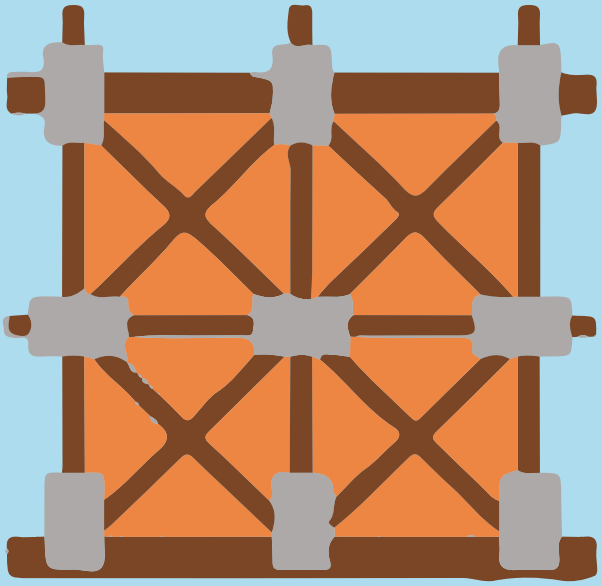
CIÊNCIA VIVA | PAVILHÃO DO CONHECIMENTO
CENTRO CIÊNCIA VIVA

IBM

teachers try science



ESTRUTURAS À PROVA DE SISMOS

Área	• Estruturas antissísmicas
Palavras-chave	• Portugal • Sismo • Estruturas • Equilíbrio • Carga
Tempo estimado	• 3 horas
Enquadramento curricular	3.º Ciclo do Ensino Básico 7.º ano › Ciências Naturais – Terra em transformação
Objetivos	No decorrer da atividade, os alunos irão aprender a: • Identificar quais as características dos materiais de construção que funcionam melhor numa estrutura antissísmica; • Compreender que as formas têm impacto na estrutura; • Reconhecer a existência de normas de segurança nas construções de estruturas.

O abalo sísmico que conhecemos como o Terramoto de 1755 é considerado, por muitos, como o maior sismo de que há notícia histórica. Lisboa, sendo das cidades mais atingidas, deu-lhe o nome, mas o abalo foi sentido com violência também no Algarve, no Sul de Espanha e em Marrocos. Sem causar prejuízos, sentiu-se em toda a Europa, nos Açores e na Madeira. A Norte de Lisboa, a intensidade foi menor, embora registando-se danos em Alenquer, Torres Vedras e Óbidos.

Relato do terramoto de 1 de novembro 1755

(…) Eu vivia numa casa próxima do centro da cidade, numa pequena elevação no sopé da colina para o seu lado oriental. A casa tinha quatro andares, contando com o piso térreo, dos quais os dois mais altos, como é habitual nesta cidade, serviam para a acomodação da nossa família, estando os inferiores destinados ao negócio, estábulo, etc. O meu quarto ficava no terceiro andar e era um dos dois mais exteriores, junto à rua, de sete quartos que existiam nesse andar. Aí estava sentado no primeiro dia do corrente mês, por volta da 10 horas da manhã (fazia um tempo sereno e o céu não tinha uma nuvem), quando senti a casa começar a tremer com suavidade, aumentando com um barulho precipitado, como o som de carruagens conduzidas com violência a alguma distância; e foi isso o que de início imaginei ser a causa do barulho e tremor que ouvia e sentia. Mas ao aumentarem ambos gradualmente e ao observar os quadros no meu quarto a bater contra as paredes, levantei-me e percebi logo que era um terramoto; e nunca tendo antes sentido o seu tremor, fiquei um bocado a observar as suas convulsões com muita serenidade; até que, por causa do tremer, julguei que o quarto começasse a ondular, o que me fez correr para um outro interior, mais para o centro da casa; mas, nessa altura, o movimento era tão violento que eu me mantinha em pé com dificuldade. Toda a casa rachava à minha volta, as telhas chocalhavam lá no cimo; as paredes despedaçavam-se por todos os lados; as portas de uma estante bastante grande que havia no meu quarto, e que estavam fechadas à chave, abriram-se violentamente e os livros caíram das prateleiras, mas eu já estava no quarto contíguo; e ouvi aterrorizado a queda das casas à volta e os gritos e choros de pessoas vindos de todos os lados (…).

Judite Nozes (org.), O Terramoto de 1755, Testemunhos Britânicos, Lisboa, Lisóptima Edições, 1990, p. 41

Um sismo ou um tremor de terra é um movimento do solo caracterizado por oscilações em três dimensões. Os efeitos deste movimento em edifícios podem ser significativos. Os sismos provocam movimentos muito rápidos nos edifícios. A massa do edifício multiplicada pela aceleração provocada pelo sismo produz forças enormes, de acordo com a 2.ª Lei de Newton (força = massa x aceleração). Como os edificios, e outras estruturas, são projetadas para suportar o seu peso próprio, conseguem normalmente resistir às forças verticais adicionais provocadas pelos movimentos verticais do sismo. As forças horizontais são frequentemente subestimadas ou ignoradas durante a fase de projeto, pelo que os edifícios podem colapsar quando sujeitos a um sismo.

Por razões económicas e práticas, os edifícios antissísmicos precisam de ter níveis apropriados de resistência sísmica. Mesmo o sismo mais forte não deve provocar o colapso do edifício, apesar de ser aceitável um certo nível de danos. Um sismo fraco, por outro lado, não deve provocar nem pequenos danos, tais como fendas reparáveis. O projeto de um edifício antissísmico deve também ter em conta a sua importância e a sua função: um hospital, uma barragem, central nuclear ou um quartel de bombeiros, por exemplo, deve ficar operacional mesmo após a ocorrência de um sismo de intensidade máxima. Apesar da enorme evolução na modelação e na simulação da resposta de edifícios aos sismos apoiada em meios informáticos, a avaliação experimental ainda é uma parte importante do desenvolvimento de edifícios antissísmicos. Os engenheiros usam modelos em escala reduzida ou em dimensões reais para investigar a resposta da estrutura a um sismo: qual o nível de segurança do edifício durante um sismo e como poderá ser melhorado?

Existem, atualmente, duas técnicas experimentais complementares para simular o efeito de um sismo numa estrutura: uma baseada na plataforma sísmica e a outra no muro de reação. Uma plataforma simula um sismo através da produção de vibrações em uma, duas ou três dimensões. O edifício de teste – normalmente um modelo a escala reduzida – é colocado na plataforma sísmica e sujeito ao "sismo", sendo o efeito registado:

- O edifício cai?
- Aparecem fendas nas paredes?
- Qual o padrão de ocorrência dos danos?
- Quanto tempo consegue o edifício resistir ao sismo?

A desvantagem desta simulação é que não pode ser interrompida a meio do "sismo". Apenas os danos finais podem ser avaliados.

O muro de reação, pelo contrário, permite o teste de edifícios de tamanho real. O edifício é colocado na base rígida do sistema e braços hidráulicos ligados ao muro de reação exercem uma pressão no edifício, correspondente a um sismo. O sismo pode simulado em câmara lenta – um sismo real que dura apenas alguns segundos pode levar horas a simular. Isto permite acompanhar com pormenor os danos sofridos pelo edifício. O teste pode ser interrompido para os engenheiros verificarem o edifício com mais cuidado ou para evitar que ele colapse totalmente. Os sensores registam os efeitos do sismo no edifício, incluindo a deformação, a tensão, as inclinações e a força.

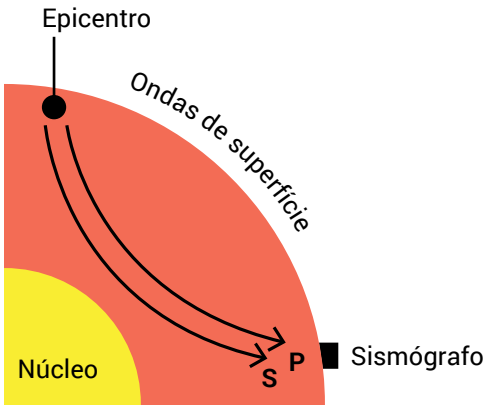
Tal como pode ser demonstrado experimentalmente, os danos prováveis provocados por um sismo num edifício (a sua vulnerabilidade sísmica), podem ser reduzidos de várias formas. Uma forma é separar o edifício do solo, fazendo com que as vibrações provocadas pelo sismo não sejam transmitidas ao edifício.

O isolamento da base, por exemplo, envolve a introdução de um sistema de deslizamento entre a fundação e a parte inferior do edifício. Outra abordagem é concentrar os danos em zonas pré-definidas da estrutura: isto permite a dissipação da energia do sismo e impede um comportamento imprevisto. Por exemplo, se forem introduzidos elementos metálicos na ligação entre vigas e pilares, estas peças serão deformadas durante o sismo, em vez do próprio edifício.

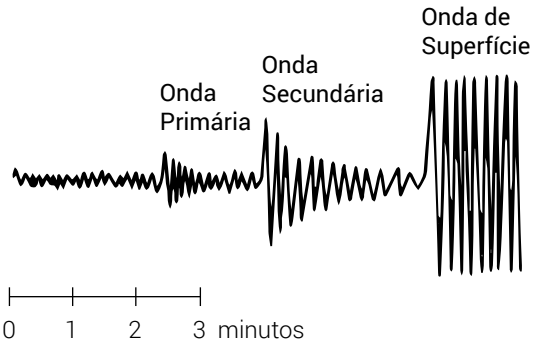
A fase de projeto de um edifício é extremamente importante. Estruturas regulares, por exemplo, são mais resistentes aos sismos do que as irregulares, porque estão menos sujeitas a efeitos de torção e, consequentemente, a tensões localizadas e a deformações. As paredes devem estar bem ligadas entre si e aos pisos, tornando a casa resistente ao sismo como um todo (diz-se que a estrutura apresenta "comportamento de caixa").

Em casas de alvenaria mais antigas, a inserção de tirantes a nível do piso liga entre si as paredes estruturais e o piso, passando a funcionar como um elemento único, partilhando deformações e tensões. Isto melhora a capacidade de dissipação de energia global do edifício. Em edifícios novos, os elementos de betão podem ser firmemente amarrados entre si através de "estribos de confinamento". Isto melhora de forma significativa a resistência sísmica do edifício com um custo não significativo.

Dispositivos antissísmicos são importantes não apenas para salvar vidas mas, também, para proteger a nossa herança cultural.



As ondas sísmicas geradas no epicentro de um terremoto viajam pela superfície da Terra, chegando a um sismógrafo longe da origem do terramoto.
P – ondas sísmicas primárias
S – ondas sísmicas secundárias



As ondas primárias, secundárias e de superfície viajam em velocidades e meios diferentes, e chegam ao sismógrafo em diferentes momentos. As ondas de superfície resultam do encontro das ondas P e S e são as mais destrutivas.

As ondas sísmicas classificam-se de acordo com o modo como as partículas oscilam em relação à direção de propagação. Os dados obtidos nas estações sismológicas de todo o mundo permitem conhecer as velocidades de propagação das ondas sísmicas assim como a profundidade a que se encontram.

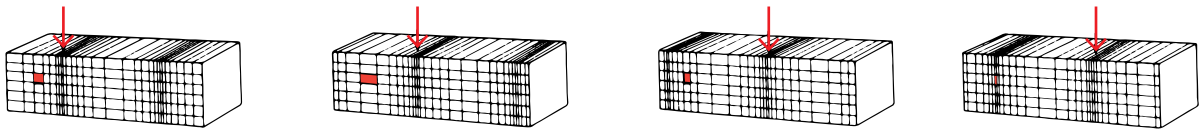
Existem dois tipos principais de ondas sísmicas:

- Ondas profundas ou de volume
  Propagam-se no interior do planeta. Estas ondas atingem uma superfície muito longe do epicentro, sendo submetidas a reflexões e refrações devido a diferentes propriedades dos materiais.

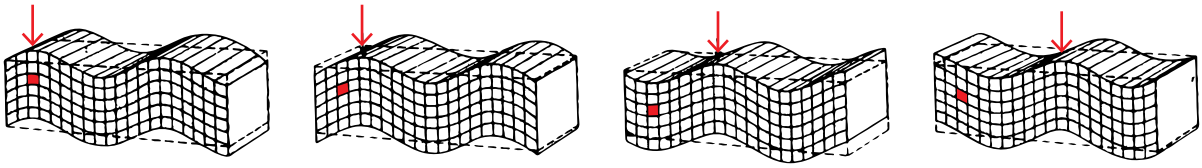
- Ondas superficiais
  Quando atingem a superfície onde se propagam.

As ondas profundas podem atingir uma superfície muito longe do epicentro sendo submetidas a reflexões e refrações devido às diferentes propriedades dos materiais. Estas podem-se dividir em:

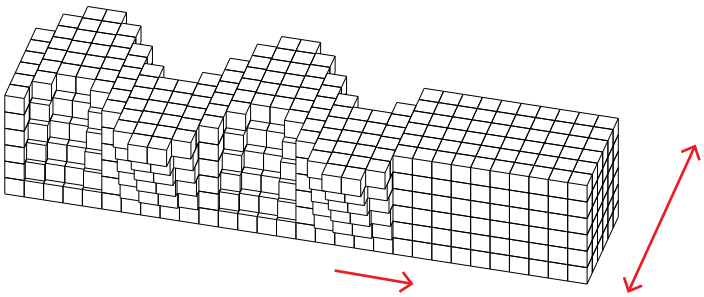
- Ondas P, primárias, longitudinais ou de compressão
  São as primeiras a serem registadas, logo são as de maior velocidade. As partículas dos materiais rochosos vibram paralelamente à direção de propagação (para a frente e para trás) como se se comprimissem e depois se distendessem voltando à posição inicial. Há alteração do volume do material. São ondas de pequena amplitude e propagam-se em todos os meios sólidos, líquidos e gasosos. Fazem o solo tremer e podem causar danos nos edifícios. Na superfície podem ser ouvidas como um trovão distante.



- Ondas S, secundárias ou transversais
  Estas ondas propagam-se com menor velocidade do que as ondas P, daí serem as segundas a serem registadas, as partículas dos materiais rochosos vibram perpendicularmente à direção de propagação da onda (para cima e para baixo) mantendo o seu volume mas alterando a sua forma. São de baixa amplitude e propagam-se em meios sólidos. Fazem o solo tremer e podem causar danos nos edifícios.



- Ondas superficiais, L ou longas,
  Propagam-se ao longo da superfície do planeta e resultam de interferência de ondas de tipo P do tipo S. São as responsáveis pela maior parte das destruições quando ocorre um terramoto.



Podem ser de dois tipos:

- Ondas de Love
  São mais rápidas que as ondas de Rayleigh, logo menos destrutivas. As partículas dos materiais rochosos vibram horizontalmente segundo movimentos de torção. Resultam da interferência com as ondas do tipo S e apenas se propagam em meios sólidos.

- Ondas de Rayleigh
  As partículas dos materiais rochosos vibram segundo um movimento elíptico num plano perpendicular à direção de propagação, provocando no solo ondulações semelhantes às ondas marinhas. Resultam da interferência entre as ondas P e S e propagam-se em meios sólidos e líquidos.

CURIOSIDADES

Um sismo em Lisboa poderá ter um custo de 38 mil milhões. Este cenário é considerado de baixa probabilidade, mas seria aquele que causaria maior prejuízo em Lisboa. A perda potencial na produção de riqueza em Lisboa está avaliada em mais de 1000 milhões de dólares, sensivelmentemais de 863 milhões de euros. Este valor resulta do cálculo de 22 riscos sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e constado Lloyd's City Risk Index, que fez esta análise às 279 cidades mais importantes do mundo, contando com a parceria da Universidade de Cambridge. O relatório aponta o crash dos mercados financeiros como a maior ameaça potencial, que custaria à economia lisboeta 475M€. Numa escala inferior, seguem-se as inundações, os ataques cibernéticos, as pandemias humanas e um choque nos preços das matérias-primas. É ainda mencionado o risco de terramato. Embora com uma probabilidade baixa, «a concretizar-se num cenário extremo» poderia implicar custos de 37,82M€. A nível global, os vários riscos implicam uma perda potencial de 472 mil milhões de euros, com a mão humana a ser responsável por 59% das perdas. As alterações climáticas poderão custar 106 mil milhões de euros.

MATERIAIS

- Ficha do aluno
- Fotografias de impactos recentes de um sismo e de um tsunami
- Fotografias de estruturas que toleraram/suportaram milhares de anos (Hagia Sophia e Machu Picchu, imagens de algumas zonas de Lisboa)
- Fita métrica
- Escovilhão
- Cubos de açúcar
- Pau de gelado
- Marshmallows
- Pastilhas
- Barro
- Areia
- Cascalho
- Terra

PROCEDIMENTO

1. Visualizar um filme de sismos em vários pontos do globo. (https://www.youtube.com/results?search_query=esrthquake+around+the+world);

2. Explicar aos alunos que foram contratados para uma equipa de engenheiros, arquitetos e cientistas de modo a reconstruir as estruturas que ficaram destruídas pelo sismo, seguido de tsunami que atingiu Portugal. As equipas terão de construir uma estrutura com pelo menos 15 cm de altura, 3 pisos com, pelo menos, 3 cm cada e que suporte 50 gramas;

3. Dividir a turma em 2 ou 3 grupos;

4. Distribuir a Ficha do Aluno;

5. Explicar que podem escolher um conjunto de materiais de cada categoria:
   · Alicerces: areia, terra ou cascalho;
   · Juntas: marshmallows, barro ou pastilhas;
   · Estrutura: cubos de açúcar (cimento), escovilhões ou paus de gelado;

6. Debater, em grupo, que materiais pensam ser os mais adequados para usar;

7. Escolher os materiais de construção;

8. Perguntar aos alunos: por que razão o vosso grupo escolheu esses materiais?

9. Dar tempo aos alunos para esclarecer que o tipo de materiais usados pode ter impacto na estrutura (segurança e altura);

10. Incluir uma análise sobre elasticidade e compressão (opcional);

11. Fazer um esboço da estrutura planeada;

12. Partilhar os planos com os outros alunos da turma questionando:
    · Sabem explicar por que razão é necessário projetar?
    · Pensam mudar o plano durante a construção?
    ·Acham que os engenheiros fazem o mesmo? Porquê?

13. A estrutura deve suportar um abalo sísmico provocado pelo impacto de um saco de 50 kg atirado de uma altura de 1,5 metros, e a 20 centímetros de distância;

14. Após a passagem do sismo, os alunos devem enquadrá-lo na escala de Mercalli.

O epicentro do sismo será no local onde cairá o saco largado pelo(a) professor(a) e o hipocentro será no local diametralmente oposto à altura do lançamento.

RECURSOS

• Ficha do aluno

RECURSOS EXTERNOS

https://www.teacherstryscience.org/lp/designing-structures-withstand-earthquake

https://www.quora.com/Which-seismic-wave-is-the-most-dangerous-Why

https://www.youtube.com/watch?v=CpJXxhgNm8I

http://www.futureng.pt/lsf-sismos

http://www.prociv.pt

http://www.ipma.pt/pt/

http://www.civil.ist.utl.pt/~mlopes/conteudos/SISMOS/SPES_Legisla%C3%A7ao_Reabilita%C3%A7ao_2012.pdf

http://www.flad.pt/wp-content/uploads/2014/05/livro27.pdf

http://www.civil.ist.utl.pt/~mlopes/conteudos/SISMOS/SPES_Legislaçao_Reabilitaçao_2012.pdf

CRÉDITOS

Esta atividade foi originalmente criada por K. Vannata, disponibilizada na plataforma *Teachers Try Science* e daptada pela Ciênca Viva.