

ENGENHEIROS DE TORRES

Tipologia de atividade	Atividade de exploração
Nível de ensino	1.º Ciclo do Ensino Básico 2.º Ciclo do Ensino Básico 3.º Ciclo do Ensino Básico
Áreas disciplinares	Engenharia civil Física
Áreas temáticas	Engenharia, força, gravidade, propriedades dos materiais STEM
Duração	60 - 90 min

RESUMO

Neste desafio de engenharia, vamos utilizar um determinado número de materiais para construir uma torre de papel tão alta quanto possível, mas há uma reviravolta! A tua torre deve também suportar um objeto pesado, no topo, sem desabar.

Enquadramento curricular	<ul style="list-style-type: none">. Estudo do Meio - À descoberta dos materiais e objetos, À descoberta das interligações entre espaços, À descoberta das inter-relações entre a natureza e a sociedade. Educação Tecnológica. Educação Visual. Físico-química
Objetivos	<ul style="list-style-type: none">. Utilizar materiais limitados para construir uma torre que seja tão alta quanto possível e que consiga suportar um objeto pesado no topo.
Materiais	(para a construção) <ul style="list-style-type: none">. Papel (máximo 30 folhas por grupo). É permitido papel de impressão, de construção, gráfico e cadernos (tamanho carta ou A4). Não são permitidos papel de carta e jornal.. Fita adesiva (máximo um rolo por grupo), máximo 2,5 cm de largura. Fita-cola transparente (por exemplo, Scotch®), crepe e fita adesiva de pintor são permitidas. Fita de dupla face, fita adesiva

extra forte (cinzenta) ou de isolamento, e fita de embalagem (castanha/transparente larga) não são permitidas.

. Superfície dura e lisa, como uma mesa ou bancada

(Ferramentas)

. Tesoura

. Régua

. Lápis

. Fita métrica

. Cronómetro

. Lata de conserva fechada, com ca. 400 - 450 g. Não são permitidos frascos de vidro por razões de segurança.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, os engenheiros criaram uma grande variedade de torres de observação, de diferentes formas e tamanhos. Ao contrário dos edifícios e arranha-céus normais, que normalmente têm divisões/quartos (escritórios, apartamentos, etc.) em cada andar, as torres de observação podem ter uma estrutura maioritariamente "oca" com um convés/plataforma de observação no topo. Outras estruturas semelhantes que têm uma estrutura oca com uma carga pesada no topo podem incluir torres de água (depósitos de água) e torres de rádio.

O objetivo do desafio lançado nesta atividade é construir a torre mais alta possível usando apenas papel e fita adesiva, mas a torre deve também suportar uma lata de conserva no topo.

É pouco provável que a tua torre funcione na perfeição logo na primeira tentativa - pode até mesmo desabar! Explorando a física e engenharia das torres, poderá ser preciso fazer retoques, testar e afinar a tua construção várias vezes, para poder melhorá-la continuamente.

Ao longo da história da arquitectura, tem havido uma procura contínua de atingir as alturas. Milhares de trabalhadores trabalhavam nas pirâmides do antigo Egipto, nas catedrais da Europa e em inúmeras outras torres, todos empenhados em criar algo inspirador.

As pessoas constroem torres e arranha-céus principalmente porque são convenientes - é possível, por exemplo, criar muitos imóveis a partir de uma área de terreno relativamente pequena. Mas o ego e a grandeza desempenham por vezes um papel significativo no âmbito da construção, tal como acontecia em civilizações anteriores.

Até há relativamente pouco tempo, só podíamos pensar em chegar até determinada altura, depois de um certo ponto, simplesmente não era viável continuar a construir. No final do século XIX, as novas tecnologias redefiniram estes limites e de repente, era possível viver e trabalhar em torres colossais, a centenas de metros acima do solo.

QUESTIONAR

- . Consegues lembrar-te de exemplos de torres altas em todo o mundo? Como é que estas torres se mantêm de pé sem cair, apesar de serem muito altas e estreitas?
- . Como se pode construir uma torre se os únicos materiais de que se dispõe são papel e fita adesiva? Que desenho escolherias para criar a tua torre? O que farias com os pedaços de papel individuais?
- . Como podes certificar-te de que a tua torre pode suportar não só o seu próprio peso, mas também o peso adicional de uma lata de conserva?

EXPLORAR

Regras

- A torre só pode ser construída a partir de papel e fita adesiva. (Ver a lista de materiais permitidos. As ferramentas não podem ser utilizadas como elementos estruturais da torre.
- Não se pode utilizar mais de 30 folhas de papel.
- Não se pode utilizar mais do que um rolo de fita adesiva.
- A base da torre só pode ser colada à superfície horizontal sobre a qual assenta (chão, mesa, etc.). Não pode ser colada a mais nada (como a perna vertical de uma mesa ou de uma parede) ou apoiada por uma pessoa.
- É permitido vincar, dobrar, enrolar, cortar, etc. as folhas de papel.
- Se se cortar uma folha de papel ao meio e utilizar apenas metade da folha, esta continua a contar como uma folha inteira.
- A torre deve suportar uma lata de conserva (400-500 g) durante pelo menos 1 minuto sem colapsar. Não se pode tocar, modificar, ou reparar a torre durante este minuto.
- A lata deve descansar livremente sobre a torre e ser removível. Não pode ser colada à torre.

Desenho

Antes de começar a construir qualquer coisa, é uma boa ideia fazer um *brainstorming* de alguns desenhos diferentes. Tenta esboçar os teus desenhos em papel (papel usado para desenhos e esboços não conta para o total usado para construir a tua torre). Lembra-te de que há uma ideia importante a ter em mente: a tua pontuação depende tanto da altura da tua torre como da quantidade de papel que utilizas. Assim, é possível que uma torre mais baixa, que utilize menos papel, vença uma torre mais alta que utilize mais papel. No entanto, uma torre que utiliza menos papel pode ser mais fraca e ter mais dificuldade em suportar o peso da lata. Consegues criar uma torre que seja alta, leve e robusta?

Construir

Uma vez decidido um desenho/projecto, é tempo de começar a construir. Poderás querer praticar a construção de elementos individuais (por exemplo, vigas individuais ou ligações entre vigas) da tua torre antes de tentar construir logo a estrutura toda. Também podes querer testar a tua torre à medida que a vais construindo - por exemplo, pressionando suavemente para te certificares de que é suficientemente robusta - em vez de esperar até ao fim e depois colocar a lata no topo. O teu desenho pode não funcionar como tinhas planeado, e não faz mal! Os engenheiros nem sempre conseguem acertar tudo à primeira tentativa. Se a tua torre não for tão robusta como pensavas, podes modificá-la (por exemplo, adicionando mais fita adesiva ou vigas de reforço) ou voltar "ao plano inicial" (desenho) e recomeçar com um novo desenho. Apenas o papel utilizado no teu desenho final conta para o cálculo da tua pontuação.

Teste

Quando tiveres concluído a tua torre, testa-a colocando suavemente a lata no topo. Mantém as mãos próximas e prontas para apanhar a lata, caso esta caia ou a torre desabe. Se a torre começar a dobrar-se ou descair, e não parecer que vai aguentar a lata durante um minuto inteiro, deves reforçá-la antes de prosseguir para o teste oficial. Assegura-te de manter um registo do número total de pedaços/folhas de papel utilizados na tua construção final.

Teste Oficial

Para o teste oficial:

Colocar a lata no topo da torre e ligar imediatamente o cronómetro.

Esperar 1 minuto para ter a certeza de que a torre não cai. Não há problema se a torre começar a ceder ou dobrar, desde que a lata não toque no chão, mas não se pode tocar, reparar, ou modificar a torre durante este minuto.

Depois de decorrido 1 minuto, utilizar uma fita métrica para medir a distância (em centímetros) da superfície de suporte (chão, mesa, etc.) até ao fundo da lata. Se necessário, é-lhe permitido utilizar as mãos para estabilizar a torre ou a lata ao fazer a medição, mas não é permitido levantar a lata a uma altura mais alta (isto ajuda a assegurar que não se derruba acidentalmente a lata com a fita métrica - isso seria frustrante!).

Pontuação

Calcula a tua pontuação usando esta equação:

Pontuação total = (Distância até ao fundo da lata em centímetros) - (2 × número de pedaços/folhas de papel)

Lembra-te que o número de folhas de papel é igual ao número utilizado na tua construção final. O papel utilizado em protótipos anteriores ou para esboços não conta.

| Variações p^a uma versão menos competitiva

- . Tenta construir uma torre com outros materiais como palhinhas ou paus de madeira.
- . Tenta construir uma torre que possa suportar mais peso.
- . Constrói um tipo diferente de estrutura, como uma ponte, por exemplo.

EXPLICAR

As vigas são elementos longos e estreitos utilizados para fazer muitas estruturas como torres e pontes. Vigas múltiplas podem ser combinadas para fazer cimbres e treliças. Certas formas de treliças podem ser muito fortes.

Um objecto que está a ser "esmagado", está em compressão e um objecto que está a ser puxado está em tensão. As vigas podem estar em tensão ou em compressão, dependendo de como a torre é concebida.

Por vezes, as torres incluem cordas, cabos ou correntes como parte do desenho. Estas partes só podem estar em tensão (pensa no que acontece se tentares "empurrar" uma corda), mas ainda assim podem ser úteis. Por exemplo, os cabos longos ligados à parte superior de torres de rádio são chamados de cabos de Guy (guy wire). São ancorados ao chão e impedem que as torres altas e estreitas caiam.

A forma de uma viga pode afetar bastante a sua resistência. Por exemplo, é muito fácil dobrar um pedaço de papel plano, mas torna-se muito mais difícil dobrar o papel se o dobrarmos ao meio várias vezes ou se o enrolarmos num tubo. Esta resistência à dobragem é determinada pela secção transversal da viga. Por exemplo, a secção transversal de um pedaço de papel liso é um rectângulo (muito fino). Este rectângulo dobra-se muito facilmente na direcção fina/estreita. A secção transversal de um pedaço de papel enrolado

num tubo é um círculo. Uma viga I (onde a secção transversal se parece com uma letra I maiúscula) é uma forma comum utilizada em muitas estruturas.

O principal obstáculo na construção em altura é a força da gravidade. Imagina carregar um amigo teu nos teus ombros. Se a pessoa for bastante leve, podes aguentá-la sem grandes problemas. Mas se colocares outra pessoa sobre os ombros do teu amigo (construir a vossa torre mais alta), o peso seria provavelmente demais, para que o conseguisses aguentar sozinho. Para fazer uma torre humana precisas de mais pessoas na parte inferior, para suportar o peso de todos os que ficam na parte superior. É assim que funcionam as "pirâmides" das claques (*cheerleading*), e é também como funcionam as verdadeiras pirâmides e outros edifícios de pedra. Tem de haver mais material na base para suportar o peso combinado de todo o material acima. Cada vez que se adiciona uma nova camada vertical, a força total em cada ponto abaixo dessa camada aumenta. Se se continuasse a aumentar a base de uma pirâmide, era possível construí-la indefinidamente. Isto torna-se um problema rapidamente, claro, uma vez que a base inferior ocupa demasiada área disponível.

Em edifícios normais, feitos de tijolos e argamassa, é preciso continuar a espessar as paredes inferiores à medida que se constroem novos andares superiores. Depois de se atingir uma determinada altura, isto é bastante insustentável. Se quase não há espaço nos pisos inferiores, de que serve fazer um edifício alto? Assim, e seguindo este método, não se construíram muitos edifícios com mais de 10 andares - simplesmente não era viável.

No entanto, no final do século XIX, entre outros avanços tecnológicos, a produção em massa de ferro e aço, permitiu aos arquitetos e engenheiros ultrapassar a barreira da altura. Novos processos de fabrico tornaram possível a produção de vigas longas de ferro sólido e isto proporcionou todo um novo conjunto de blocos de construção para trabalhar. Vigas metálicas estreitas e relativamente leves podiam suportar muito mais peso do que as paredes de tijolo sólido em edifícios mais antigos, ocupando ao mesmo tempo uma menor fração do espaço disponível. Com o aparecimento de métodos mais eficientes na produção do aço (processo Bessemer) - que é ainda mais leve e mais forte que o ferro -, tornou-se possível construir edifícios ainda mais altos.

Para além da força vertical da gravidade, as construções altas (como torres e arranha-céus) também têm de ser capazes de lidar com a força horizontal do vento. A maioria destas construções pode mover-se facilmente vários metros em qualquer direcção, como uma árvore balançante, sem danificar a sua integridade estrutural. O principal problema com este movimento horizontal é a maneira como ele afeta as pessoas no seu interior. Se o edifício

se mover numa distância horizontal substancial, os ocupantes no interior irão definitivamente senti-lo. O método mais básico para controlar esta oscilação horizontal é simplesmente “apertar” a estrutura. No ponto em que as vigas horizontais se fixam à coluna vertical, os construtores aparafusam-nas e soldam-nas na parte superior e inferior, assim como na lateral. Isto faz com que toda a superestrutura de aço se mova mais como uma unidade, como um poste, em oposição a um esqueleto flexível.

Em estruturas mais altas, nem as ligações mais “apertadas” ajudam. Assim, para evitar que estes edifícios balancem fortemente, os engenheiros têm de construir núcleos especialmente fortes através do centro do edifício. No Empire State Building ou no Chrysler Building, por exemplo, a área em torno dos poços centrais do elevador é fortificada por uma treliça de aço resistente, escorada com vigas diagonais (Priberam: *Escora* - trave ou peça de ferro que ampara ou sustém). Os edifícios mais recentes têm um ou mais núcleos de betão incorporados no centro do edifício.

SABER MAIS

FAQ

P: Posso cortar o papel?

R: Sim, está é possível cortar o papel. No entanto, lembra-te que se cortares uma folha de papel ao meio e utilizares apenas metade, deves ainda assim contar toda a folha de papel ao calcular a tua pontuação.

P: Utilizei e depois descartei algum papel, ao testar diferentes desenhos. O papel descartado é subtraído da minha pontuação final?

R: Não, apenas o papel que é utilizado no teu desenho final é incluído na tua pontuação final.

P: Posso fazer várias tentativas para o teste oficial?

R: Sim. Podes testar a tua torre (e continuar a torná-la mais alta) quantas vezes quiseres, mas só podes apresentar-te “a competir” uma vez.

P: A minha torre desabou quando coloquei a lata no topo. Posso consertá-la?

R: Sim, podes reparar a tua torre e tentar novamente.

P: A minha torre começou a ceder ou a dobrar quando coloquei a lata em cima, mas não ruiu. Posso endireitá-la antes de medir a altura da lata?

R: Não, tens de medir a altura final até ao fundo da lata. No entanto, podes consertar a torre e recomeçar com um novo teste de 1 minuto.

BIBLIOGRAFIA

https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/CE_p027/civil-engineering/tallest-paper-tower-challenge

<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/engineering-design-process/engineering-design-process-steps>

<https://www.sciencebuddies.org/teacher-resources/lesson-plans/tallest-paper-tower-engineering-challenge-3-5>