



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**OS CONCEITOS FÍSICOS NA MOBILIDADE URBANA: CONSTRUÇÃO DE
PROTÓTIPO DE CADEIRAS DE RODAS ELÉTRICAS E USO DE RAMPAS
DE ACESSIBILIDADE**

(MATERIAL DO ALUNO)

Angelo Araújo de Carvalho

Material instrucional associado à dissertação de Mestrado do Angelo Araújo de Carvalho, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2020

Introdução

Este Produto Educacional é destinado aos estudantes de ensino médio, nele apresentamos uma sequência didática investigativa para com ênfase na abordagem experimental que aborda diferentes aspectos conceituais relacionados à estática do corpo rígido e a cinemática do movimento de rotação. O material didático tem o intuito de promover Alfabetização Científica (AC) dos estudantes, por isso a escolha de uma abordagem CTS (Ciência - Tecnologia - Sociedade) sobre a temática da mobilidade urbana: rampas de acessibilidade.

Capítulo 1 – O problema da Acessibilidade dos Cadeirantes

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil, existem cerca de 13 milhões de deficientes físicos motores. Desse total, uma parte necessita do uso da cadeira de rodas para se locomover. No entanto, os problemas de acessibilidade aos cadeirantes ainda são grandes no nosso país e em muitos lugares do mundo. Como a falta de rampas de acesso, rampas com inclinações muito altas, buracos e etc. A reportagem a seguir mostra alguns exemplos desses problemas.

ATIVIDADE

Tendo por base o artigo, discuta com seus colegas alguns problemas de acessibilidade enfrentados por cadeirantes e verifique em sua escola possui uma boa acessibilidade para estudantes cadeirantes.

mobilize
Mobilidade Urbana Sustentável
brasil

Google

Curtir 34 mil Seguir

Notícias Estudos Estatísticas Fotos Vídeos Mapas Links Agenda Blogs Mobilize-se Campanhas

Usuários flagram rampa com degraus e terminais sem acessibilidade em Teresina

Prefeitura diz que equipe de engenharia corrigirá rampa com escadas perto do terminal. Para as rampas em ônibus desníveladas da plataforma, Strans estuda usar 'prancha'

Tamanho da fonte A+ A- | Tamanho original | Comunicar Erro | Imprimir | Enviar por E-mail | Compartilhar | Curtir 0 | Tweet

Notícias

Fonte: G1 | Autor: Lucas Marreiros | Postado em: 23 de março de 2018



Rampa com degraus impede acessibilidade em Teresina
créditos: José Marcelo / G1

Usuários do transporte público de Teresina (PI) flagraram uma rampa com degraus próxima a uma estação de transbordo localizada na Avenida Henry Wall Carvalho, bairro Saci, zona sul da capital. O local, que deveria garantir a acessibilidade, causa transtornos a deficientes físicos e pessoas com mobilidade reduzida. Em terminais de ônibus também foram detectadas falhas em rampas de acesso aos ônibus.



Rampa inadequada a deficientes físicos e pessoas com mobilidade reduzida. Foto: José Marcelo/G1

Não há como cadeirante embarcar



Praticamente impossível ao cadeirante embarcar no ônibus assim. Foto: Divulgação/Ascante

Recorte da reportagem - <https://www.mobilize.org.br/noticias/10872/usuarios-flagram-rampa-com-degraus-e-terminais-sem-acessibilidade-em-teresina.html>

ATIVIDADE

Após o debate com seu grupo sobre os problemas de acessibilidade mencionados no texto da reportagem. Aponte os problemas enfrentados pelos cadeirantes nas fotos seguintes.



FOTO 1 - <https://www.sosergipe.com.br/acessibilidade-sentindo-o-problema-na-pele/>



FOTO 2 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>



FOTOS 3 E 4 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>

Agora veremos recortes de dois vídeos sobre os problemas enfrentados pelos cadeirantes.

Reportagem do G1



Vídeo 4 – 4min 55s

<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/olimpiadas/rio2016/noticia/2016/02/acessibilidade-e-deficiente-no-centro-e-em-pontos-turisticos-diz-alerj.html>

Dificuldades de deficientes

Vídeo 5 – 2min 07s



<https://www.youtube.com/watch?v=SSMyCeYPNTs>

Vamos construir uma cadeira de roda motorizada? LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

IMAGINE que você é o projetista chefe de uma empresa que foi convidada por uma instituição filantrópica chamada Associação dos Amigos Deficientes Físicos – RJ (AADEF-RJ), para participar de uma licitação para a construção de muitas cadeiras de rodas elétricas num período de 5 anos, podendo chegar a mais de 10mil cadeiras, para os deficientes de locomoção que estão inscritos no programa social do governo que distribui cadeiras de rodas elétricas para pessoas desprovidas de condições financeiras e que se enquadram no perfil social do programa.



Seis empresas foram selecionadas dentre mais de 200 inscritas no lançamento da licitação, sendo que nessa fase final será escolhida apenas uma empresa para a construção de todas as cadeiras. Nessa última fase da licitação as seis empresas restantes produzirão um protótipo de uma cadeira de rodas elétrica que será avaliada pela comitiva, escolhendo a empresa campeã.

Deste modo você e seus colegas de grupo deverão atuar como representantes de um grupo de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa fictícia que participa desta licitação. Deverão elaborar um projeto e construir o protótipo de uma cadeira de rodas elétrica. Nesta etapa final da licitação Serão avaliados quesitos como:

- 1) **Velocidade** – A velocidade que poderá atingir a cadeira.
- 2) **Rampa** – A potência da cadeira no transporte de diferentes massas e em diferentes rampas de inclinação.
- 3) **Estabilidade e direcionamento** – Estabilidade da cadeira no plano e na rampa e direcionamento em trajetória retilínea.
- 4) **Estética, dimensionamento, acabamento e funcionamento** – A beleza e harmonia da cadeira e seus acessórios essenciais, avaliando se as dimensões da cadeira estão dentro ou próxima do padrão. Avaliando também se a cadeira funciona normalmente ao ligar a chave interruptora.

Para atingir este objetivo será necessário executar vários estudos teóricos e desenvolver atividades práticas e testes relacionados aos fenômenos e equipamentos técnicos que serão necessários na elaboração deste projeto. Assim antes de preparar nossos protótipos de cadeiras de roda elétrica, estudaremos alguns conceitos que estão relacionados: a) a montagem elétrica e os dispositivos de controle e acionamento que serão necessários (material em apêndice); b) a confecção de uma estrutura mecânicas que darão sustentação ao protótipo; c) as formas de transmissão do movimento e estabilidade do protótipo; bem como d) a análise de potência associada ao movimento destas cadeiras no plano e em rampas

Então mãos à obra.....

Capítulo 2 – Equilíbrio de um cadeirante

Você e seu grupo devem ter percebido na reportagem e nos recortes dos vídeos do capítulo 1 que o equilíbrio das cadeiras de rodas ao subir rampas é um dos problemas enfrentados pelos cadeirantes. Na foto a seguir você deve ter percebido que a inclinação da rampa é muito alta, impossibilitando um cadeirante de subir a mesma.



FOTO 2 - <http://ew7.com.br/projeto-arquitetonico-com-autocad/index.php/tutoriais-e-dicas/130-como-projetar-corretamente-uma-rampa.html>

A questão do equilíbrio é algo que notamos desde pequenos ao tentarmos nos equilibrar nos nossos primeiros passos sobre dois pés. Resolvemos intuitivamente as questões de equilíbrio no caminhar. Já para um cadeirante nem sempre é fácil o equilíbrio da cadeira de rodas pois podem sofrer tombamentos durante o movimento.

Entender a necessidade de equilíbrios de corpos conhecidos como rígidos serão importantes para o nosso objetivo final das licitações das cadeiras de rodas elétricas. Mas antes vamos observar como é interessante e complexo o equilíbrio de corpos extensos.

Esportes radicais para cadeirantes

HARDCORE SITTING, com Adriel Silva e Fernando Mendes



<https://www.youtube.com/watch?v=a60EMJ5BHsQ>

Vídeo 6 – 7min 45s

O vídeo nos mostra as potencialidades dos cadeirantes na prática de atividades desportivas radicais. Essas atividades estimulam habilidades motoras de equilíbrio e promovem o bem-estar físico e psicológico. Como vimos inicialmente, o tema central do nosso projeto são os problemas de acessibilidade que é um direito de todos os deficientes. Para melhor entender as dificuldades associadas ao movimento de um cadeirante vamos investigar alguns conceitos de equilíbrio do corpo extenso?!

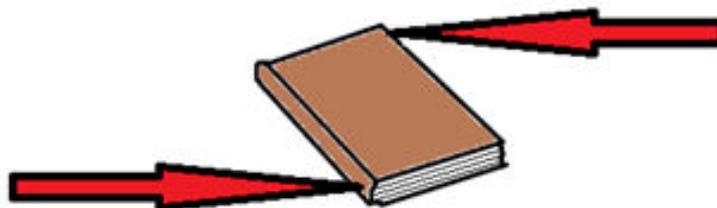
Como aprendemos no estudo das Leis de Newton, sabemos que se o somatório das Forças aplicadas a um ponto material for igual à zero (Força resultante nula), o ponto material estará em repouso ou em MRU.

Mas será que existem diferenças em aplicarmos Forças de mesmo valor e sentidos opostos num corpo de dimensões desprezíveis (ponto material) e em outro com dimensões consideráveis (corpo extenso)?

ATIVIDADE

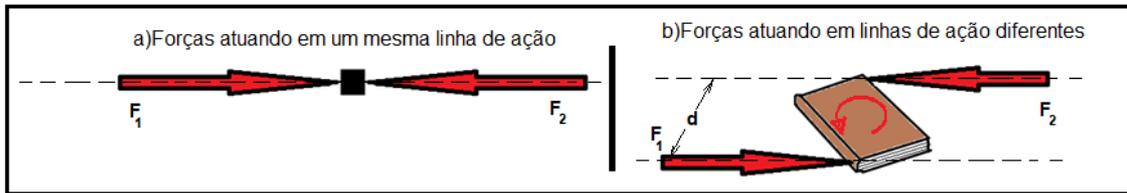
Imagine se aplicarmos duas Forças de mesmo valor e sentidos opostos em um livro nas extremidades opostas conforme a figura a seguir.

O que vocês acham que deve ocorrer?



Deste modo percebemos que mesmo que as Forças aplicadas ao livro possuam mesmo módulo e sentidos opostos (Resultante igual a Zero) o livro tenderá a entrar em

movimento de rotação. Isto ocorre, pois as Forças aplicadas não estão atuando em uma mesma linha de ação.



Concluimos que um corpo extenso submetido à ação de duas Forças não entra em movimento de rotação se essas Forças tiverem mesmo módulo, sentidos opostos e atuarem na mesma linha de ação. Continuando nossas atividades para compreendermos o equilíbrio dos corpos extensos, faremos algumas atividades.

ATIVIDADE Brincando de Equilibrista

Os grupos receberão quatro objetos, descritos a seguir.



- Marque com uma caneta hidrocor o ponto no qual o grupo acha que conseguirá o equilíbrio cada objeto.
- Após marcar o ponto, tente equilibrar cada objeto na marca feita. Conseguiram? Se não, tente explicar por que não conseguiram esse objeto.
- Qual objeto foi o mais fácil de equilibrar? Qual foi o mais difícil? O grupo consegue encontrar uma explicação para essa dificuldade?

Como você deve ter percebido a moeda é o objeto mais fácil de equilibrarmos. Já o prato e o caderno que são objetos maiores tiveram maior dificuldade, porém por serem objetos com uma distribuição uniforme de sua massa os equilíbrios ocorreram quando apoiados em seu centro geométrico. Equilibrar a vassoura é mais difícil, pois se trata de um objeto grande e com uma distribuição de massa não uniforme. Deste modo o seu centro de massa não coincide como o seu centro geométrico. Estudaremos um pouco sobre o centro de massa, pois ele é importante para a construção de veículos com dimensões não desprezíveis, como no nosso caso o protótipo da cadeira de roda elétrica.

Centro de Massa (CM)

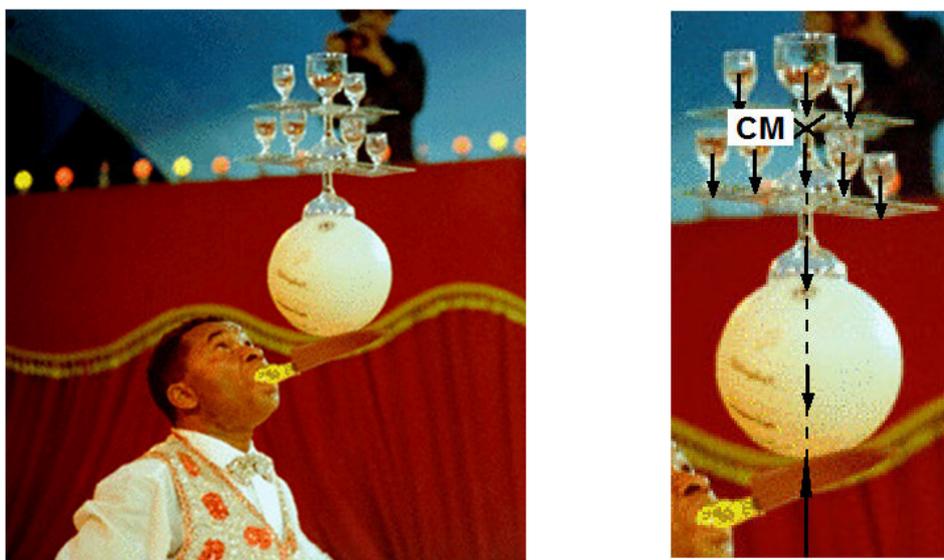


Figura: Circense equilibrando taças na ponta de uma faca
(Fonte: www.facebook.com/centrodememoriadocircosp/)

O centro de massa de um corpo é o ponto no qual atua a resultante das Forças de atração que a Terra exerce (Força Peso) sobre todas as “partículas” do corpo¹. Deste modo para equilibrar o corpo na tarefa anterior basta aplicar uma Força de apoio (exercida pelo dedo) sobre o corpo bem na direção do centro de massa. Identificar o centro de massa

¹ Física Mecânica – Luiz Alberto Guimarães e Marcelo Fonte Boa – Editora Galera 3ª Ed.

para equilibrar corpos ou conjunto de corpos pode se tornar uma tarefa bem difícil e arriscada... Vejamos o exemplo do equilibrista de circo das figuras a seguir.

Reparem que o circense equilibra toda a estrutura coincidindo a Força Peso que atua no CM com o ponto de apoio da lâmina da faca. O mesmo que o grupo fez com os objetos da atividade de Brincando de equilibrista.

Nos objetos regulares com distribuição homogênea de massa o Centro de Massa CM coincide exatamente no centro geométrico do corpo, conforme a figura a seguir:

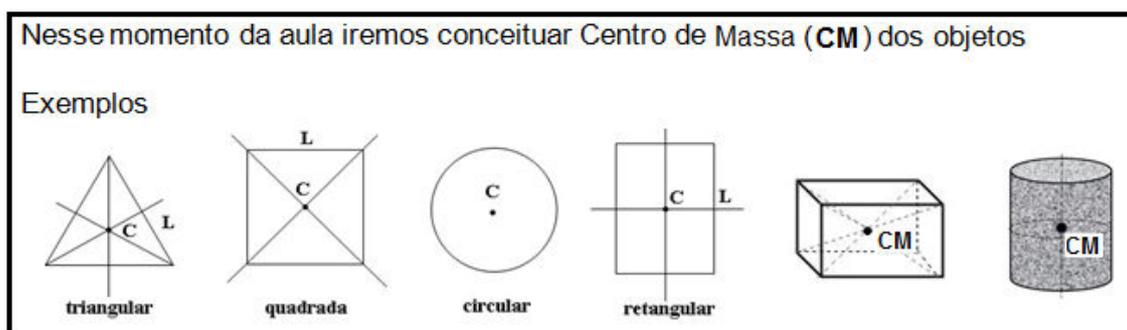


Figura: Objetos e seus respectivos CM
(Fonte: Autoria própria)

É possível encontrar o CM de um objeto de diversas maneiras, uma delas é encontrar o ponto onde aplicando uma Força igual e oposta ao Peso conseguimos equilibrar um objeto.

ATIVIDADE

Encontrar o CENTRO DE MASSA da vassoura

- Junto com o seu grupo tentem propor uma maneira de encontrar o CM da vassoura? Explique o método utilizado e marque na vassoura o CM encontrado.
- Se cortarmos a vassoura exatamente no CM encontrado no item anterior o que podemos dizer dos Pesos de cada lado?

Com a atividade BRINCANDO DE EQUILIBRISTA notamos que o centro de massa (CM) está mais próximo da parte da piaçava. Após cortarmos a vassoura e medirmos os Pesos de cada lado, confirmamos que o lado da piaçava tem maior Peso do que o lado do cabo.

Será que existem outros parâmetros que são relevantes para a estabilidade e equilíbrio de uma cadeira de rodas?! Discuta com seu grupo o que mais poderia influenciar no equilíbrio da cadeira de rodas mencionada na licitação. Escreva o que o grupo concordou ser relevante.

Possivelmente o grupo deve ter mencionado que o equilíbrio de uma cadeira numa rampa é mais preocupante do que num plano horizontal. Por isso vamos estudar e analisar o comportamento de uma cadeira de rodas numa rampa. Como ainda não construímos nossas cadeiras de rodas usaremos blocos sólidos para representar as cadeiras. Então vamos ao trabalho com os blocos e seus possíveis tombamentos.

ATIVIDADE

TOMBAMENTO DA “CADEIRA” NUMA RAMPA

Agora faremos uma atividade de equilíbrio das nossas “cadeiras” (blocos de madeira).

- a) Conseguiríamos encontrar o CM? Marque o CM encontrado pelo grupo. Descreva como o grupo o fez para encontrar o CM.

- b) Queremos que a “cadeira de rodas” seja mais estável possível. Que parâmetros influenciam para ela ser mais estável ao tombamento numa rampa?

- c) Qual o ângulo máximo, em graus, a nossa “cadeira de rodas” consegue ficar numa rampa?

Como o grupo deve ter percebido um dos parâmetros importantes para o equilíbrio de uma cadeira ou bloco numa rampa é a área da base e a altura do centro de massa em relação a essa base. Vejam as figuras a seguir.

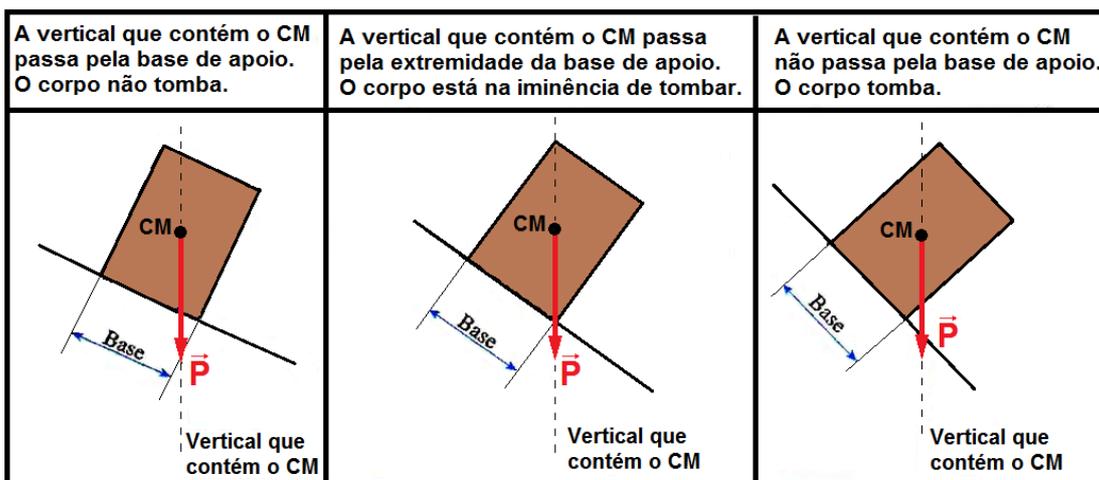


Figura: Esquema de um bloco em diversas posições no plano inclinado
(Fonte: Autoria própria)

Como percebemos na atividade o bloco tomba quando a Força Peso ultrapassa a área da base, como está representado nas figuras.

Assim será necessário pensarmos em nosso projeto da cadeira de rodas como as dimensões da cadeira poderão afetar a sua estabilidade quando, por exemplo, estiver subindo uma ladeira. Neste caso teremos ainda uma dificuldade adicional: além da cadeira de rodas possuir uma distribuição de massa bem diferente do bloco homogêneo do exemplo anterior, teremos uma pessoa sentada sobre ela.

Mas para resolver este problema mais complexo podemos antes pensar em outros equipamentos que sejam mais simples e que também devem ter uma boa estabilidade para seu funcionamento. Um exemplo seria o desafio de projetar um pequeno ventilador de mesa. Então, vamos construir um ventilador?! Lembre-se que um dos pontos importantes é que em seu projeto o ventilador também deve ter uma estrutura estável.

Vamos iniciar a Construção do ventilador!!!!

Para a construção de um ventilador é necessária uma estrutura mecânica para a sustentação do motor, sua hélice, bem como a bateria e as ligações elétricas. Para facilitar a montagem de nosso projeto utilizaremos estruturas mecânicas de diferentes formas e tamanhos, muitas são perfuradas de modo a facilitar a montagem. A fixação das peças poderá ser feita com parafusos e porcas. Algumas destas peças foram construídas para nossos laboratórios e outras foram obtidas no mercado especializado. Tendo também ferramentas e outras peças plásticas ou emborrachadas.



Figura: Material *Modelix* utilizados pelos estudantes
(**Fonte:** Autoria própria)

ATIVIDADE

Projeto 1: Ventilador de mesa com 1 velocidade

Nesta atividade os integrantes do grupo devem elaborar um projeto para montar um ventilador de mesa com as estruturas mecânicas e o motor elétrico fornecido pelo professor. É necessário elaborar a montagem com muito cuidado para não perder porcas ou parafusos. Todos os dispositivos elétricos para funcionamento do ventilador devem ser fixados na sua estrutura mecânica.

O ventilador será avaliado em:

- a) Está funcionando adequadamente?

- b) Possui estabilidade? A estabilidade o ventilador será aferida colocando sobre um plano inclinado. Mexeremos a mesa em que o ventilador está para saber se ele tomba.

- c) Tem uma boa estética?

Etapas a serem cumpridas:

- 1ª - Desenhar um esquema elétrico do circuito de ligação do motor do ventilador, alimentado pela bateria e com interruptor liga/desliga.
- 2ª – Planejar a montagem da estrutura mecânica com seu grupo fazendo um esboço (desenho a mão livre) desta estrutura. Vale lembrar que o ventilador será avaliado em sua estabilidade, ou seja, ele (ventilador) não deve cair, virar ou tombar.
- 3ª – Montar a estrutura, fazer as ligações elétricas e prender a hélice.

Mãos à obra.....

Ao final do projeto faça uma avaliação com os integrantes do grupo e o seu professor: A estrutura planejada pelo grupo para o ventilador ficou adequada aos quesitos desejáveis do projeto? A ligação elétrica ficou de maneira correta? Comente sobre se algo não ficou como planejado.

Detalhes importantes que percebemos depois da realização do projeto:

1º - A ligação elétrica deste ventilador é semelhante a ligação do primeiro circuito simples que montamos, com apenas uma lâmpada e um interruptor. Neste caso vimos que o interruptor nesse projeto foi ligado em série com o motor da cadeira.

2º - Foi necessário que a estrutura mecânica do ventilador tivesse uma base com tamanho suficiente para que a projeção do centro de gravidade estivesse sempre sobre a área da base, pois caso contrário o ventilador poderia tombar, algo que o grupo já percebeu na atividade de tombamento de blocos.

3º - No tombamento de blocos também percebemos que o centro de gravidade CG não deve ficar muito alto. Vimos que quanto mais baixo o centro de gravidade, o ventilador torna-se mais estável.

Tipos de equilíbrio

Percebemos que equilibrar um corpo depende da posição do CM onde está atuando a resultante do Peso e a Força resultante que se opõe ao Peso no equilíbrio.

DESAFIO

Tente equilibrar a rolha com um prego no meio na ponta do dedo.



Figura: Rolha com o prego

(Fonte: <http://twelveniaapriloraegatrey.blogspot.com/>)

Agora vamos equilibrar a mesma rolha, porém com dois garfos preso na lateral da rolha.



Figura: Rolha com o prego e dois garfos

(Fonte: <http://twelveniaapriloraegatrey.blogspot.com/>)

O que o grupo percebeu de diferente ao equilibrar a rolha nos dois casos?

Façam um esquema desenhando a rolha em cada situação e as Forças que atuam nas rolhas tentando explicar as diferenças nos equilíbrios.



Veja que quando tentamos equilibrar o sistema (rolha + prego) apoiada sobre o dedo, ele facilmente tomba. Quando a rolha sai um pouco da posição de equilíbrio, a Força Peso e a Força Normal geram um momento que resulta no tombando do sistema, como mostrado no esquema 1.

Esquema 1:

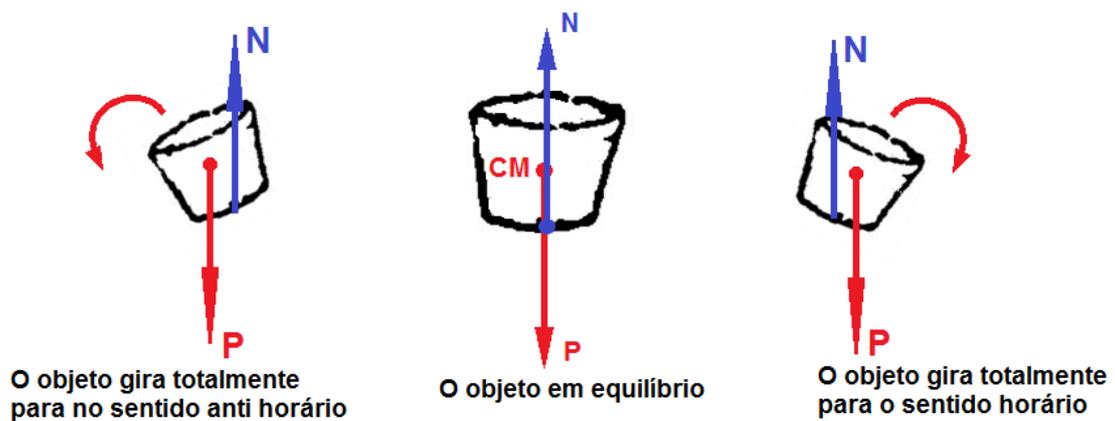


Figura: Esquema do equilíbrio da rolha com o prego
(Fonte: Autoria própria)

Chamamos este tipo de equilíbrio de “**Equilíbrio Instável**”, pois quando retirado de sua posição inicial o sistema não consegue retornar espontaneamente a sua posição de equilíbrio.

Ao colocarmos os garfos espetados na rolha, o centro de massa (CM) do sistema de corpos muda sua posição. Como o Peso dos garfos são bem maiores que o Peso da rolha, o centro de massa do sistema (garfos+rolha+prego) ficará mais baixo que o ponto de apoio, como mostrado no esquema 2

Esquema 2:

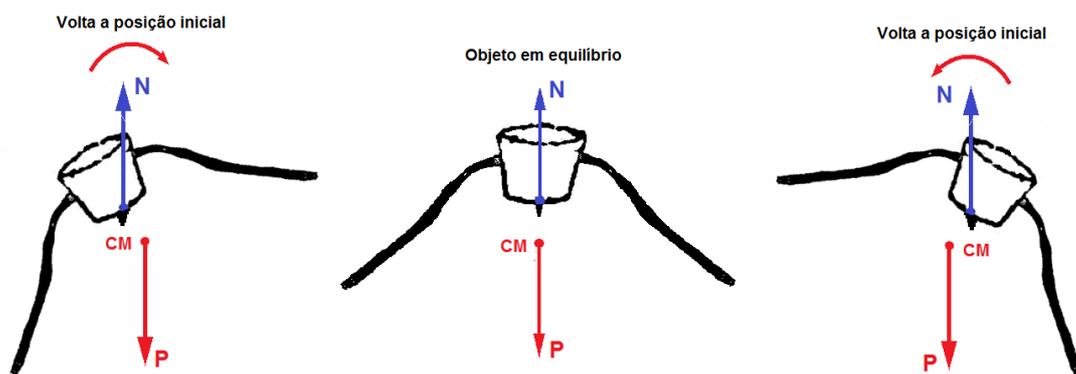


Figura: Esquema do equilíbrio da rolha com o prego e os dois garfos
(Fonte: Autoria própria)

Quando o conjunto sai um pouco da posição de equilíbrio a Força Peso e a Força Normal geram um momento forçando o sistema de corpos a voltar para a posição inicial.

Chamamos esse tipo de equilíbrio de “**Equilíbrio Estável**”.

No exemplo a seguir, vemos um cone que pode ser apoiado sobre uma superfície plana de 3 diferentes modos:

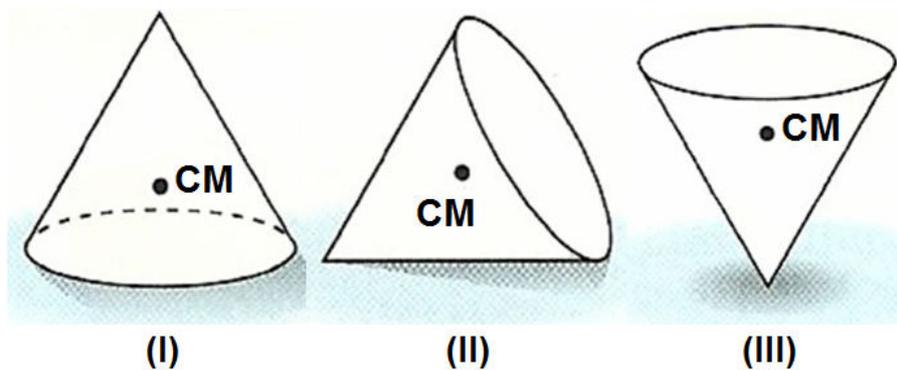


Figura: Esquema dos tipos de equilíbrios
(Fonte: Autoria própria)

Para cada um destes modos se deslocarmos o cone “um pouco para o lado” as consequências são diferentes. No caso (I) o cone retorna a configuração inicial, já na situação (II) não faz diferença pois em qualquer posição ele fica em equilíbrio e no caso (III) qualquer pequeno deslocamento lateral provoca o tombamento do cone saindo do seu equilíbrio. Esses tipos de equilíbrio podem ser classificados como:

- (I) Estável
- (II) Indiferente
- (III) Instável

Agora que conhecemos esses tipos de equilíbrio e a importância de posição do centro de massa para o equilíbrio de um corpo, poderemos utilizar estes conceitos para a construção de cadeiras de rodas com uma maior estabilidade.

Capítulo 3 – Movimento Circular

Na reportagem do capítulo 1 foram abordadas algumas dificuldades de mobilidades dos cadeirantes, sejam nos transportes públicos como em calçamentos para os pedestres. Nas fotos a seguir podemos reparar os diferentes tamanhos das rodas das cadeiras utilizadas. Essa diferença faz com que tenhamos algumas perguntas, como por exemplo: será que o tamanho da roda interfere na velocidade da cadeira? As cadeiras tendo a mesma velocidade de deslocamento, as suas rodas vão girar a mesma quantidade de vezes por num intervalo de tempo?

São perguntas e dúvidas como essas que nos fazem refletir a necessidade de aprofundar os estudos dos corpos que estão em movimento de rotação.



Figura: Exemplos de dificuldades dos cadeirantes
(Fonte: www.mobilize.org.br e www.sosergipe.com.br acessado em janeiro de 2018)

Medida da Velocidade de Rotação (Velocidade angular ω):

Já estudamos o conceito de velocidade escalar de um corpo que mede a rapidez com que um corpo se desloca. Significa que se uma pessoa se desloca com velocidade de 1m/s, ela consegue se mover 1m a cada segundo.

- a) Você teria alguma sugestão de como poderíamos medir a velocidade de rotação de um motor?

- b) Poderia sugerir alguma unidade que poderíamos utilizar para realizar esta medida?
Converse com seus colegas e proponha uma unidade para essa medida.

Uma das formas que você e colegas podem ter sugerido é medir o número de voltas que um corpo é capaz de realizar em um determinado tempo (voltas/minuto), ou ainda o ângulo que o corpo se move rodando em um determinado tempo (graus/s). Estas são realmente algumas das formas mais utilizadas para medirmos a velocidade de rotação de um corpo:

Velocidade angular ω



Como o próprio nome sugere, velocidade angular de rotação de um corpo (que representamos pela letra grega ω) esta relacionada ao ângulo que este corpo descreve em um intervalo de tempo.

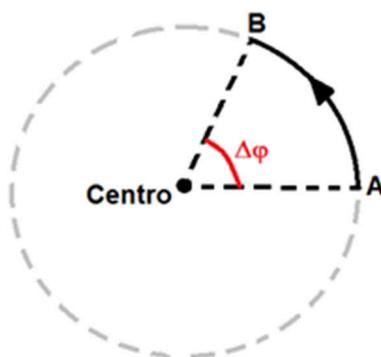
Figura: Cadeira de rodas
(Fonte: www.americanas.com.br)

Assim como vocês responderiam à pergunta a seguir:

- a) Qual seria a velocidade angular de um corpo que completa uma volta em cada segundo medido em graus por segundo?

Você acertou se respondeu que a velocidade angular seria de $360^\circ/\text{s}$. Deste modo a velocidade angular de um corpo está relacionada ao ângulo que ele se move em um determinado tempo.

Velocidade angular (ω) \rightarrow é uma grandeza que mede a rapidez com que é feito um percurso circular, ou seja, é a razão entre o ângulo de giro e o tempo gasto para executar o giro.



$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

deslocamento angular

Varição de tempo

Unidade (S.I.)
rad/s
(radianos por segundo)

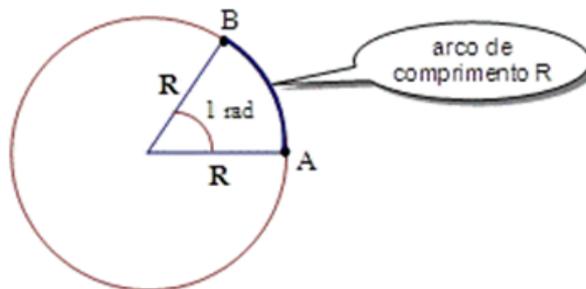
Quando pensamos em ângulos, sempre nos vem a cabeça um ângulo em graus ($^{\circ}$), por isso vamos entender como surgiu essa unidade de medida do ângulo.

Curiosidade histórica sobre o GRAU

A definição de grau teve origem no movimento da Terra em torno do Sol: como a Terra leva 365 dias para completá-lo, ela descreveria por dia $1/365$ da volta. (o número 360 escolhido por ter muito mais divisores do que 365).

A unidade **grau** ($^{\circ}$) é muito utilizada, porém a unidade do Sistema Internacional é o **radiano** (rad), por isso é importante lembrarmos da matemática a definição de **radiano**.

Vamos lembrar da matemática?!



Lembra-se também de como fazemos para obter a quantidade de radianos que possui uma volta completa? Para responder bastava fazer uma proporção básica:

Ângulo Medido em Radiano		Comprimento do Arco
1 radiano	→	R
x radianos	→	$2 \pi R$ (1 volta completa)

Assim:

$$x \cdot R = 1 \cdot 2 \pi R$$

$$x = 2 \pi \text{ (rad)}$$

Destacando que se:

- 1) se considerarmos o valor de $\pi \cong 3$ podemos afirmar que uma circunferência possui aproximadamente 6 radianos. (importante frisar que "pi" é um número sem unidade)
- 2) radiano é uma grandeza adimensional pois ao dividirmos duas medidas de comprimento não temos unidade na resposta. (e por isso ela irá simplificar muito as equações da física...)

Dai concluímos que uma circunferência possui 360° ou 2π rad (~ 6 rad)

Figura: Esquema matemático para obter o radiano
(Fonte: Autoria própria)

Vocês seriam capazes de fazer as conversões de diferentes ângulos a seguir?

a) $180^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

b) $90^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

c) $60^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

d) $45^\circ = \underline{\hspace{2cm}}$ rad

ATIVIDADE

Vamos analisar as seguintes situações a seguir.

1) Uma pessoa correndo em uma pista circular que completa meia volta em 30 segundos.

a) Qual é o tempo de uma volta completa?

b) Qual a velocidade angular da pessoa, em $^\circ/s$ e em rad/s?

Como vocês devem ter encontrado o tempo de uma volta completa executado pela pessoa que foi de 60 segundos. Esse tempo de uma volta completa chamamos de **período (T)**. Já a velocidade angular vocês possivelmente encontraram $6^\circ/s$ e $\pi/30\text{rad/s}$ ($\sim 0,1$ rad/s).

1) No caso do nosso planeta Terra.

a) Qual será o período de rotação ao redor do seu próprio eixo?

- b) Qual a velocidade angular de rotação, em $^{\circ}/\text{dia}$ e em rad/dia ?
- c) Qual o período do movimento de translação do nosso planeta, em dias?
- 2) Um motor tem uma relação que deixa um eixo de um guindaste girando com velocidade angular baixa. O eixo dá uma volta em 2 segundos.
- a) Qual o período de rotação desse eixo?
- b) Se quisermos saber o número de voltas por minuto desse eixo, encontraríamos quanto?
- c) Se quisermos escrever qual a velocidade angular do eixo, em $^{\circ}/\text{s}$, qual seria o valor?

No caso do eixo do guindaste como vocês podem ter calculado o seu período é de 2,0 segundos e o número de voltas por minuto é de 30. Conhecemos como **frequência** o número de voltas por unidade de tempo. Como nesse caso a frequência da engrenagem é de 30 voltas por minuto, ou mesmo 30 rpm (rotações por minuto), porém a unidade de frequência no sistema internacional de unidades (S.I.) é de voltas por segundo, que chamamos de hertz (Hz).

Ainda em relação ao eixo do guindaste citado anteriormente.

- a) Qual a frequência do seu movimento, em Hz?
- b) O que acontecerá com o período se o eixo passar a girar executando 120 voltas por minuto?

Relação entre período e frequência

Ainda sobre a relação entre período e frequência, suponha que vocês receberam um motor e um equipamento para medir a frequência de giro do eixo desse motor. Encontrando os valores das frequências, na sequência a seguir. Quais são os períodos para cada frequência, em segundos?

frequência (f)	período (T)
$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_1 =$
$f_2 = 2 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_2 =$
$f_3 = 10 \text{ Hz}$	$\longrightarrow T_3 =$

É possível perceber que se a frequência for maior, menor será o período, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. Sendo assim podemos escrever a relação entre elas da seguinte forma.

$$T = \frac{1}{f}$$

Unidades (S.I.)

f – Hertz (Hz)

T – segundo (s)

Diferentes formas de transmissão do movimento de rotação:

Existem várias máquinas ou ferramentas do nosso cotidiano que para funcionarem adequadamente utilizam diferentes engrenagens, polias e correias para realizarem a

transmissão do movimento circular entre partes de sua estrutura. Você seria capaz de citar um exemplo?

A bicicleta, por exemplo, usa um sistema tecnológico simples de transmissão por corrente. Já os carros, motos, guindastes dentre outros maquinários são mais complexos, porém utilizam sistemas de transmissão de movimento circular semelhantes.

Vocês já perceberam como fazemos para mudar a marcha da bike e para que servem as estas diferentes marchas? Converse com seus colegas de grupo para verificar se todos têm ideias parecidas sobre isso.

Você deve ter percebido que o sistema de mudança de marcha da “magrela” está relacionada à modificação do valor da sua “velocidade” e da “Força” na pedalada para, por exemplo, subir uma ladeira.

Na figura a seguir vemos que a forma como mudamos as marchas consiste em um sistema mecânico formado por: a) COROA, presa ao pedal; b) CATRACA, presa na roda traseira da bicicleta e c) CORRENTE, que faz a ligação entre a COROA e CATRACA. Mudar a marcha consiste em mudar a corrente de posição de tal modo que ela ligue Coroa e Catracas de tamanhos diferentes. A mudança da posição da corrente é controlada pelo câmbio traseiro (marcha) que possui duas engrenagens pequenas e servem também para manter a corrente esticada. Porém a mudança de marcha deve ser feita somente com a bicicleta em movimento. A seguir temos uma foto com detalhes deste sistema.



Figura: Bicicleta

(Fonte: <https://www.martinsatacado.com.br> acesso janeiro de 2019)

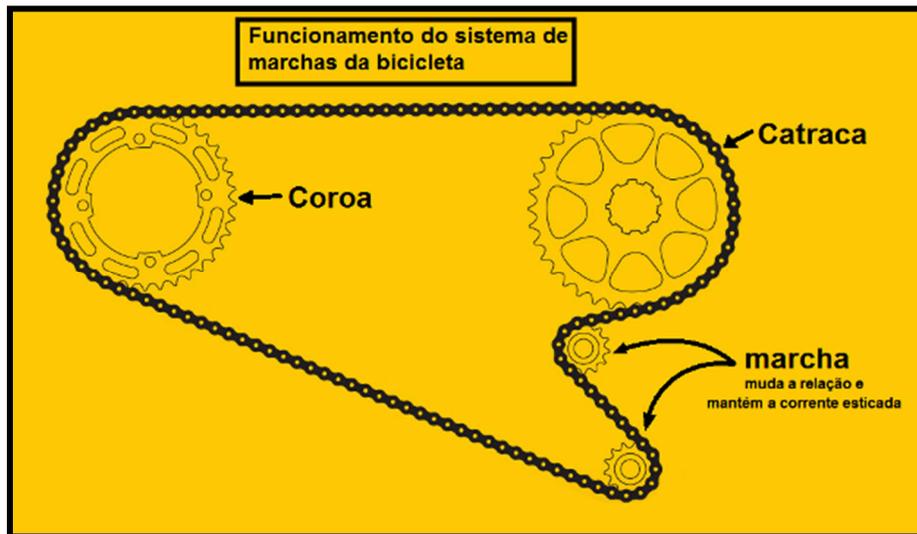


Figura: Esquema de marcha da bicicleta
 (Fonte: www.praquempedala.com.br acessado em dezembro de 2018)

Podemos simplificar o sistema e representá-lo sem a marcha (câmbio traseiro). Com isso um sistema mais simples seria como o da figura a seguir:



Figura Relação de 2 COROAS e 5 CATRACAS, totalizando 10 relações diferentes.
 (Fonte: <https://descomplica.com.br/> acessado em janeiro de 2019)

Transmissão de movimento circular

Na maioria dos projetos que fazem uso de movimento através de um motor elétrico, mecânico ou mesmo térmico utilizam uma relação de transmissão de movimento semelhante a que vimos anteriormente para a bicicleta. Modificando os tamanhos (Raios) das polias ou engrenagens utilizadas podemos modificar de modo significativo a velocidade angular dos eixos de rotação. Veremos posteriormente que isso será muito importante inclusive para transmissão de “Força” ou “Torque” entre estes eixos. Estas relações de transmissões muitas das vezes são feitas por polias ou engrenagens com diferentes raios.

Investigando a Transmissão do movimento através de polias.

Na figura abaixo vemos um sistema de transmissão de movimento entre os eixos da coroa (onde está colocado o pedal) e da catraca (onde está colocada a roda traseira), que são ligadas por uma corrente. Suponha que pudéssemos modificar os tamanhos da Coroa (R_1) e da catraca (R_2). Diga como deveriam ser a relação entre os tamanhos R_1 e R_2 para que possamos:

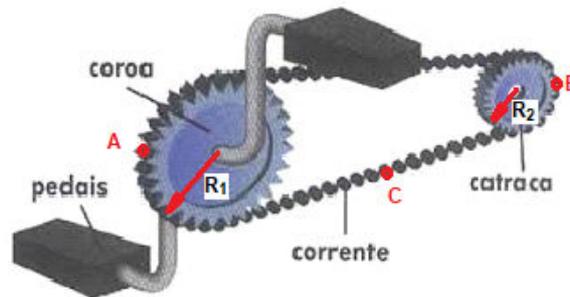


Figura Transmissão de movimento circular na bicicleta por corrente.
(Fonte: www.fisicaevestibular.com.br acessado em janeiro de 2019)

a) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca (eixo onde está ligada a roda traseira) seja maior que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa (onde está fixado o pedal):

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

b) Fazer com que a velocidade do eixo de rotação da catraca seja menor que a velocidade de rotação entre o eixo da coroa:

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

c) Transmitir a mesma velocidade de rotação entre o eixo da coroa e o eixo da catraca:

() $R_1 > R_2$ () $R_1 < R_2$ () $R_1 = R_2$

d) Na corrente da bicicleta são pintados três pontos **A**, **B** e **C** de vermelho que estão mostrados na figura anterior. Compare utilizando os sinais de $>$, $<$ ou $=$ as velocidades escalares V_A , V_B e V_C destes três pontos quando o sistema estiver girando (quando uma pessoa estiver pedalando).

V_A _____ V_B _____ V_C

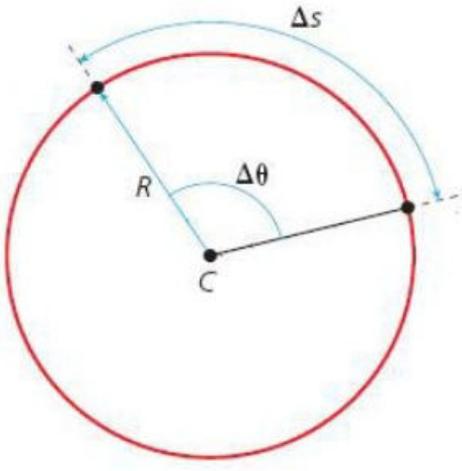
- e) Utilizando o material disponibilizado pelo seu professor monte um sistema de transmissão semelhante ao descrito anteriormente e verifique se suas respostas estão corretas.



Figura Polias usadas na investigação de transmissão de movimento
(Fonte: Autoria própria)

Relação entre as velocidades angulares na transmissão de movimento circular

Após executarem a tarefa para conferir as suas respostas, vocês devem ter notado que a velocidade angular dos eixos ligados a cada uma das polias em um sistema de uma transmissão de movimentos são diferentes. No entanto a velocidade escalar de qualquer ponto da correia que liga as duas polias será o mesmo. Pela análise matemática temos que:



Da matemática sabemos que:

$$\Delta s = \Delta \theta \cdot R$$
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$
$$v = \frac{\Delta \theta \cdot R}{\Delta t}$$

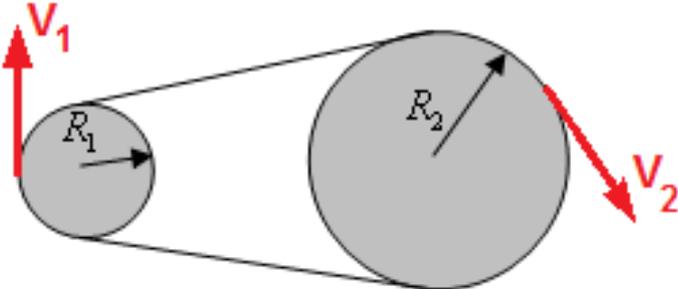
mas sabemos que $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$

logo podemos concluir que:

$v = \omega \cdot R$

Deste modo, podemos relacionar o que vocês devem ter percebido na atividade de coroa e catraca da relação na bicicleta. Que o número de rotação por unidade de tempo é

diferente para polias com raios diferentes, quando estão interligadas por uma correia. Igualando as equações concluiremos as seguintes relações entre raios, frequências e velocidades angulares.

$$V_1 = V_2$$
$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2$$
$$R_1 f_1 = R_2 f_2$$


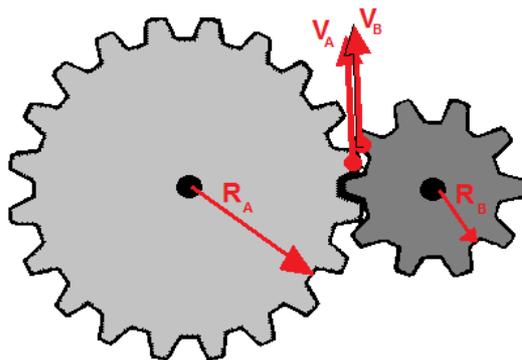
Como as velocidades escalares das periferias de cada polia são iguais, isso implicará que quanto maior for o raio da polia acoplada a um eixo, menor será a velocidade angular de rotação deste eixo.

Projeto 2: Ventilador de mesa com três velocidades

Juntamente com o seu grupo vocês deverão elaborar uma adaptação para o “Projeto 1: Ventilador de mesa com uma velocidade” de modo que ele possa operar em 3 velocidades. Elaborem as modificações na estrutura mecânica que julgarem necessárias. Utilizem a estrutura mecânica entregue pelo professor para a fixação do motor e as respectivas polias.

Observação:

Na transmissão por engrenagens com diferentes raios (de maneira semelhante ao que foi feito com as polias) os pontos da periferia da engrenagem também possuem a mesma velocidade escalar. No entanto, de modo semelhante ao que fizemos anteriormente, a menor engrenagem terá a maior velocidade de angular, ou seja, serão validas as mesmas equações adotadas na transmissão de movimento circular por polias.



Após construirmos nosso ventilador de três velocidades se desejarmos colocar no manual do nosso produto a velocidade de rotação para cada uma dessas três velocidades, precisamos conhecer a velocidade de rotação do motor usado em nosso equipamento. Então como projetistas o DESAFIO será medir a velocidade de rotação do nosso motor.

ATIVIDADE

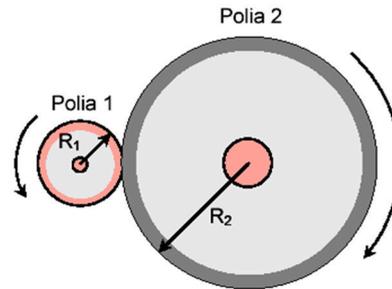
DESAFIO: É possível medir a frequência de rotação do motor que o professor entregou aos grupos? Faça essa medição da frequência e depois explique como o grupo conseguiu.

Sabemos que a atividade proposta foi realmente um DESAFIO, porém discuta com seu professor e com os integrantes do grupo como resolve-lo. Após, vamos trabalhar os exercícios de papel e lápis a seguir.

Exercícios de transmissão de movimentos circulares

- 1) (UESPI²) A figura ilustra duas polias de raios $R_1 = 0,1 \text{ m}$ e $R_2 = 0,3 \text{ m}$ que giram em sentidos opostos. Sabe-se que não há escorregamento na região de contato entre as polias. A polia 1 gira com frequência $f_1 = 600 \text{ Hz}$. Nestas circunstâncias, qual é a frequência f_2 de rotação da polia 2?

- (A) 100 Hz
 (B) 200 Hz
 (C) 300 Hz
 (D) 600 Hz
 (E) 1800 Hz



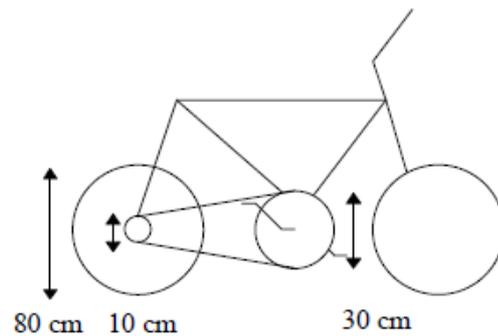
- 2) (ENEM) As bicicletas possuem uma corrente que liga uma coroa dentada dianteira, movimentada pelos pedais, a uma coroa localizada no eixo da roda traseira, como mostra a figura. O número de voltas dadas pela roda traseira a cada pedalada depende do tamanho relativo destas coroas. Em que opção abaixo a roda traseira dá o maior número de voltas por pedalada?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)

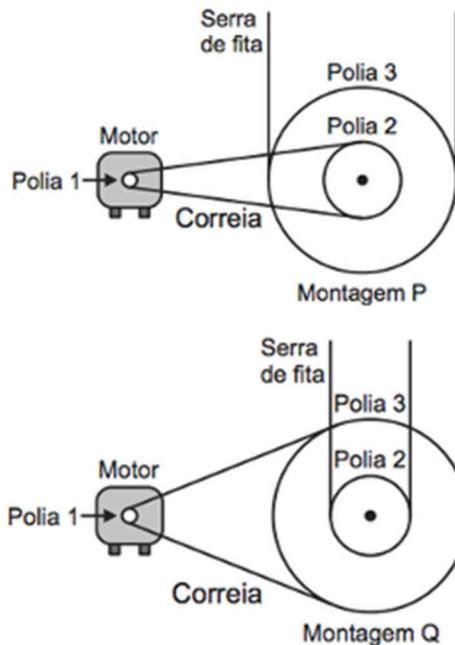
² UESPI – Universidade Estadual do Piauí

- 3) (ENEM) Quando se dá uma pedalada na bicicleta abaixo (isto é, quando a coroa acionada pelos pedais dá uma volta completa), qual é a distância aproximada percorrida pela bicicleta, sabendo-se que o comprimento de um círculo de raio R é igual a $2\pi R$, onde $\pi \cong 3$?

- (A) 1,2 m
 (B) 2,4 m
 (C) 7,2 m
 (D) 14,4 m
 (E) 48,0 m



- 4) (ENEM) Para serrar os ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

- (A) Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.
 (B) Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
 (C) P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.
 (D) P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.
 (E) Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência

Capítulo 4 – Torque de uma Força

Para equilibrarmos um objeto devemos exercer uma Força de mesmo módulo e direção com sentido oposto na mesma linha de ação do Peso. Como vimos no capítulo 2 o circense equilibrou as taças numa bola com a lâmina da faca.

Já quando equilibramos a vassoura de piaçava na horizontal no capítulo 2 notamos que os Pesos são diferentes de cada lado do CG. Esse equilíbrio com Pesos diferentes depende da distância que ele atua até o ponto de apoio, nesse caso o CG.



Para melhor entendermos que parâmetros são relevantes nesse equilíbrio vamos simular no computador no site do PHET. Estas informações são importantes para a construção de nossos protótipos de cadeiras de rodas elétricas.

ATIVIDADE

Simulando o equilíbrio da vassoura no aplicativo PHET³

No simulador PHET, usaremos o simulador chamado BALANÇANDO. Nesta atividade tentaremos simular uma situação semelhante à da vassoura.



- a) O que devemos fazer para que ocorra um equilíbrio com Pesos diferentes de cada lado?

³ Endereço eletrônico do simulador: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balancing-act> Acesso em: 09 out. 2018

- b) Fixando uma massa de 5,0 kg na marca mais extrema (2m) de um lado, equilibre com outra massa do lado oposto e complete a tabela a seguir.

Massa do lado oposto (kg)	Distância da massa ao centro (m)
5,0	
10,0	
15,0	
20,0	

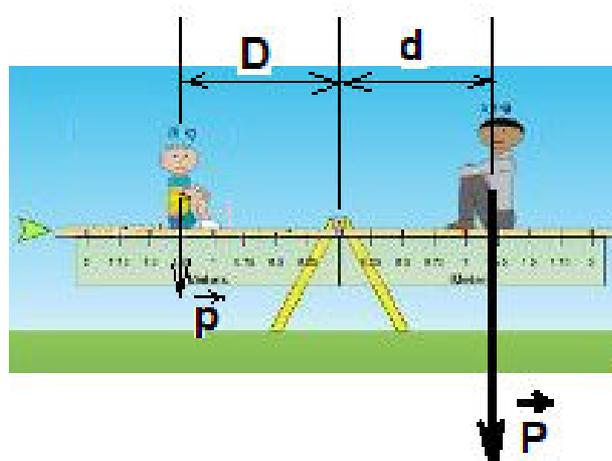
- c) O que foi necessário para o equilíbrio? Faça um esboço para explicar.

- d) O grupo encontra alguma relação entre massa e a sua distância ao centro?

Ainda no simulador podemos explorar a atividade da gangorra, então vamos fazer essa atividade e nos divertir com a gangorra, equilibrando diversos corpos disponíveis no simulador.

Torque e Momento de uma Força

Na atividade simulada no computador você percebeu que massas diferentes podem ser equilibradas, como na simulação da vassoura e na gangorra, para isso basta modificar a distância de cada massa até o ponto de apoio da gangorra.



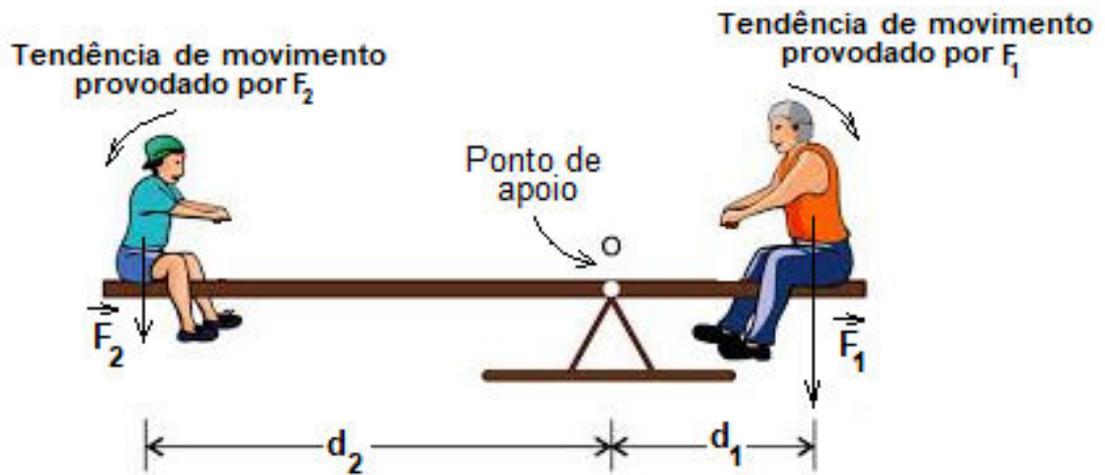
A figura mostra um homem e uma criança sendo equilibrados em uma gangorra. Para isso, o homem que possui um Peso “P” deve estar proporcionalmente mais próximo do

ponto de apoio da gangorra. A criança que possui um Peso “**p**” deve estar afastada do ponto de apoio da gangorra. (**D>d**).

Na atividade você deve ter percebido que para equilibrar a balança era necessário fazer com que o produto do Peso (Força) pela distância (D) fosse o mesmo de cada lado da gangorra para haver o equilíbrio.

Na Física definimos uma grandeza chamada de **Momento de Força** ou **TORQUE** como sendo a medida da tendência que uma Força possui de colocar um objeto em movimento de rotação em relação a um ponto de apoio.

Em nosso exemplo da gangorra, as Forças aplicadas em ambos os lados (mesmo de intensidade diferentes) provocam na gangorra momentos iguais que tendem a girar a gangorra para lados opostos.



Assim podemos concluir que:

a) a Força que o homem exerce na gangorra produz um MOMENTO DE FORÇA em relação ao ponto **O** dado por:

$$M_o^{F_1} = F_1 \cdot d_1$$

Esse momento provoca tendência de movimento no sentido horário

b) a Força que o menino exerce na gangorra produz um MOMENTO DE FORÇA em relação ao ponto **O** dado por:

$$M_o^{F_2} = F_2 \cdot d_2$$

Esse momento provoca tendência de movimento no sentido anti-horário

Obs.: Para diferenciais os dois momentos convencionamos colocar sinal positivo para momentos que possuem tendência de giro horário e sinal negativo para tendência de

giro anti-horário. Isto não é obrigatório e você pode definir qual o sentido que está adotando como positivo ou negativo, é apenas uma convenção.

Assim de modo mais geral chamamos de **torque** ou **momento de uma Força F** aplicada num ponto **P**, em relação a um ponto **O**, o produto da intensidade **F** da Força pela distância **d** do ponto **O** à linha de ação da Força.

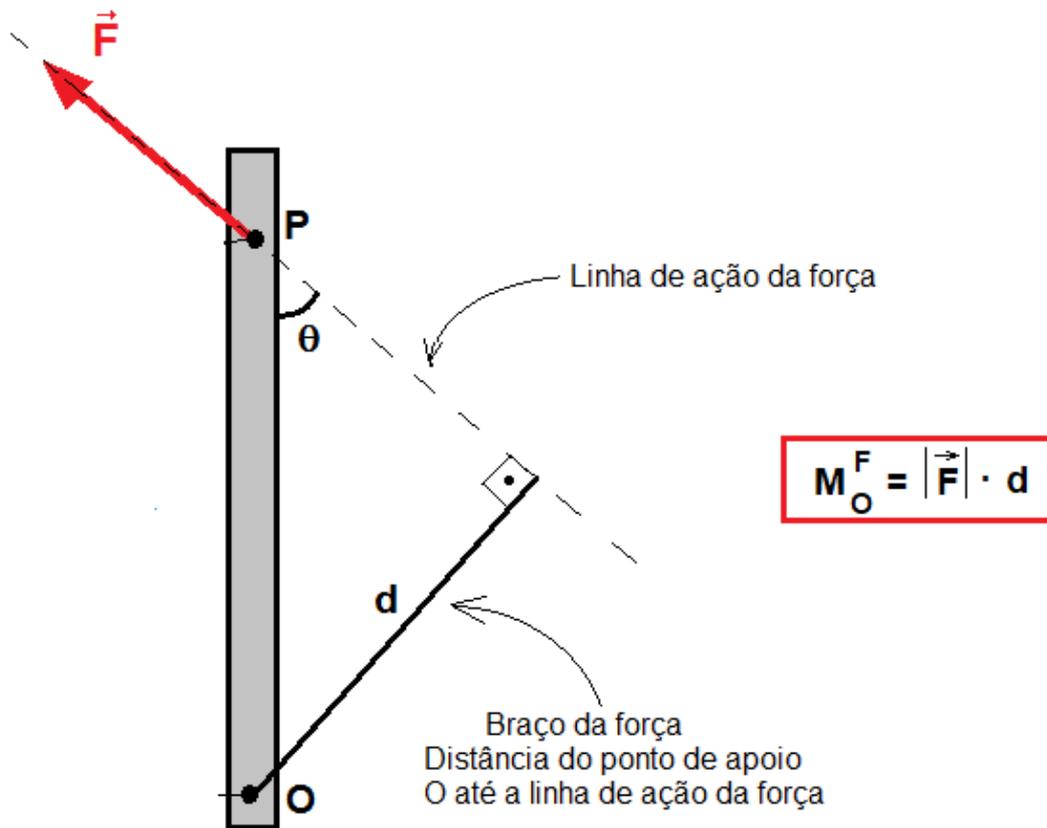


Figura 4.1 Representação da força produzindo um torque numa barra rígida.

Isso significa que:

- Quanto maior a Força maior será o torque
- Quanto maior a distância da Força ao ponto de apoio de rotação, maior será o torque.
- Um aumento no módulo da Força é compensado com uma diminuição proporcional no valor da distância.

A unidade de momento no sistema internacional (SI) é:

Newton x metro (N.m).

Não podemos confundir a unidade de momento de uma Força com a unidade de trabalho e energia, pois segundo Alberto Gaspar (2000):

*“Sabemos que o produto $N.m$ é chamado de joule (**J**), unidade de trabalho e energia. Entretanto o joule não é utilizado para momento, porque momento é uma grandeza de natureza diferente de trabalho e energia. Como vimos, trabalho é uma grandeza escalar, definida pelo produto escalar. Momento, no entanto, é grandeza vetorial”⁴*

Nossos desafios não acabam!!!!

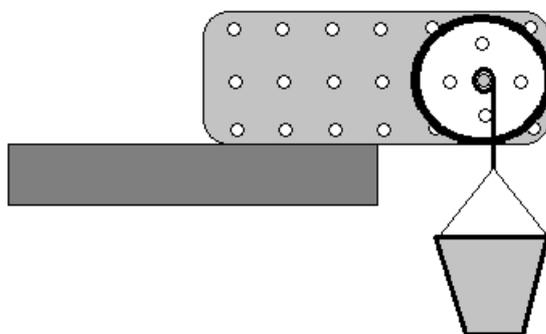
Ser um projetista dos protótipos das cadeiras de rodas elétricas não é algo simples, sendo necessários muitos conhecimentos e estudos.

O motor utilizado nas cadeiras de rodas muitas vezes não são motores tão fortes como imaginamos. Os motores “mais fortes” tendem a ser pesados e grandes, por isso utilizamos motores mais fracos e leves. Será necessário então adotarmos “um artifício” que amplifique sua Força. Um bom exemplo de equipamento que utilizam este tipo de “artifício” em sua montagem que amplifica a Força do motor é o guindaste.

Agora o seu desafio é construir um guindaste, então vamos.....

Projeto 3: Guindaste

Nesse novo desafio você e seu grupo deverão elaborar uma adaptação para o “Projeto 2: Ventilador de mesa com 3 velocidade” desenvolvido no capítulo 3, transformando-o em um guindaste para suspender massas que serão fornecidas pelo professor.



- Construa ou faça as modificações necessárias para que o protótipo do ventilador funcione como um guindaste que será utilizado para suspender a maior massa possível. Faça um desenho esquemático da relação entre as polias ou engrenagens do guindaste construído indicando quais as polias usadas e o valor máximo da massa suspensa.

⁴ Física – Mecânica; Alberto Gaspar, Ed. Ática – 2000.

b) Após todos os grupos realizarem suas construções anote os valores dos raios das polias e das massas suspensas na tabela a seguir.

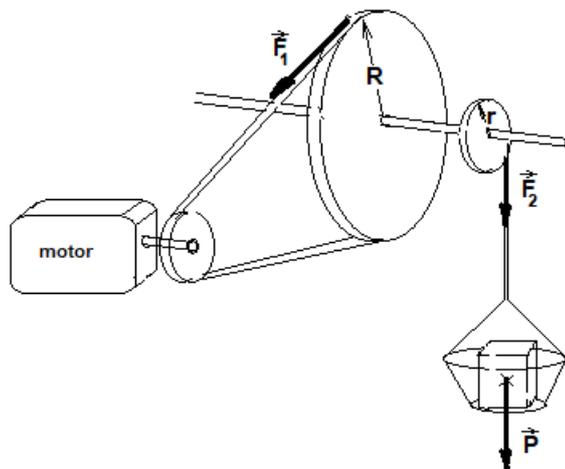
GRUPO	Polia/engrenagem motora	lia/engrenagem presa ao fio	Massa suspensa

Destas observações podemos concluir que:

Quando acoplamos um motor a um eixo por meio de uma polia, quanto maior for o Raio desta polia, _____ será a velocidade de rotação deste eixo e conseqüentemente _____ será a Força de tração exercida em uma corda amarrada a este eixo (Torque do motor)

Como pudemos perceber neste projeto do guindaste a redução da velocidade angular do eixo provoca um aumento do torque no eixo utilizado para erguer as massas. Assim este mecanismo de redução da velocidade de rotação do eixo aumenta muito a capacidade do guindaste, ou seja, faz com que ele tenha a capacidade de erguer uma massa muito maior. **Mas como isso é possível?** Você juntamente com seus colegas, utilizando os conceitos de momento de Força que estudamos, seriam capazes de explicar a razão deste "ganho de Força" do nosso guindaste?

Para buscar uma explicação procure representar inicialmente as Forças que atuam nestes eixos de tração, para depois buscar uma resposta.



Você e seus amigos devem ter percebido que, para reduzimos a velocidade de rotação do eixo, utilizamos a polia de maior raio R ligada ao motor. A extremidade da polia é então tracionada por uma Força F_1 exercida pelo elástico (correia) na extremidade desta polia. Deste modo esta Força F_1 realiza um momento (TORQUE) sobre este eixo cujo braço será o próprio raio da polia e será dado por:

$$M_{F_1} = F_1 \cdot R$$

Assim podemos perceber que quanto maior o raio da Polia, maior será o momento que a Força F_1 irá provocar neste eixo.

Quando colocamos uma carga (massa) na cestinha que também está ligada ao eixo (que será erguida pelo eixo), o fio de sustentação também provocará neste eixo uma Força F_2 que criará outro torque com sentido contrário ao anterior. O braço deste novo torque será igual ao raio da polia menor r (caso o fio se enrole sobre o próprio eixo, o braço do momento será o próprio raio do eixo). Assim o momento de F_2 será:

$$M_{F_2} = F_2 \cdot r$$

Quando o sistema estiver subindo com velocidade constante e erguendo a carga máxima (quando o sistema estiver em eminência de repouso), teremos que o somatório dos momentos será nulo, ou seja:

$$M_{F_2} = M_{F_1}$$

$$F_2 \cdot r = F_1 \cdot R$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{R}{r}$$

Esta equação nos mostra que, quanto maior for o valor da razão entre os raios das duas polias, maior será o valor de F_2 e conseqüentemente maior será a massa erguida pelo guindaste. Deste modo podemos chamar o valor desta reação de “Ganho de Força” do guindaste.

**Ganho de força
do guindaste**

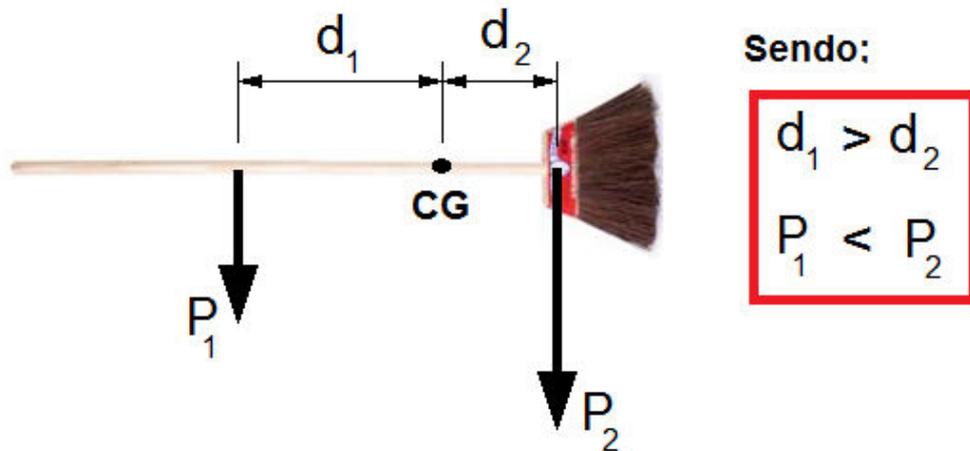


$$G = \frac{R}{r}$$

Assim se o raio da polia ligada ao motor for, por exemplo, 10 vezes maior que o raio da polia onde o fio do guindaste irá se enrolar, teremos um ganho de 10, ou seja, o valor da Força F_2 será 10 vezes maior que o módulo de F_1 .

Equilíbrio de corpos extensos

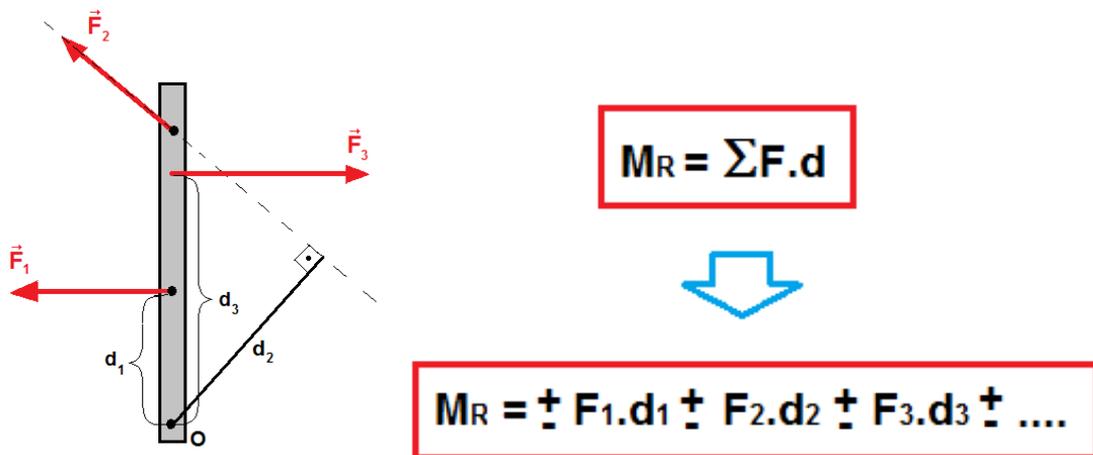
No equilíbrio de um corpo extenso como a vassoura, os blocos de madeiras ou a cadeira de rodas existem normalmente mais de uma Força atuando no corpo, ou seja, seu equilíbrio depende no torque de cada Força atuante. Ficaré em equilíbrio se o torque resultante for nulo, como no caso da vassoura.



Podemos matematicamente quantificar as Forças necessárias para o equilíbrio. Para isso trabalharemos como um somatório dos momentos, ou momento resultante.

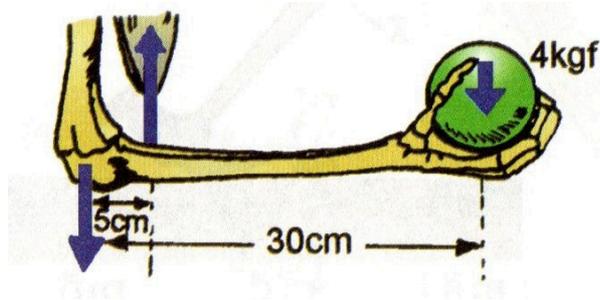
Momento de Força resultante ou Torque resultante

Momento resultante é o somatório (Σ) dos momentos de todas as Forças que atuam no corpo, em relação a um determinado ponto.



Exercícios de Torque

- 1) (UNIFOR-CE⁵) O músculo do braço de um indivíduo está preso ao antebraço num ponto situado a 5cm da articulação:

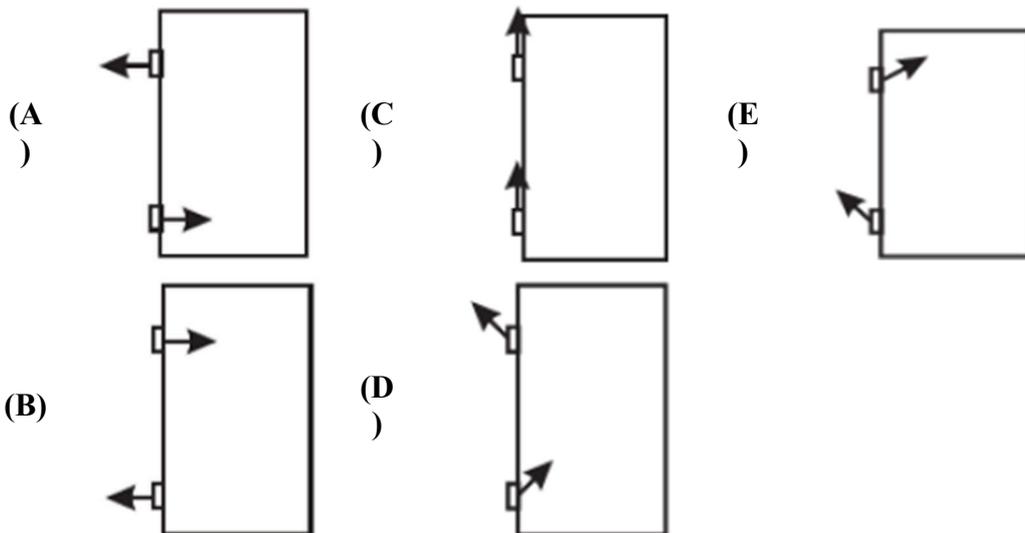


Se o antebraço tem 30cm de comprimento, para elevar uma carga de 4kgf sustentada pela mão, o músculo do braço deve empregar uma força de:

- (A) 24 kgf
- (B) 30 kgf
- (C) 12 kgf
- (D) 4 kgf

- 2) (ENEM) O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

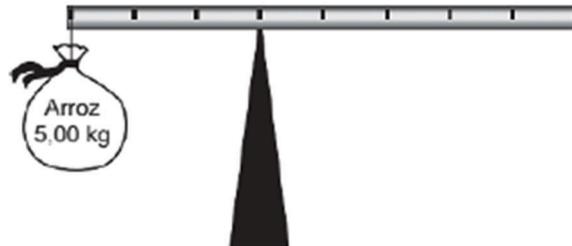
No plano, o diagrama vetorial das Forças que as dobradiças exercem na porta está representado em:



⁵ UNIFOR-CE – Universidade de Fortaleza

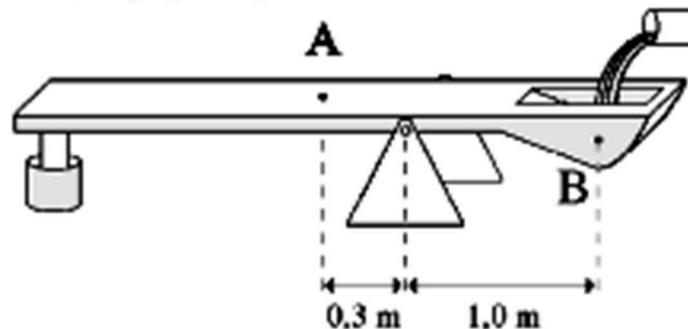
- 3) (ENEM) Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.

Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?



- (A) 3,00 kg
 (B) 3,75 kg
 (C) 5,00 kg
 (D) 6,00 kg
 (E) 15,00 kg

- 4) (FMTM⁶) O monjolo é um engenho rudimentar movido a água, que foi muito utilizado para descascar o café, moer o milho ou mesmo fazer a paçoca. Esculpido a partir de um tronco inteiriço de madeira, o monjolo tem em uma extremidade o socador do pilão e na outra extremidade, uma cavidade, que capta a água desviada de um rio. Conforme a cavidade se enche com água, o engenho eleva o socador até o ponto em que, devido à inclinação do conjunto, a água é derramada, permitindo que o socador desça e golpeie o pilão.

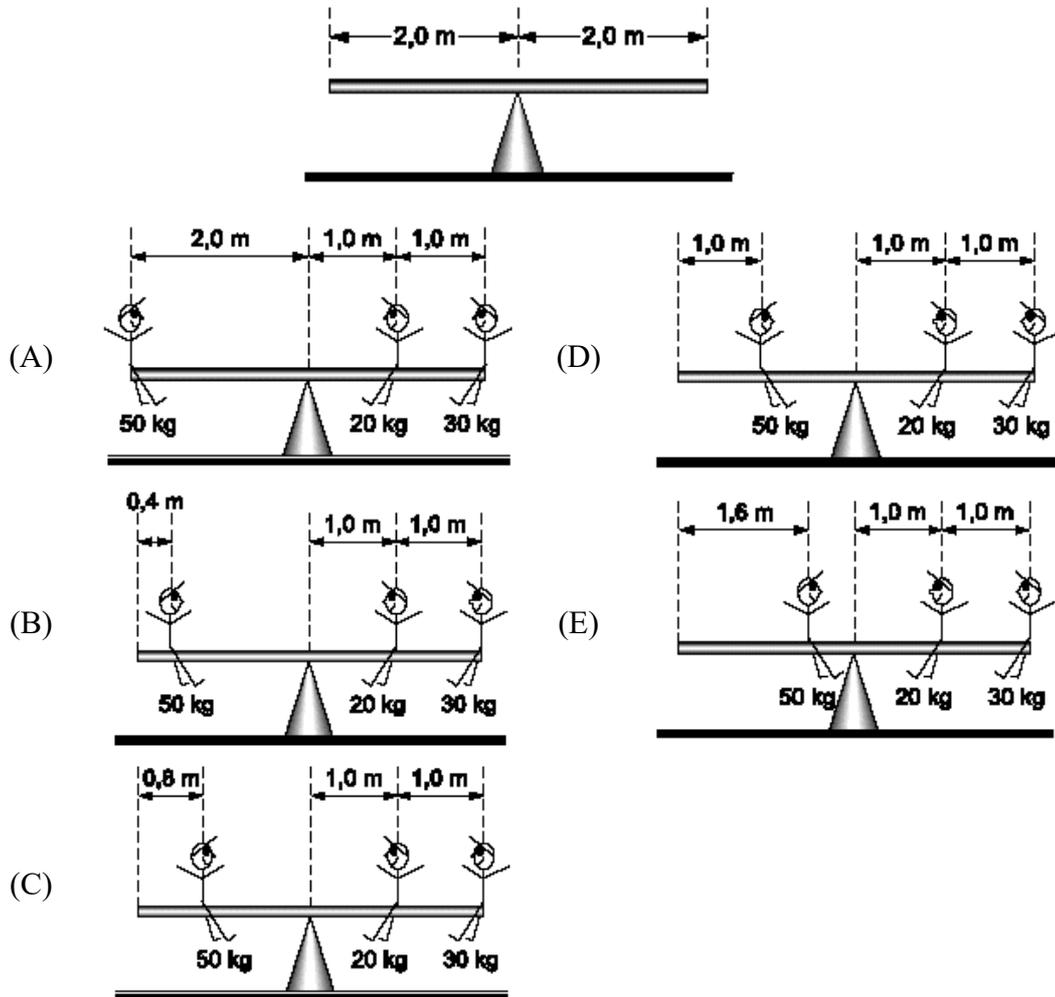


O centro de massa de um monjolo de 80kg, sem água, encontra-se no ponto A, deslocado 0,3m do eixo do mecanismo, enquanto que o centro de massa da água armazenada na cavidade está localizado no ponto B, a 1,0m do mesmo eixo. A menor massa de água a partir da qual o monjolo inicia sua inclinação é, em kg,

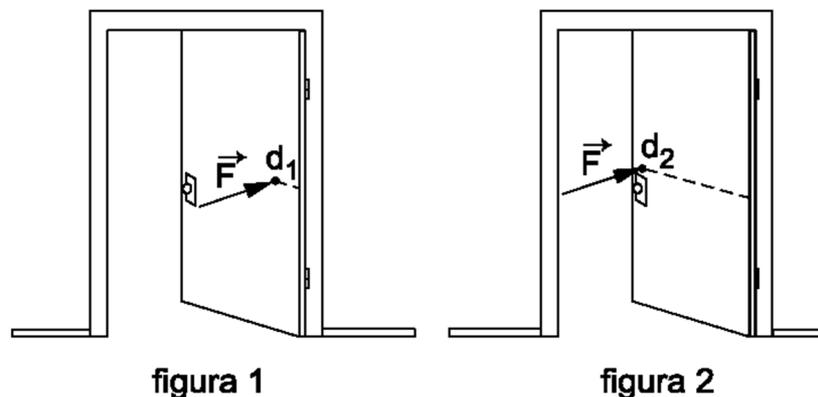
- (A) 12.
 (B) 15.
 (C) 20.
 (D) 24.
 (E) 26.

⁶ FMTM – Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro

- 5) (MACKENZIE-SP) Três crianças de massas 20kg, 30kg e 50kg estão brincando juntas numa mesma gangorra. Considerando que a massa dessa gangorra está distribuída uniformemente, as posições em que as crianças se mantêm em equilíbrio na direção horizontal estão melhor representadas na figura:



- 6) (PUC-SP) Podemos abrir uma porta aplicando uma Força \vec{F} em um ponto localizado próximo à dobradiça (figura 1) ou exercendo a mesma Força \vec{F} em um ponto localizado longe da dobradiça (figura 2). Sobre o descrito, é correto afirmar que:



- (A) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é menor.
- (B) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 1, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é maior.
- (C) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é menor.
- (D) a porta abre-se mais facilmente na situação da figura 2, porque o momento da Força \vec{F} aplicada é maior.
- (E) não há diferença entre aplicarmos a Força mais perto ou mais longe da dobradiça, pois o momento de \vec{F} independe da distância d entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da Força.

7) (UERJ)



Na figura acima, o ponto F é o centro de gravidade da vassoura. A vassoura é serrada no ponto F e dividida em duas partes: I e II.

A relação entre os pesos P_I e P_{II} , das partes I e II respectivamente, é representada por:

- (A) $P_I = P_{II}$.
- (B) $P_I > P_{II}$.
- (C) $P_I = 2 P_{II}$.
- (D) $P_I < P_{II}$.
- (E) $3P_I = 2P_{II}$.

Vamos construir uma cadeira de roda motorizada? LICITAÇÃO DAS CADEIRAS DE RODAS

IMAGINE que você é o projetista chefe de uma empresa que foi convidada por uma instituição filantrópica chamada Associação dos Amigos Deficientes Físicos – RJ (AADEF-RJ), para participar de uma licitação para a construção de muitas cadeiras de rodas elétricas num período de 5 anos, podendo chegar a mais de 10mil cadeiras, para os deficientes de locomoção que estão inscritos no programa social do governo que distribui cadeiras de rodas elétricas para pessoas desprovidas de condições financeiras e que se enquadram no perfil social do programa.



Seis empresas foram selecionadas dentre mais de 200 inscritas no lançamento da licitação, sendo que nessa fase final será escolhida apenas uma empresa para a construção de todas as cadeiras. Nessa última fase da licitação as seis empresas restantes produzirão um protótipo de uma cadeira de rodas elétrica que será avaliada pela comitiva, escolhendo a empresa

campeã.

Deste modo você e seus colegas de grupo deverão atuar como representantes de um grupo de pesquisa e desenvolvimento de uma empresa fictícia que participa desta licitação. Deverão elaborar um projeto e construir o protótipo de uma cadeira de rodas elétrica. Nesta etapa final da licitação

Serão avaliados quesitos como:

- 5) **Velocidade** – A velocidade que poderá atingir a cadeira.
- 6) **Rampa** – A potência da cadeira no transporte de diferentes massas e em diferentes rampas de inclinação.
- 7) **Estabilidade e direcionamento** – Estabilidade da cadeira no plano e na rampa e direcionamento em trajetória retilínea.
- 8) **Estética, dimensionamento, acabamento e funcionamento** – A beleza e harmonia da cadeira e seus acessórios essenciais, avaliando se as dimensões da cadeira estão dentro ou próxima do padrão. Avaliando também se a cadeira funciona normalmente ao ligar a chave interruptora.

Para atingir este objetivo será necessário executar vários estudos teóricos e desenvolver atividades práticas e testes relacionados aos fenômenos e equipamentos técnicos que serão necessários na elaboração deste projeto. Assim antes de preparar nossos protótipos de cadeiras de roda elétrica, estudaremos alguns conceitos que estão relacionados: a) a montagem elétrica e os dispositivos de controle e acionamento que serão necessários (material em apêndice); b) a confecção de uma estrutura mecânicas que darão sustentação ao protótipo; c) as formas de transmissão do movimento e estabilidade do protótipo; bem como d) a análise de potência associada ao movimento destas cadeiras no plano e em rampas

Então mãos a obra.....