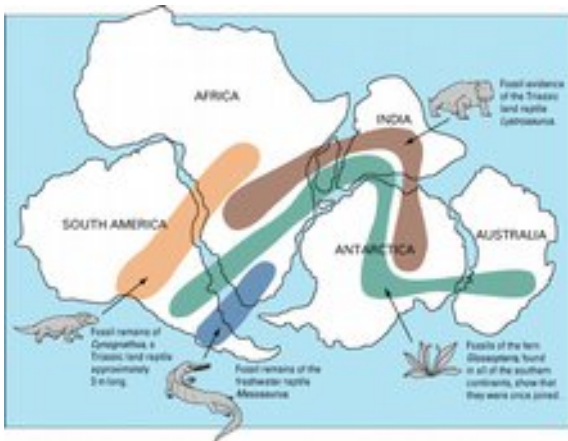
MAP OF THE WORLD ON AN EQUAL AREA PROJECTION



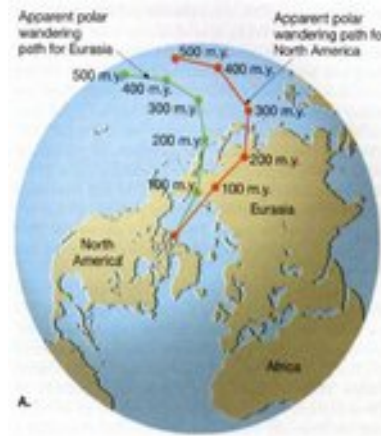
ORIGINS OF EARTHQUAKES FROM 1913—1930 INCLUSIVE.

A Tectônica de Placas Litosféricas

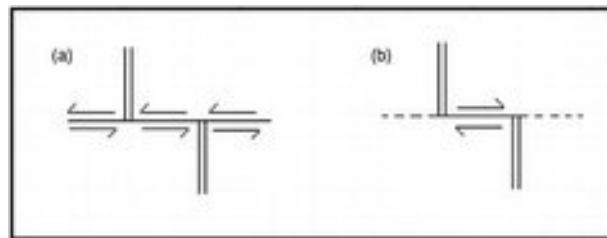
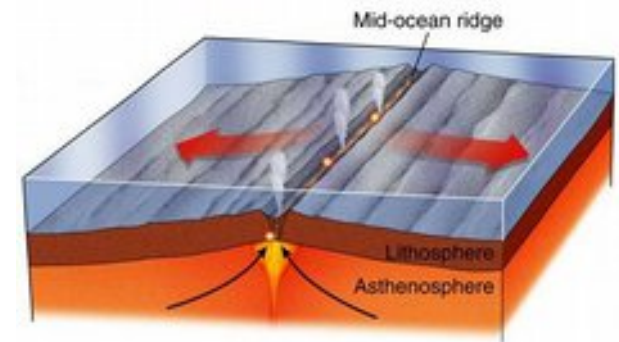
Wegener, 1912



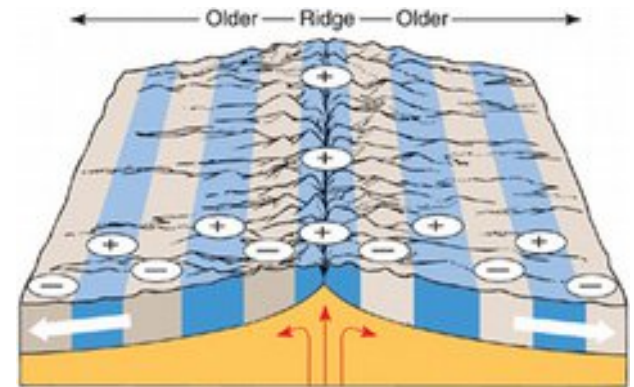
Reconstrução dos Polos, 1956



Vales centrais assoc. c/ terremotos

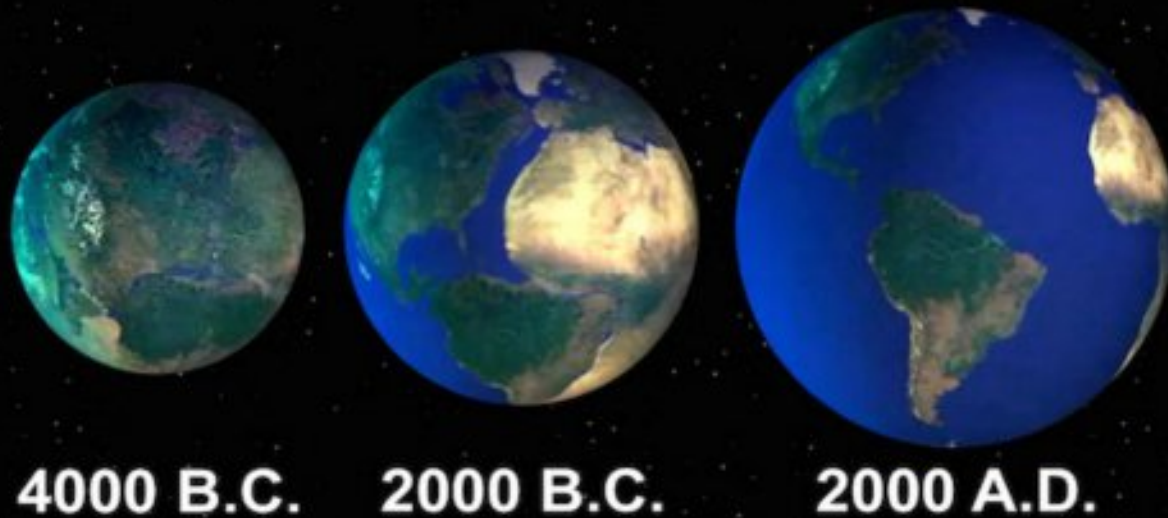


Determinação das zonas de fratura e mapeamento pelos terremotos



Padrões Magnéticos Zebrados

Conclusão:
A terra esta expandindooooo



A Tectônica de Placas Litosféricas

- A descoberta de onde o material criado nas dorsais era consumido só veio depois do grande terremoto do Alasca, em 1964
- (Vídeo).
- Segundo maior terremoto do mundo:
Mag 9.2 Mw
- Tempo de recorrência neste região é de 630 anos !!



Finalmente em 1968

(100 anos depois das primeiras ideias)

- Plafker (USGS) conseguiu explicar o terremoto do Alasca usando a nova teoria já em desenvolvimento;
- Dan McKenzie e Robert Parker em 1967 mostraram que a velocidade e direção de convergência das placas eram consistentes e,
- Finalmente em 1968, Brian Isacks, Jack Oliver, and Lynn Sykes consolidaram as ideias em um trabalho intitulado “Seismology and the new global tectonics”

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH

VOL. 73, No. 18, SEPTEMBER 15, 1968

Seismology and the New Global Tectonics¹

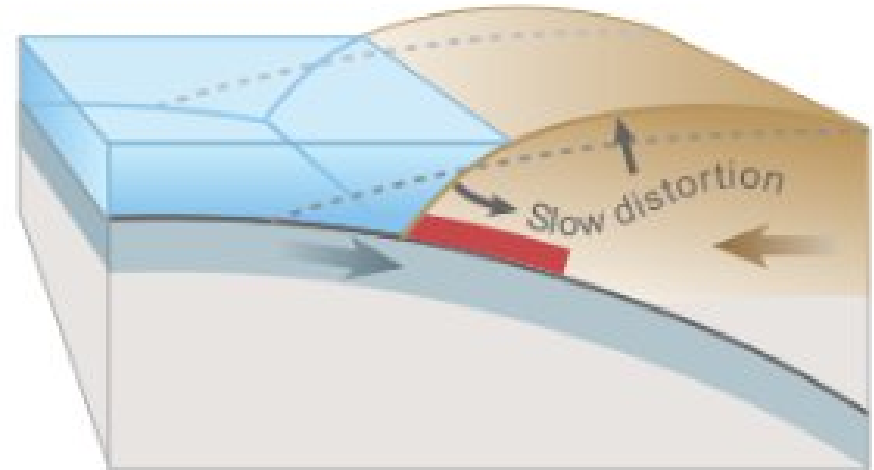
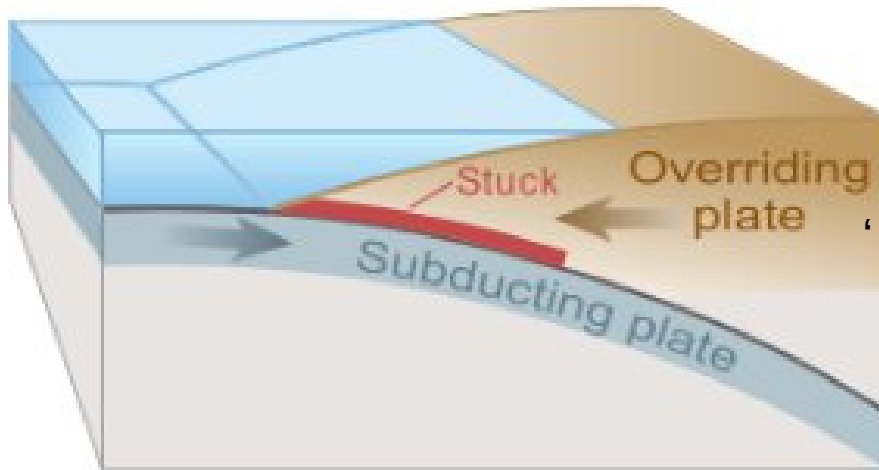
BRYAN ISACKS AND JACK OLIVER

Lamont Geological Observatory, Columbia University, Palisades, New York 10964

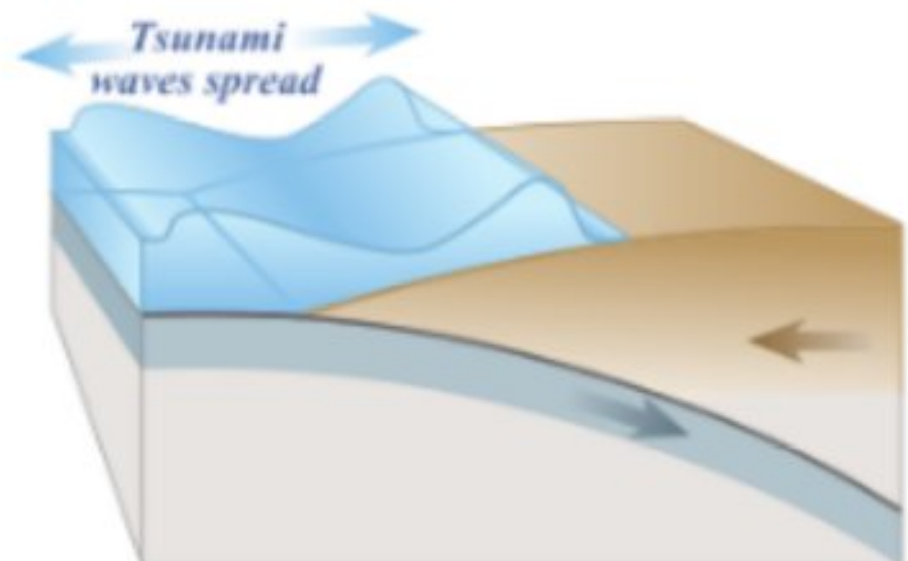
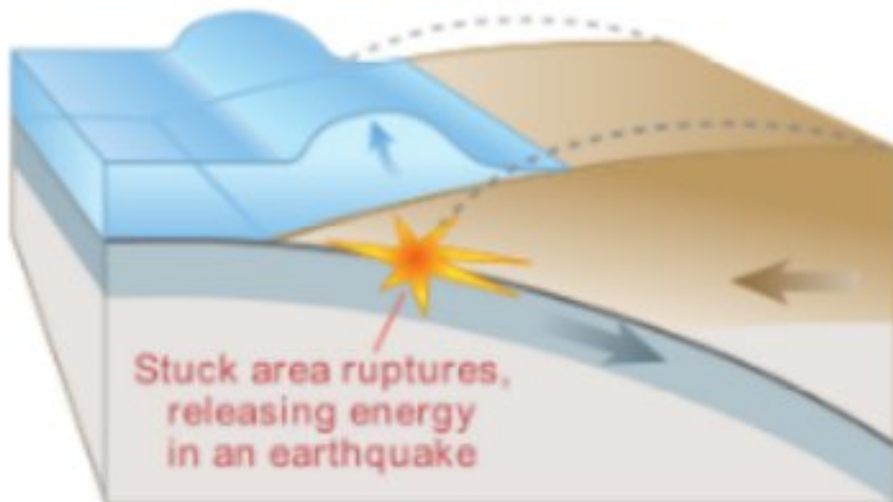
LYNN R. SYKES²

*Earth Sciences Laboratories, ESSA
Lamont Geological Observatory, Columbia University, Palisades, New York 10964*

Mega-Thrust Earthquake



Tsunami starts during earthquake



Tsunamis



- Como os tsunamis são diferentes de ondas no mar ?

Fenômenos / Mecanismos diferentes

Maré

Tsunami

Ondas
do
Mar

Fenômenos / Mecanismos diferentes

Maré



Tsunami

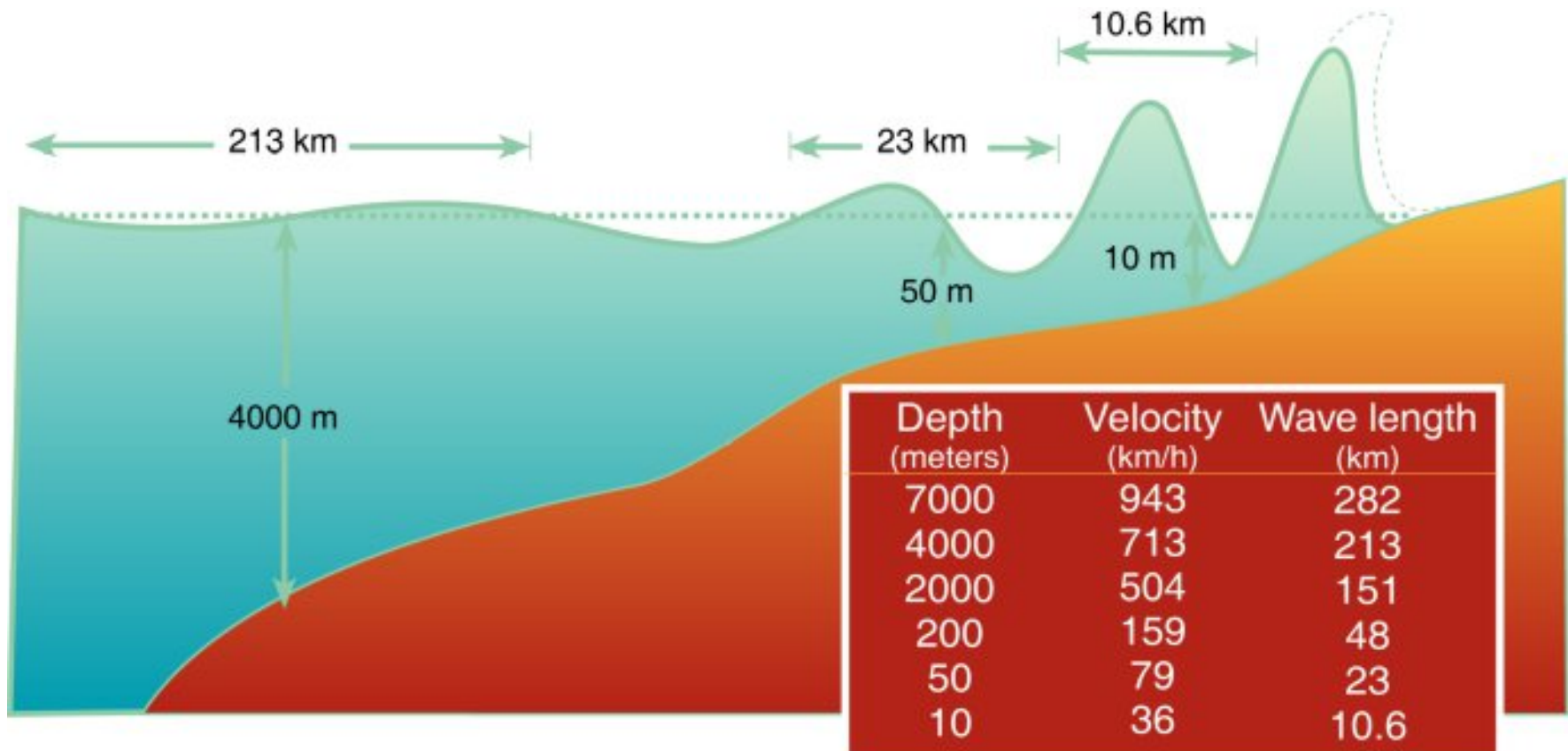


Ondas do Mar

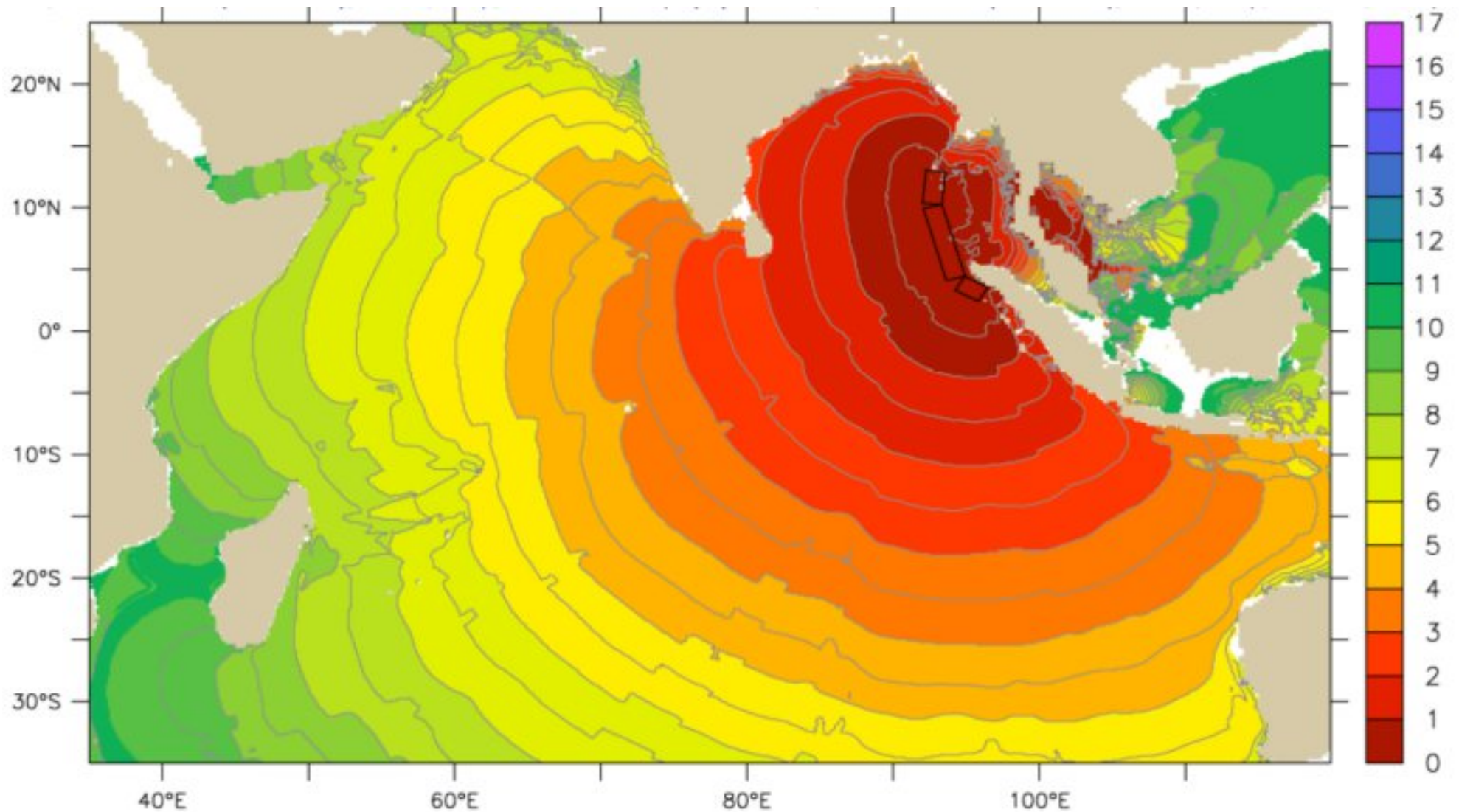


Velocidade de propagação

- Velocidade de propagação vs Comprimento de onda



Tempo de propagação em horas p/ o terremoto “Box day”



Tsunami do Japão

- Parte I: A destruição
 - [Vídeo](#)
- Parte II: A propagação
 - [Vídeo](#)
- Parte III: O Sistema de Alerta
 - [Vídeo](#)

Tsunami no Brasil ?



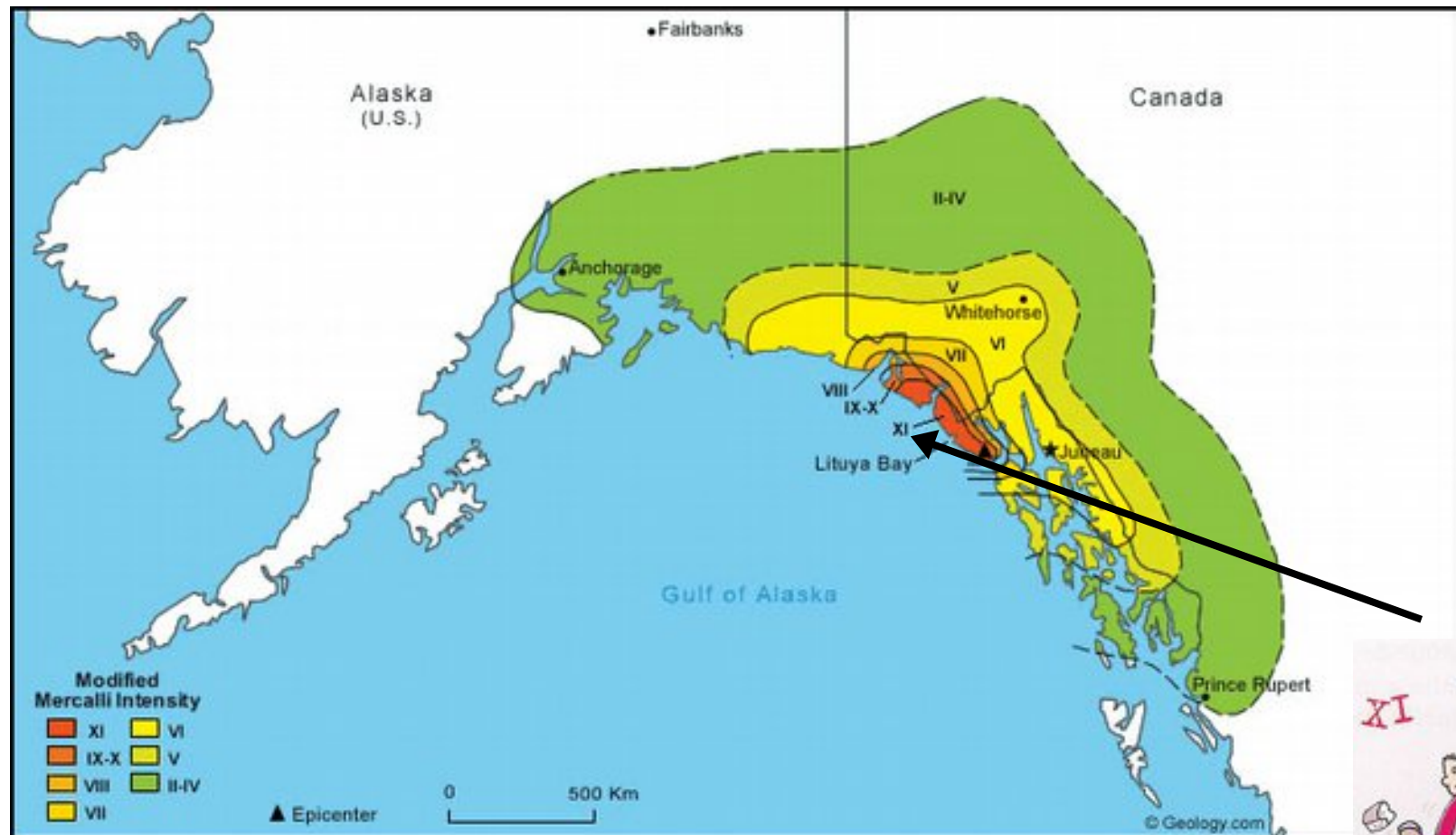
Vídeo Veloso

Lithuania Bay - Alasca

Mega-Tsunami



Terremoto de 9 July de 1958, M 7.7



Vista da baía



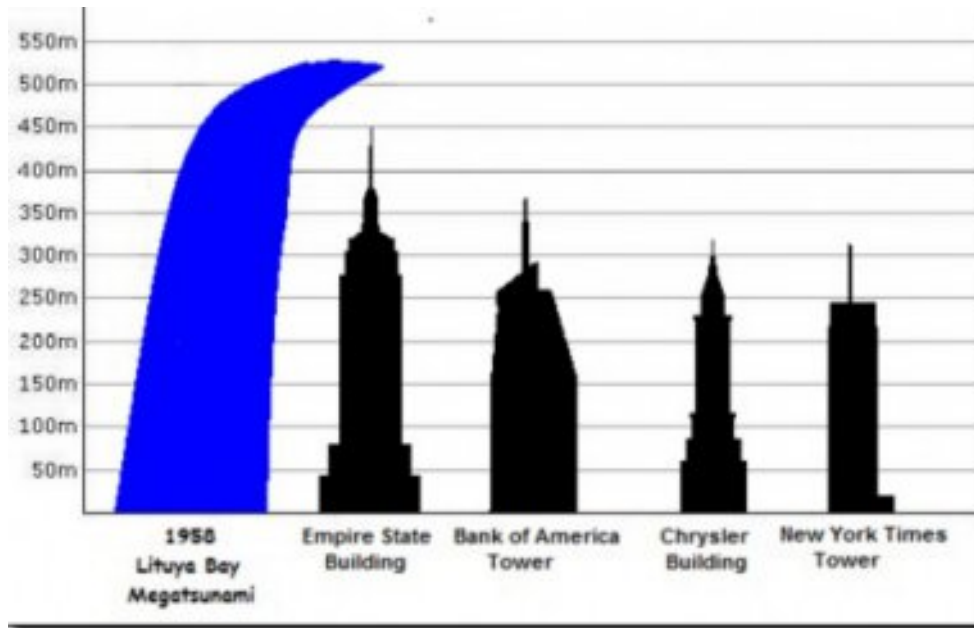
30 Milhões de metro cúbicos de
uma altura de 900m



Enquanto isso, a 524 m de altura !



Resultado

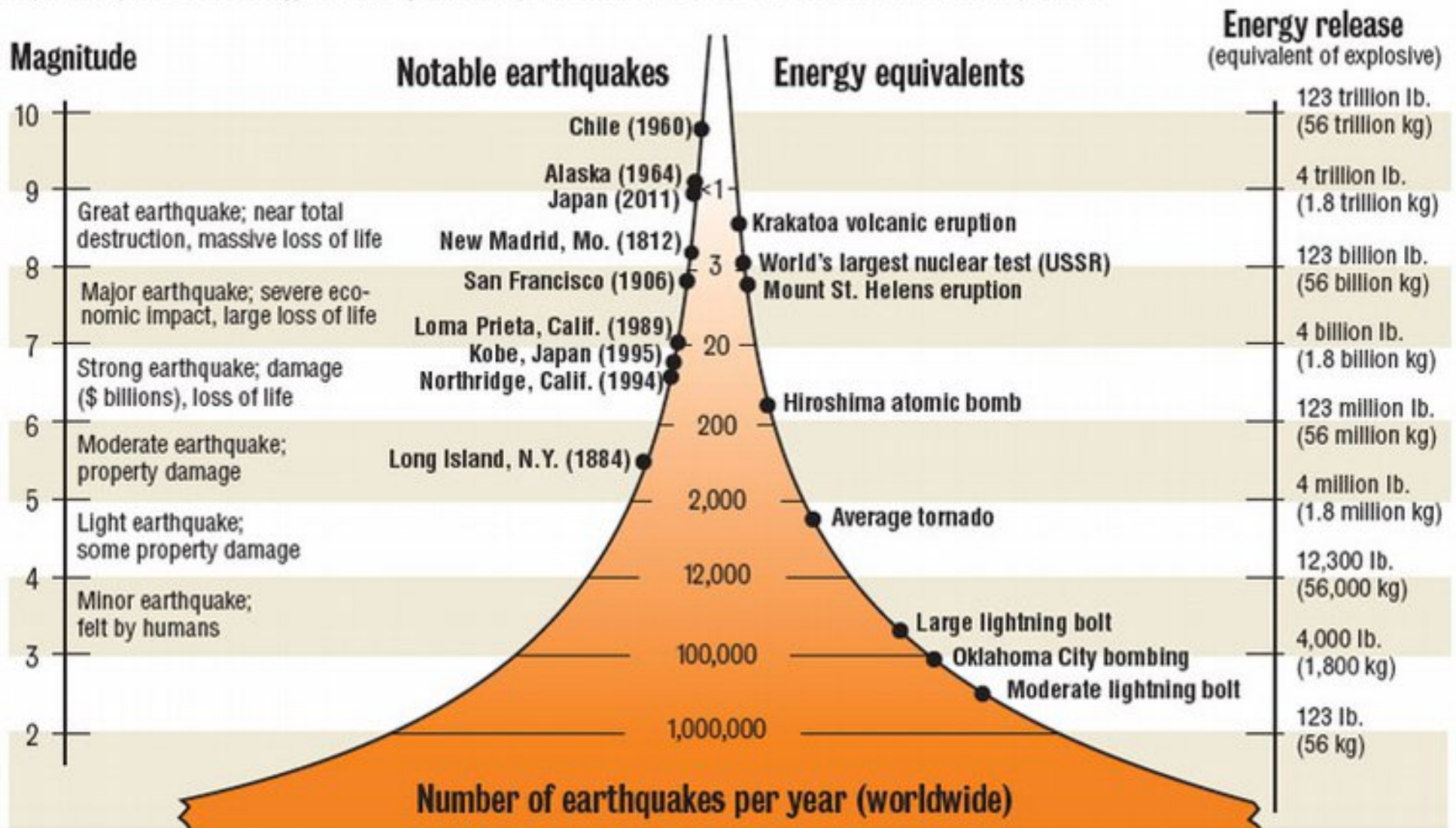


- O mega tsunami assim da baía de Lituya abre a imaginação dos produtores de filmes, mas que de certa forma não pode ser descartado, mas que também não é o esperado !

Um tsunami diferente

- 1883, a ilha de JAVA foi devastada por um tsunami com até 43 m de altura
- O tsunami, foi resultado de uma das maiores explosões de um vulcão
- **O Krakatoa.**





Source: U.S. Geological Survey

MCT

Mandando tudo para o Ar



- O Krakatoa, em 1883 mandou 70 % da sua ilha para o ar !
- Ocorreram mais de 30.000 mortes !



1997

2017, 2007-12, 2001, 2000, 1999, 1997, 1996, 1994-95, 1992-93, 1988, 1981, 1980, 1979, 1978, 1975, 1972-73, 1969?, 1965?, 1959-63, 1958-59, 1955, 1953, 1952, 1950, 1949, 1946-47, 1946, 1945, 1944, 1943, 1942, 1941, 1938-40, 1937, 1936, 1935, 1932-34, 1931-32, 1927-30, 1883, 1680-81, 1550, 1350, 1150, 1050, 950, 850, 416, 250

Tipos de Vulcões



Guatemala
Stratovolcanos
Estratovulcões



Islândia
Shieldvolcanos
Vulcão-escudo

Tipos de Erupções



Explosivas



Efusivas

Tipos de Rochas

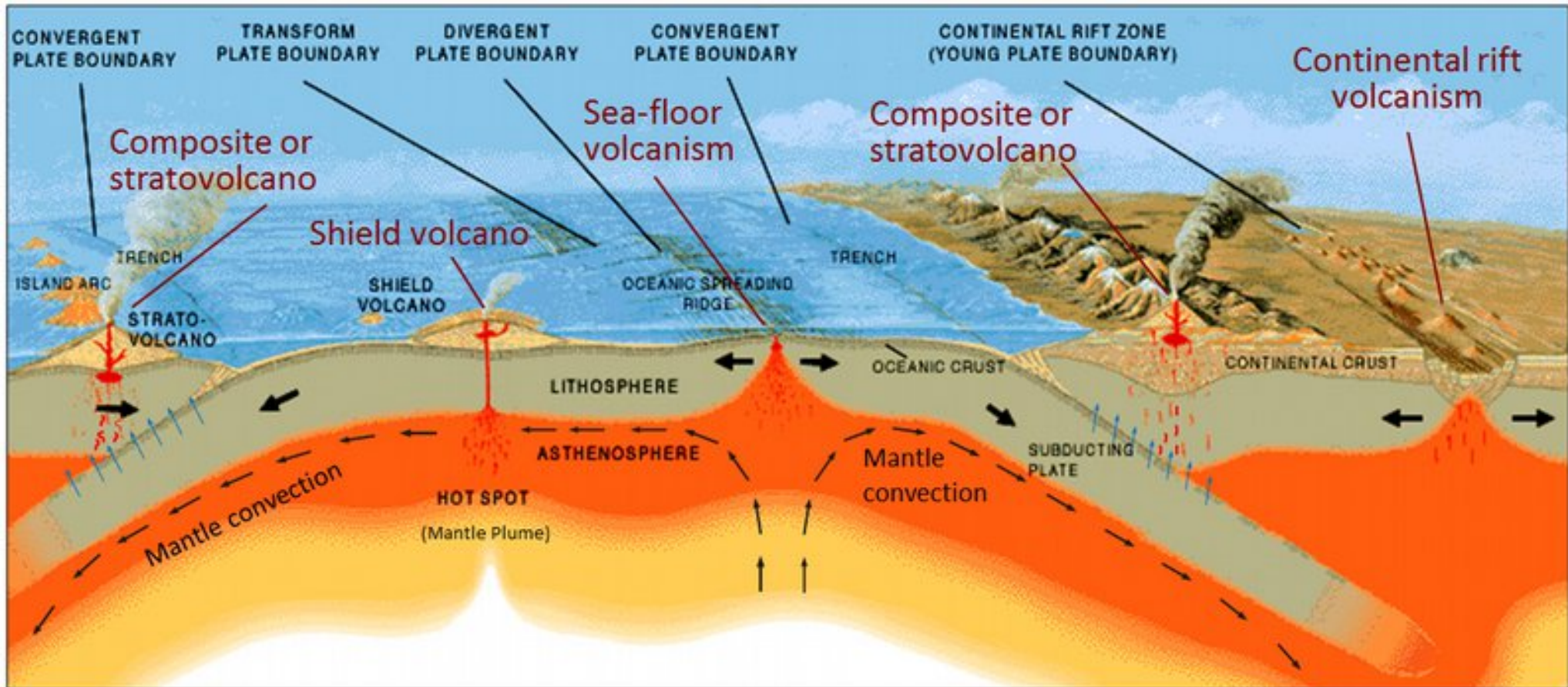


Andesitos



Basaltos

Cada um no seu lugar ou quase ...



Vesúvio



- Como visto a 30 km de distância !

- Local: Império Romano
- Nome: Vesúvio
- Ano: 79dc
- Cidade: Pompeia



A erupção

- Foi documentada por Plínio “Novo” & Plínio “Velho” (Tio e sobrinho),
- Foi a primeira erupção documentada da história,
- O número de mortos é estimado em torno de 3.000 mas o número é muito incerto.



Erupção do Vesúvio em 1729

Monte Vesúvio recente



Ameaça & Risco



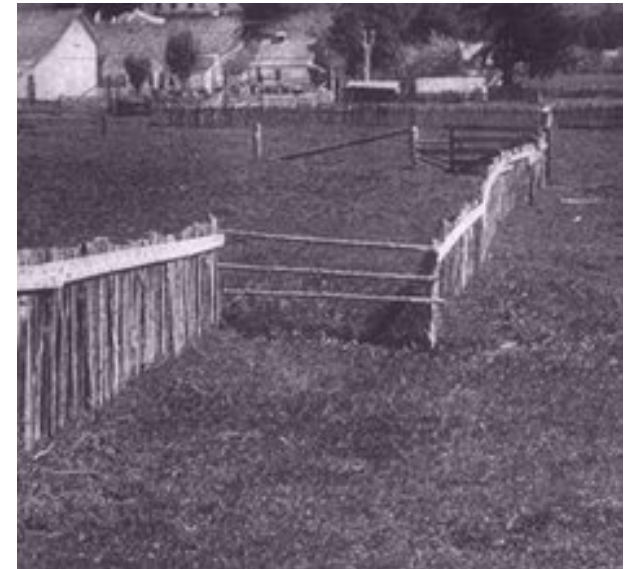
Medir a ameaça



México
2015



Japão
1854



São Francisco
1908

Calcular os riscos



- Quantificar a Ameaça – Perigo Natural
- Envolve conhecer a população
- Considerar a sua exposição (vulnerabilidade) a ameaça
- Estimar então as probabilidade de uma determinada ameaça que ocorre com uma certa probabilidade causar um desastre natural

20 Maiores terremotos do mundo

Ano	Local	Magnitude	Ano	Local	Magnitude
1960	Chile	9,5	2005	Sumatra / Nias	8,6
1964	Alaska	9,4	1957	Aleutas	8,6
2004	Sumatra	9,1	1946	Alaska	8,6
2011	Tohoku	9,1	1938	Banda Sea	8,5
1952	Kamchatka	9,0	1922	Chile/Atacama	8,5
2010	Maule	8,8	1963	Kuril	8,5
1906	Ecuador	8,8	1923	Kamchatka	8,4
1965	Aleutas	8,7	2007	Sumatra	8,4
1950	Tibet	8,6	2001	Arequipa	8,4
2012	Sumatra	8,6	1933	Japão	8,4

Top 10: Terremotos que mais causaram mortes

Date	Location	Deaths	Magnitude
1976-07-27	Tangshan, China	255.000	7,5
2004-12-26	Sumatra	227.898	9,1
2010-01-12	Haiti	222.521	7,0
1920-12-16	Haiyuan, Ningxia (Ning-hsia), China	200.000	7,8
1923-09-01	Kanto (Kwanto), Japan	142.800	7,9
1948-10-05	Ashgabat (Ashkhabad), Turkmenistan	110.000	7,3
2008-05-12	Eastern Sichuan, China	87.587	7,9
2005-10-08	Pakistan	86.000	7,6
1908-12-28	Messina, Italy	72.000	7,2
1970-05-31	Chimbote, Peru	70.000	7,9
1927-05-22	Gulang, Gansu (Kansu), China	40.900	7,6

Mortes por erupção vulcânica

Erupção	Ano	Casualidades	Causa
Tambora, Indonesia	1815	92.000	Starvation
Krakatau, Indonesia	1883	36.000	Tsunami
Mont Pelée, Martinique	1902	30.000	Pyroclastic flows
Nevado del Ruiz, Colombia	1985	25.000	Mudflows
Unzendake, Japan	1792	15.000	Volcano collapse, Tsunami
Kelut, Indonesia	1586	10.000	-
Lakagigar (Laki), Iceland	1783	9.000	Starvation
Vesuvius, Italy	79	3.360	Pyroclastic flows

Top 10: Mortes por Tsunamis

YEAR	COUNTRY	WATER H.	DEATHS
1737	INDIA	-	300.000
2004	INDONESIA	50,9	167.540
1883	INDONESIA	30,0	36.000
2004	SRI LANKA	12,5	35.322
1755	PORTUGAL	-	33.000
1755	PORTUGAL	15,2	30.000
1498	JAPAN	-	26.000
1896	JAPAN	-	18.158
2004	INDIA	12,0	16.269
1771	JAPAN	85,4	13.486



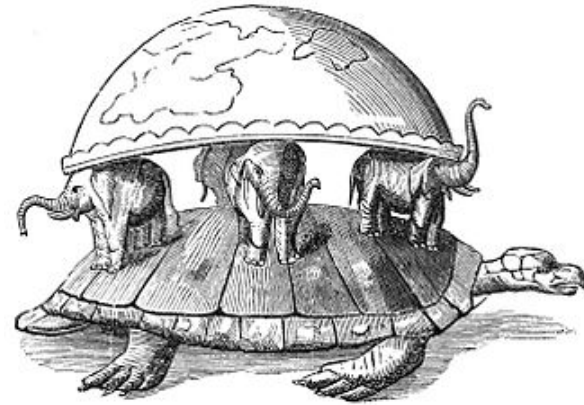
Obrigado !

20 Maiores terremotos do mundo



Terremotos

- São parte da história da humanidade mas realmente só foram compreendidos no meio do século XVIII.
- Para as civilizações antigas, os terremotos podiam ser explicados por criaturas gigantes que fazem parte da criação do universo ou a ação dos deuses.



Terra p/ os Hindus



Poseidon

Marcas de um tragédia



- Colunas caídas na cidade de Hippos/Sussita (Israel), próximo ao mar da Galiléia, derrubadas por um terremoto mag 7.5 no Mar Vermelho, 749dc.
- Estima-se que milhares de pessoas tenham morrido neste evento.

Medindo os terremotos

- As tentativas de se medir os terremotos iniciaram-se muito antes de se tentar compreender o fenômeno.
- Este equipamento chinês, ~200dc mostra que mesmo sem compreender o fenômeno algumas culturas já tentavam quantificá-lo



Rocha na ilha de Santiago, Atlântico, 150 m acima do nível do mar



Vulcão “Fogo” em frente a ilha de Santiago ! Frente ao matacão observado.

