



Caro(a) aluno(a),

O estudo sobre movimentos dos corpos prossegue neste Caderno por meio dos conceitos de energia e trabalho. Você terá oportunidade de estudar de forma detalhada a energia mecânica, que pode ser classificada em dois tipos: energia cinética e energia potencial.

Você também verá um pouco dos processos de transformação de energia e um dos pilares da Física: a Lei de Conservação de Energia, assunto que será retomado quando você estudar outras formas de energia (como calor, energia elétrica), quando estudar a física de partículas, ou mesmo em outras disciplinas, como nos processos de transformações estudados em Química. No Volume 1 você aprendeu sobre a conservação da quantidade de movimento e agora terá contato com a conservação da energia mecânica.

Nos processos de transformação de energia, você também terá a oportunidade de estudar o trabalho de uma força no caso de sistemas conservativos (queda livre) ou dissipativos (energia dissipada por atrito), o que lhe possibilitará, por exemplo, compreender e avaliar situações que envolvem freadas de veículos ou calcular a velocidade em que um veículo poderia evitar um acidente na estrada. Com fundamentação e base científica, você será capaz de opinar sobre os limites de velocidade permitidos nas estradas brasileiras.

Por fim, neste volume você verá situações de equilíbrio estático, translação e uma breve abordagem de equilíbrio de rotação (por meio da análise do conceito de torque). Aqui você estudará a evolução das máquinas mecânicas, das ferramentas e dos equipamentos, tanto em relação ao aumento da potência e eficiência quanto ao impacto no meio ambiente e na estrutura econômica e social.





Este Caderno propõe atividades práticas e experimentos de investigação, além de leituras de textos e consultas a *sites*, livros, revistas e profissionais da área, dando atenção à linguagem matemática e aos conceitos físicos necessários ao domínio dos conhecimentos propostos nesta etapa – tudo com a devida coordenação e orientação de seu professor.

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP  
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo  
Equipe Técnica de Ciências da Natureza



**Para início de conversa**

Neste Caderno, vamos trabalhar com as características dos movimentos que podem ser entendidas por outra lei de conservação, a da energia, que complementa o estudo do movimento.

A conservação da energia é um dos fundamentos da Física atual e, ainda que seja um conceito abstrato de compreensão não imediata, pode ser aprendida em situações concretas, nas quais a energia se manifesta e se transforma. O princípio geral da conservação da energia se aplica aos movimentos de qualquer objeto, desde planetas e galáxias até átomos e moléculas.

Também neste Caderno serão discutidas as características dos movimentos de translação e de rotação de corpos, assim como condições para haver equilíbrio e como a ampliação de forças pode ser entendida por meio das leis da Física, como a conservação do trabalho.

## TEMA 1:

## TRABALHO E ENERGIA MECÂNICA

**SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1**  
**FORMAS DE ENERGIA ENVOLVIDAS EM MOVIMENTOS**  
**DO COTIDIANO**

Para iniciar esta Situação de Aprendizagem, pense em algumas situações que envolvem o consumo de energia em seu cotidiano. Por exemplo: ao abastecer o carro com combustível; ao trocar ou recarregarmos pilhas e baterias em aparelhos como relógios, tocadores de MP3, telefones celulares e outros; ao ligarmos o interruptor que acende uma lâmpada; ao vermos um objeto cair no chão após ser abandonado no ar ou lançado para o alto.

Atente para o fato de que, em todas essas situações, determinada forma de energia é convertida em outra. Agora, pense quais delas envolvem movimento e responda às questões:

1. Imagine diferentes situações ou formas pelas quais você, um objeto qualquer ou uma parte de um sistema podem se deslocar, girar ou fazer outros movimentos. Identifique em cada caso qual é a fonte de energia para o movimento ocorrer ou ser alterado. Faça, então, uma lista desses processos ou sistemas, identificando a fonte de energia responsável por eles. Relacione pelo menos dois exemplos de movimento para cada uma das fontes de energia relacionadas na tabela a seguir.

Fonte de energia que altera o movimento	Processos ou sistemas	
Ventos/eólica	veleiro	
Solar		
Reações nucleares		
Deformações elásticas		
Gravidade		
Eletricidade	DVD	
Alimentos		
Combustíveis industrializados	carro	

2. Compare sua lista e formas de classificação com os colegas. Há exemplos que podem ser classificados em mais de uma categoria? Explique.

---



---



---



---



---

3. Quais seriam outras categorias que você sugeriria?

---



---



---



---



---



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO\*

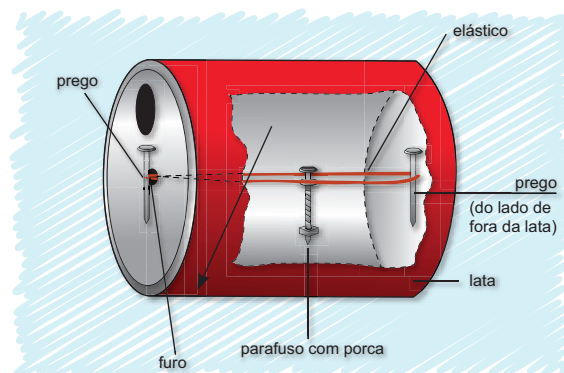
### Lata ioiô

#### Materiais

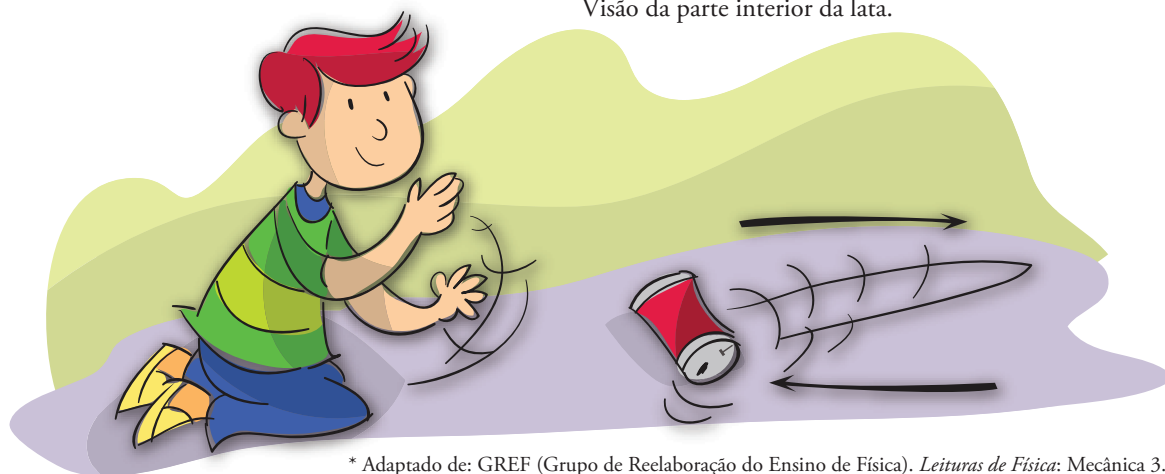
- uma lata com tampa (pode ser de achocolatado, leite em pó, suco ou semelhante);
- elásticos;
- dois pregos (ou palitos de dentes);
- um parafuso com porca.

#### Mãos à obra!

- Faça a montagem conforme mostra a figura ao lado.
- É importante que os furos estejam bem no centro da tampa da lata.
- Lance a lata para que ela role pelo chão, como mostra a figura.



Visão da parte interior da lata.



\* Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Mecânica 3. Coisas que produzem movimentos*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 84. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/MECANICA/mec21.pdf>>. Acessos em 24 nov.2009.

## Interpretação e análise dos resultados

1. Observe o movimento realizado pela lata e descreva-o. Explique o que você observou.  

---

---

---

---

---
2. Repita a atividade, aumentando a quantidade de elásticos presos ao parafuso. O que acontece com o movimento da lata? Apresente suas hipóteses sobre o que observou.  

---

---

---
3. Repita a atividade, retirando da lata o parafuso com porcas. O que acontece? Como você explica?  

---

---

---
4. Por que o movimento da lata foi se modificando? Em que situações a lata vai mais longe?  

---

---

---

---

---
5. Em seu caderno, escreva uma síntese das observações realizadas, descrevendo o que você fez, quais eram suas hipóteses iniciais e o que foi observado em cada etapa desse experimento. Não deixe de organizar os resultados, suas interpretações e conclusões, apresentando as relações identificadas.

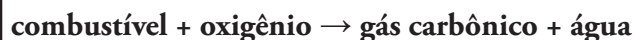


## Leitura e Análise de Texto

### O movimento e as fontes de energia: substâncias para produzir movimento

Marcelo de Carvalho Bonetti

O que há de comum entre o motor de um carro e nossos músculos? Ambos produzem movimento a partir de uma reação química conhecida como combustão:



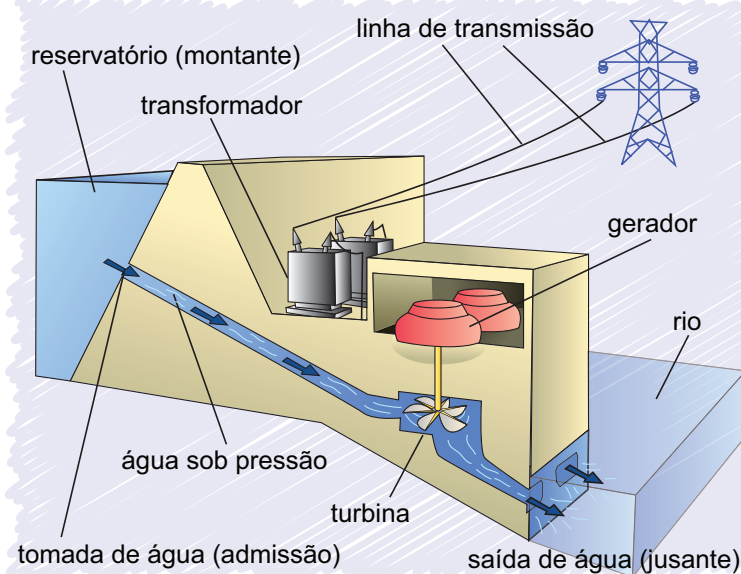
Nessa reação, a energia contida nas ligações químicas do combustível é liberada e, tanto em nossos músculos como no motor, é convertida em energia de movimento, chamada de energia cinética. No caso dos motores, o combustível pode ser gasolina, álcool ou óleo diesel, ao passo que, para os nossos músculos, a energia vem dos alimentos que ingerimos.

### Eletricidade e movimento

Motores elétricos, como os utilizados em liquidificadores e ventiladores, convertem energia elétrica em movimento. Os carrinhos de brinquedo já utilizam motores elétricos há muito tempo; hoje, contamos com motores elétricos em ônibus, como os trólebus, trens, metrô e até em carros. Em todos esses exemplos a energia elétrica é fornecida por uma fonte, que pode ser pilha ou bateria, na qual ocorrem reações químicas que liberam a energia elétrica consumida pelo veículo. Essas fontes, por sua vez, podem ser recarregadas pela eletricidade das tomadas, proveniente das usinas. Ao contrário de um motor, as usinas hidrelétricas obtêm energia elétrica a partir da energia do movimento das águas, que giram as turbinas e movem os geradores de eletricidade.

### Gravidade e movimento

Quando largamos uma bola numa rampa, ela logo inicia seu movimento de descida. Com a água da chuva ocorre a mesma coisa: ela cai e desce pelas ruas. Em hidrelétricas, a energia gravitacional armazenada na água do reservatório é convertida em energia cinética ao descer pelas canaletas.

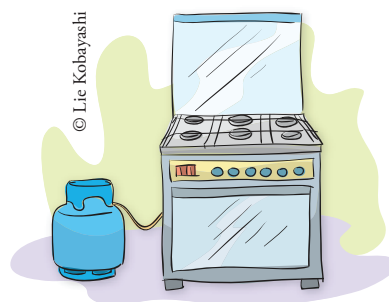


Essa energia move a turbina conectada a um gerador e produz energia elétrica. A energia gravitacional da água é convertida em energia cinética e depois transformada em energia elétrica, que segue pela linha de transmissão para o consumo nas residências, como mostra a figura da página anterior.

Esses e outros exemplos, como o da energia proveniente das inúmeras reações nucleares que ocorrem no Sol, nos mostram que a energia, de fato, sofre transformações. Na verdade, ela não pode ser “produzida” nem “eliminada”. O que ocorre, sempre, é sua conversão de uma forma em outra.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, identifique as transformações de energia que ocorrem na cozinha de casa, descrevendo-as nos seguintes utensílios\*:



- a) Leve em conta as transformações de energia desde o gás até os movimentos que ocasionalmente ocorrem na água durante o cozimento.

---



---



- b) Também no som do liquidificador se percebe a geração de energia cinética, pelo deslocamento de ondas da pressão do ar. Instantes depois, esse movimento vai se desordenando, elevando um pouco a temperatura ambiente.

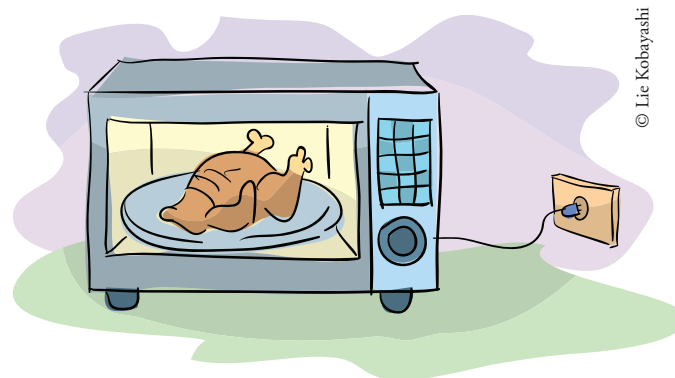
---



---

\* Adaptado de GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Mecânica 3. Coisas que produzem movimento*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 84. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/MECANICA/mec21.pdf>>. Acessos em: 7 dez. 2009.





© Lie Kobayashi

- c) Antes de produzir o calor, o forno de micro-ondas emite energia na forma de energia “radiante” das micro-ondas. Essa energia, como as ondas de rádio, é da “mesma família” da energia elétrica.
- 
- 
- 



### Leitura e Análise de Texto

Como vimos no experimento da Situação de Aprendizagem 1, podemos usar a gravidade, as molas ou os elásticos para construir sistemas que armazenam energia. Essa energia pode ser transformada e utilizada em diversos aparelhos, conforme a necessidade. Leia o texto e resolva o desafio proposto a seguir.

#### Sistemas físicos que armazenam energia

Marcelo de Carvalho Bonetti

Os alimentos, os combustíveis e as nossas células também armazenam energia que pode ser transformada a qualquer momento por meio de processos químicos. Quando a energia se encontra nessa situação de armazenamento, de potencial uso, mas sem se manifestar de forma perceptível por meio de movimento, de som ou de luz, nós a chamamos de energia potencial.

Agora, o que causaria mais estrago se caísse sobre seu pé: uma bola de boliche ou uma bola de bilhar? Bem, a resposta mais correta seria: depende!

Tudo depende da altura da qual cada bola cai, não é verdade? Se a bola de boliche cair a 3 cm de altura de seu pé, o estrago será mínimo. Já se a pequena bola de bilhar for solta de uns 3 m de altura, não seria má ideia chamar uma ambulância... Acredite, nem precisa testar! Agora, se ambas as bolas forem soltas da mesma altura, aquela que possuir maior massa causará mais danos.

Se levássemos a bola de boliche para a Lua, onde o campo gravitacional é seis vezes menor que o da Terra, e a soltássemos da mesma altura que a soltássemos daqui, o impacto lá seria menor.

Para calcular a energia potencial gravitacional ( $E_g$ ), levamos em conta todos esses parâmetros físicos. A expressão é:

$$E_g = m \cdot g \cdot h, \text{ onde } m \cdot g \text{ é o peso do objeto e } h \text{ é sua altura de referência.}$$

A energia armazenada no movimento pode ser convertida em eletricidade, como na usina hidrelétrica, ou então pode ser dissipada em calor, como quando um carro freia: utilizando o atrito entre os pneus e o asfalto, sua energia cinética diminui e as pastilhas de freio ficam quentes.

A energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade e ela também depende da massa do veículo; por isso é difícil frear um veículo de carga, como um caminhão, ou parar um carro pequeno em alta velocidade. Determinamos a energia cinética usando a seguinte expressão:  $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$ , onde  $v$  é a velocidade.

A energia mecânica é a soma da energia potencial e da energia cinética. Quando a força presente é gravitacional, a energia mecânica corresponde a energia cinética e a energia potencial gravitacional, ou seja,  $E_c + E_g = E_m$ ; se fosse uma mola, seria a soma da energia cinética mais a energia potencial elástica.

A transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética pode ser tomada como uma primeira aproximação para entender um princípio geral da Física: o princípio da conservação da energia. Indicamos que há conservação da energia mecânica quando a soma das energias potenciais (gravitacional e elástica) com a energia cinética permanece constante, mesmo que cada uma delas varie seu valor, como ocorre durante a queda de um corpo: a energia potencial gravitacional diminui enquanto a energia cinética aumenta, mas a soma delas é constante durante toda a queda. É importante ressaltar que essa soma permanece inalterada desde que a transformação para outras formas de energia seja insignificante.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Agora que você já sabe que os sistemas físicos podem armazenar energia, pense no seguinte: o calor produzido pelo freio dos automóveis poderia ser reaproveitado como outra forma de energia? Quem produziria mais energia durante uma freada: um automóvel ou um caminhão? Explique.

---



---



---



---



---



LIÇÃO DE CASA



1. Determine a energia armazenada em uma bola de boliche de 7 kg erguida a 1,5 m de altura.

---



---

2. Determine a energia de um carro de 850 kg a uma velocidade de 30 m/s.

---



---

3. Determine a energia de um caminhão de 45 000 kg a uma velocidade de 5 m/s.

---



---



PESQUISA INDIVIDUAL

Pesquise e registre, em seu caderno, como é possível extrair energia da luz, assim como fazem as plantas ao realizar fotossíntese, ou as células fotovoltaicas, que transformam energia solar em energia elétrica.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2  
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DO COTIDIANO

1. Você já viu um bate-estaca? Sabe como funciona? Para que serve? Onde é utilizado?

---



---



---



---



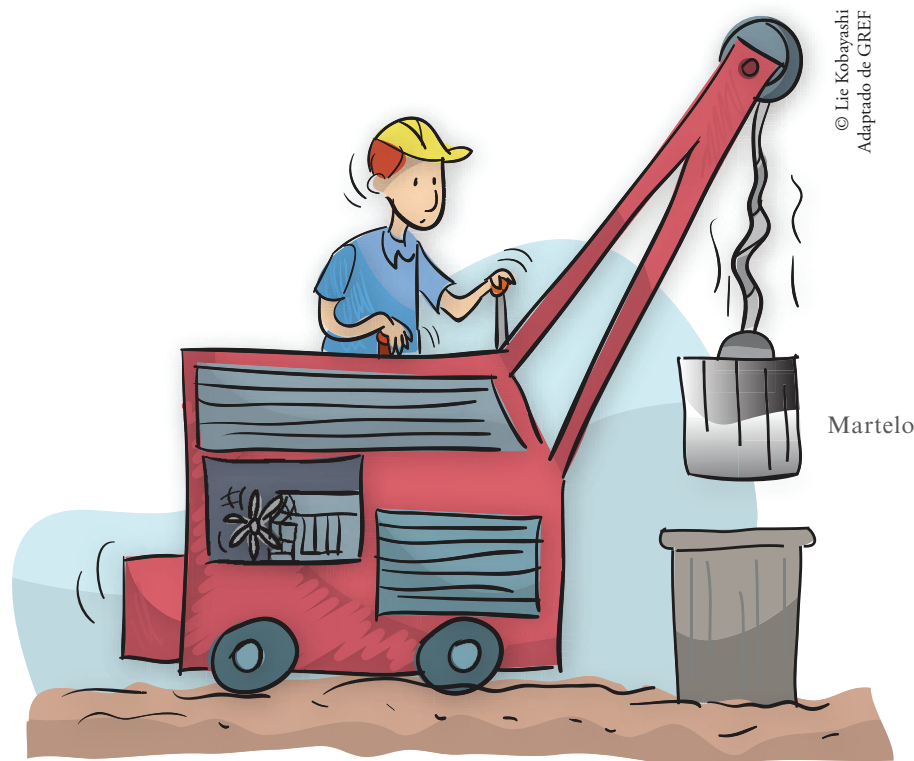
---



2. Elabore um desenho ou esquema de um bate-estaca em funcionamento, com legenda e um texto explicando seu funcionamento. Utilize conceitos físicos como força, trabalho e energia.



Veja este exemplo de um pequeno bate-estaca empregado na construção civil:



3. Considere um bate-estaca cujo martelo, com massa de 490 kg, cai de uma altura de 5 m acima da estaca e, ao atingir a estaca, a faz penetrar 3 cm no solo. Sobre a situação, responda:

a) Descreva o processo de funcionamento desse bate-estaca, discutindo: quem ou o que realiza trabalho nessa situação?

---



---



---



---



---



---

b) Quem “fornece” energia ao sistema?

---



---



---

c) Que transformações de energia ocorrem?

---

---

---

d) Comparando o início e o fim do processo, pode-se dizer que há conservação da energia mecânica? Explique.

---

---

---

e) Determine a energia potencial do bloco antes de cair e qual sua energia cinética ao atingir a estaca.

---

---

---

f) Explique as informações e os conceitos que utilizou, ou suposições que você fez, para responder aos itens anteriores.

---

---

---

---

---

g) Calcule a força exercida sobre a estaca.

---

---

---

---

h) Imagine se esse trabalho fosse realizado integralmente por uma pessoa. Descreva como seria e quais as diferenças em relação ao uso do bate-estaca.

---

---

---

---

---



### PESQUISA INDIVIDUAL

Faça uma pesquisa sobre os equipamentos que os veículos dispõem para controlar a velocidade e manter uma distância segura dos demais ao trafegar pelas ruas e pelas estradas. Converse com seus pais, parentes ou motoristas profissionais para que identifiquem qual a distância a ser mantida entre os carros em uma estrada para que, em caso de emergência, os carros possam parar sem colidir.



### LIÇÃO DE CASA



- Um carrinho de 450 kg desce em uma montanha-russa de 80 m de altura.
  - Supondo que no topo da montanha-russa a velocidade do carrinho seja praticamente nula, determine a velocidade quando ele estiver a 60 m de altura.

---

---

---

---

- Determine a velocidade do carrinho quando este chegar ao final da rampa, no nível do chão.

---

---

---

---

2. Um pingo de chuva cai de uma altura bastante elevada e atinge uma pessoa no solo sem machucá-la. Supondo que a gota d'água tenha uma massa de 0,001 kg, determine em que velocidade deveria chegar ao solo, simplesmente sob ação da gravidade, se caísse das seguintes alturas:

320 m	720 m	8 000 m
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Depois de realizados os cálculos para determinar a velocidade de queda das gotas, explique: por que ela realmente não cai com essa velocidade tão alta?

---



---



---



---



---

*O que eu aprendi...*

---



---



---



---



---



---



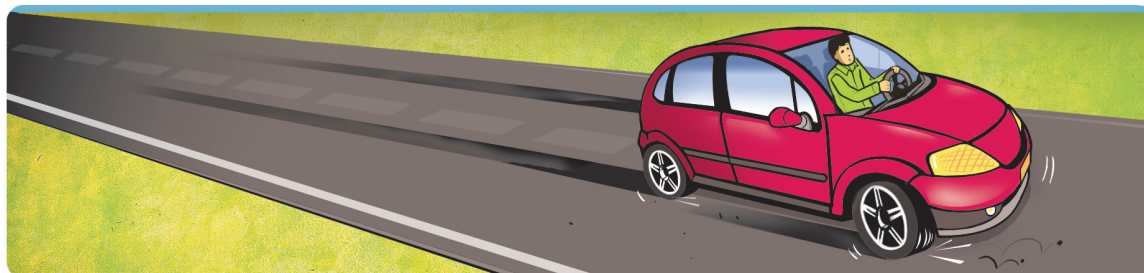
---





### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

#### RISCOS DA ALTA VELOCIDADE EM VEÍCULOS



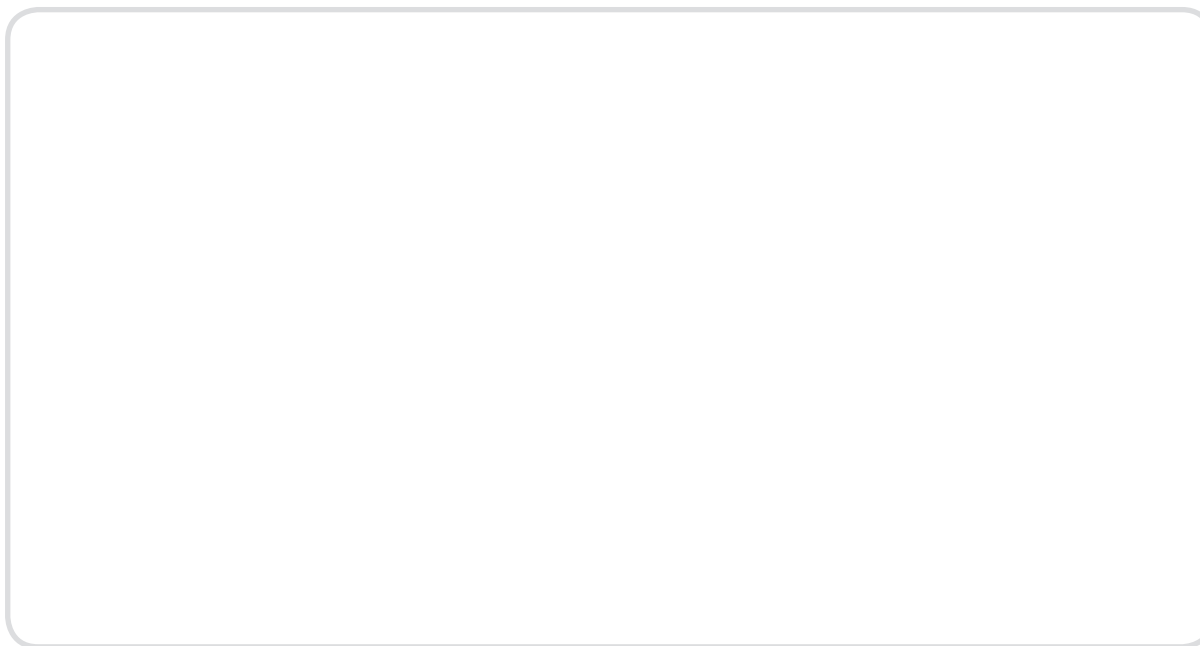
© Gus Morais

Dirigindo em uma estrada, um motorista identifica algo que exige uma freada brusca, levando um tempo para reagir e acionar o freio. Durante esse tempo de reação, o carro percorre alguns metros e, depois de acionado o freio, ainda percorre certa distância até parar. Para avaliar o risco de dirigir em alta velocidade, vamos utilizar e complementar a tabela a seguir com valores da distância percorrida por um automóvel durante a freada até parar.

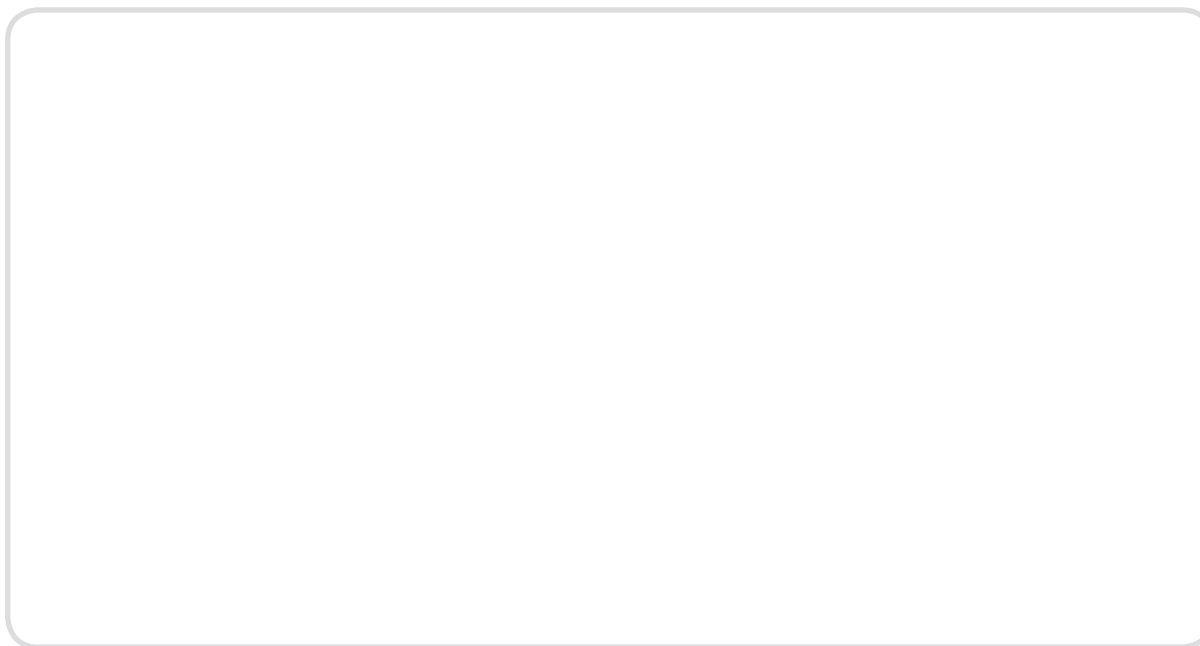
A primeira coluna da tabela apresenta diversos valores de velocidade do automóvel no momento em que o motorista percebe um obstáculo (por exemplo, outro automóvel); na segunda coluna, a distância que percorre durante o tempo de reação; na terceira coluna, a distância que percorre após iniciar a frenagem; e, na quarta coluna, a distância total percorrida.

Velocidade	Distância percorrida até reagir	Distância percorrida freando	Distância total percorrida
20 km/h (5,5 m/s)	3,3 m	1,8 m	5,1 m
36 km/h (10 m/s)	6 m	6 m	
45 km/h (12,5 m/s)			16,8 m
72 km/h (20 m/s)		24 m	36 m
80 km/h (22,2 m/s)	13,3 m	29,6 m	42,9 m
90 km/h (25 m/s)			
108 km/h (30 m/s)	18 m		
120 km/h (33,3 m/s)	20 m	66,5 m	86,5 m
144 km/h (40 m/s)		96 m	
180 km/h (50 m/s)	30 m		

1. A partir dos dados apresentados na tabela da página 17, obtenha o tempo de reação desse motorista. Calcule a distância percorrida nesse intervalo de tempo e complete a coluna da “distância percorrida até reagir”. Utilize o espaço a seguir para fazer os cálculos antes de preencher a tabela.



2. Durante a frenagem, o trabalho da força de atrito entre os pneus e a estrada reduz a energia cinética do veículo até que ele pare. Supondo um trecho horizontal com coeficiente de atrito (entre a estrada e os pneus do veículo)  $\mu = 0,8$ , calcule a “distância percorrida freando” e depois complete a coluna na tabela da página 17.



3. Complete a última coluna da tabela da página 17. Compare as distâncias percorridas em função da velocidade; por exemplo, quando o automóvel passa de 20 km/h para 45 km/h e de 120 km/h para 144 km/h. Qual a variação da distância percorrida entre um caso e outro?

---

---

---

4. O que acontece com o valor da “distância percorrida freando” quando duplicamos a velocidade, por exemplo, passando de 20 m/s para 40 m/s ou de 25 m/s para 50 m/s? Por que isso acontece?

---

---

---

---

---

---

---

5. O que se pode concluir dessas comparações?

---

---

---

---

6. Em uma revista especializada em automóveis foi realizado um teste de frenagem para o qual foram obtidos os seguintes valores: de 80 km/h a 0 km/h, a “distância percorrida freando” foi de 27,6 m, e de 120 km/h a 0 km/h, a distância foi de 62,5 m. As estimativas que calculamos para a “distância percorrida freando” são compatíveis com esses dados obtidos por equipamentos profissionais?

---

---

---



## VOCÊ APRENDEU?



Segundo a cartilha do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), *Direção defensiva: trânsito seguro é um direito de todos*, a distância segura que deve ser mantida em relação ao veículo da frente pode ser estimada utilizando-se uma regra simples conhecida como “regra dos dois segundos”, que determina que esse valor pode ser estimado pela distância percorrida pelo carro em dois segundos em uma pista seca e em três segundos sob chuva.

Discuta com seus colegas qual seria o melhor procedimento para determinar a distância a ser mantida do carro da frente, dentro dos limites de velocidade de uma estrada no Brasil. Com base nas conclusões do grupo, elaborem um “folheto” dirigido a motoristas, apresentando o procedimento para manter uma distância segura do carro à sua frente. Escreva as regras propostas e faça também esquemas e/ou desenhos.



## PESQUISA INDIVIDUAL

### Trabalho de forças variáveis

Diferentemente dos sistemas que estão sob ação de forças constantes, como os que estudamos até aqui, nos sistemas que se deformam, como molas ou materiais maleáveis, o trabalho realizado pela força de restituição não pode ser calculado por meio da expressão  $T = F \cdot d$  (onde  $d$  é a deformação e  $F$  é a força aplicada na direção da deformação). As forças elásticas são variáveis, e isso impõe uma nova dificuldade para esse cálculo. Porém, utilizando-se um gráfico da força pela deformação, o cálculo do trabalho torna-se possível também para as forças variáveis. Pesquise em livros didáticos como se pode determinar o trabalho realizado por essas forças a partir de um gráfico da força pela deformação e registre no espaço a seguir o que você descobriu.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

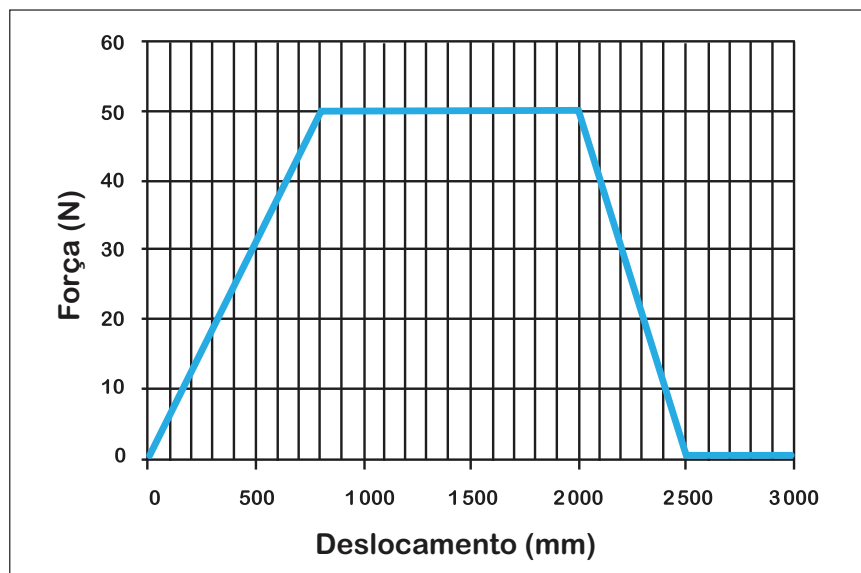


LIÇÃO DE CASA



1. Determine a energia armazenada em uma mola de constante  $k = 0,5 \text{ N/m}$  se ela for distendida em 3 m.

2. Determine a energia armazenada em um sistema que pode ser representado de forma resumida pelo gráfico de força por distância a seguir.



Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



*O que eu aprendi...*



TEMA 2:

## EQUILÍBRIO ESTÁTICO E DINÂMICO



### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 A EVOLUÇÃO DAS MÁQUINAS MECÂNICAS

**BURROS**

A COMPANHIA  
LIGHT & POWER

tendo suprimido algumas linhas de tracção ani-  
mada nos bairros já servidos por bonds electricos,  
tem a venda grande número de excellentes animaes  
para carroça, arado, trollys, etc.,etc. Para tratar e mais  
informações no Escriptorio da Gerencia de Tracção, à  
rua Direita, 7, sobrado.

Calma! Não é com você!  
Este anúncio foi publicado no  
*Diário Popular*, de São Paulo,  
em 24/09/1901 e reproduzido  
do *Boletim Histórico da Eletro-  
paulo* nº 1, de abril de 1985.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Mecânica 3*. Trabalho, trabalho, trabalho!  
São Paulo: GRAF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 85. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/graf/mec/mec3.pdf>> e  
<<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/graf/MECANICA/mec22.pdf>>. Acessos em: 24 nov. 2009.

No século passado, o transporte urbano ainda era puxado por tração animal. Hoje, os veículos e as máquinas são muito mais eficientes e utilizam motores a combustão e tração mecânica.

Animal/equipamento	Potência típica (W)	Máquina térmica	Potência típica (W)
Homem	40	Bomba a vapor de Savery (1702)	746
Boi	380	Máquina de Watt (1778)	30 000
Cavalo	746	Carro popular 1.0	42 000
Roda-d'água (300 a.C.)	2 200	Carro pequeno 2.0	98 000
Moinho de vento (1600)	10 500	Carro de Fórmula 1	670 000
Usina solar	20 000	Máquina a vapor naval (1900)	6 000 000
Turbina d'água (1850)	600 000	Máquina a vapor terrestre (1900)	9 000 000
Gerador eólico	3 000 000	Usina termelétrica a vapor (1970)	1 100 000 000
Usina hidrelétrica	6 000 000 000	Usina nuclear (1974)	1 300 000 000

Adaptado de: GOLDEMBERG, José; LUCON, Osvaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3 ed. São Paulo: Edusp, 2008.



1. Comparando os dados de potência, usando tração animal, quantos cavalos seriam equivalentes a um carro 1.0? Quantos cavalos equivaleriam à potência de um carro de Fórmula 1?

---

---

---

2. A tabela de potências indica que as máquinas a vapor utilizadas em navios ou em indústrias apresentam potência característica de cerca de 6 MW, equivalente a aproximadamente \_\_\_\_\_ cavalos, e de 9 MW, correspondente a \_\_\_\_\_ cavalos.

3. Qual seria o tamanho do pátio de uma indústria em que cavalos andariam em círculos concêntricos para alcançar, com seu trabalho animal, uma potência equivalente à da máquina a vapor?

---

---

---

---

4. Reúnam-se em três grupos.

- O primeiro deve discutir as vantagens da ampliação da força humana proporcionada por máquinas, equipamentos e veículos e os problemas causados por elas. Por exemplo, as usinas hidrelétricas: por um lado, abastecem grandes regiões do país com energia elétrica; por outro, provocam desmatamento, assoreamento e poluição, causados pela exploração ambiental.

**Vantagens:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**Problemas:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- O segundo grupo deve discutir as conquistas do ser humano que foram possíveis graças às máquinas. Por exemplo, mineração, carros, navios, aviões, foguetes, usinas hidrelétricas e nucleares trazem vantagens para a humanidade. O grupo deverá também discutir os problemas advindos dessas conquistas, como poluição, riscos de acidente, desmatamento, assoreamento e poluição ambiental etc.

**Conquistas:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





**Problemas:**

---

---

---

---

---

---

---

---

- O terceiro grupo deve discutir as vantagens e as desvantagens da substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico das máquinas e dos robôs, como ocorre nas linhas de montagem das indústrias ou nos campos, onde é comum o uso de semeadoras e de colheitadeiras automatizadas.

**Vantagens:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Desvantagens:**

---

---

---

---

---

---

---

---



Ao final, os três grupos devem debater as vantagens e as desvantagens dos avanços tecnológicos das máquinas utilizadas pelo homem e produzir um cartaz ou mural que apresente a síntese de suas conclusões.



## PARA SABER MAIS

Para enriquecer seu cartaz ou mural, cada grupo de alunos deve assistir a um dos filmes indicados a seguir. Eles tratam das temáticas abordadas pelos três grupos nas discussões desta Situação de Aprendizagem.

- *Uma verdade inconveniente (An inconvenient truth)*. Direção: Davis Guggenheim. EUA, 2006. 100 min. Livre. Documentário. O cineasta mostra os esforços do ex-vice-presidente dos Estados Unidos da América, Al Gore para alertar a população mundial com relação ao superaquecimento global.
- *Syriana: A indústria do petróleo (Syriana)*. Direção: Stephen Gaghan. EUA, 2005. 126 min. 14 anos. Ação/Drama. Uma crítica à indústria de petróleo e à dependência dos Estados Unidos da América em relação a ela. O filme mostra um agente da CIA (Agência Central de Inteligência) no Oriente Médio investigando terroristas. O agente começa a perceber que a ação da CIA é deixada de lado para favorecer a negociações políticas.
- *K-19: The widowmaker (K-19: The widowmaker)*. Direção: Kathryn Bigelow. EUA, 2002. 138 min. 12 anos. Suspense. Nesse filme, você poderá perceber alguns processos de transformação de energia aplicados ao mundo tecnológico. Em plena Guerra Fria, o submarino nuclear russo *K-19*, em sua viagem inaugural em junho de 1961, rumo para as águas norte-americanas em uma missão rotineira de espionagem. Descobre-se que o reator está vazando e precisa ser consertado para evitar um desastre nuclear.
- *Inimigo do Estado (Enemy of the state)*. Direção: Tony Scott. EUA, 1998. 131 min. 14 anos. Suspense. Com a evolução da tecnologia, o Estado desenvolve instrumentos para monitorar seus cidadãos. Câmeras, microfones, escutas telefônicas, sistemas de computadores interligados, satélites e até, aparentemente inofensivos, telefones celulares e cartões de crédito são alguns dos aparelhos tecnológicos que podem ser utilizados para obter informações sobre qualquer cidadão.
- *Twister (Twister)*. Direção: Jan De Bont. EUA, 1996. 116 min. Livre. Ação. Uma tempestade está se prenunciando e dois grupos de cientistas rivais planejam entrar para a história colocando sensores dentro de um tornado. Para que os sensores sejam levados pela tempestade, é necessário ficar o mais próximo possível do tornado. Em uma das equipes está uma jovem obcecada por tal ideia, pois ela viu o pai ser levado por uma tempestade.
- *Koyaanisqatsi – Uma vida fora de equilíbrio (Koyaanisqatsi – Life out of balance)*. Direção: Godfrey Reggio. EUA, 1982. 87 min. Livre. Documentário. Um documentário que contrasta a tranquilidade da natureza com o frenesi da sociedade urbana contemporânea. Reúne

imagens de tirar o fôlego e uma premiada e eloquente trilha sonora, discutindo a desenfreada evolução tecnológica. O filme é o primeiro da trilogia *Qatsi – Koyaanisqatsi* (vida desequilibrada), *Powaqqatsi* (vida em transformação) e *Naqoyqatsi* (vida em guerra).



LIÇÃO DE CASA



Procure em CDs ou na internet as letras das seguintes músicas (se possível escute cada uma delas).

*Construção*, de Chico Buarque; *Brejo da cruz*, de Chico Buarque; *Lunik 9*, de Gilberto Gil; *Pacato cidadão*, de Samuel Rosa e Chico Amaral; e *De volta ao planeta dos macacos*, de Marco Túlio, PJ e Rogério Flausino.

Faça uma redação de no mínimo uma página que incorpore trechos dessas músicas e aborde a relação entre ciência, tecnologia e sociedade.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

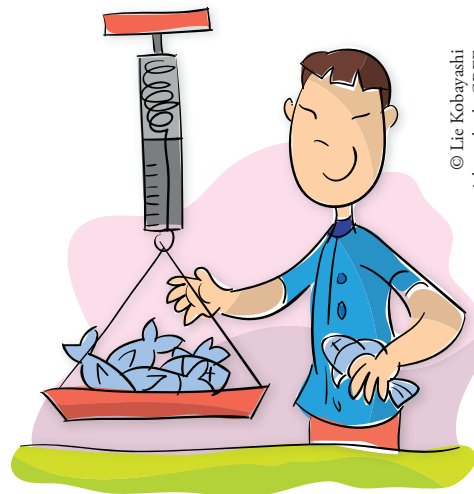
---

---





## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 AVALIANDO SITUAÇÕES DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO



© Lie Kobayashi  
Adaptado de GREF

Para avaliar situações de equilíbrio estático, vamos construir um equipamento que se baseia no equilíbrio entre a força elástica e outras forças, um dinamômetro. Esse equipamento mede a força e é bastante conhecido. Um exemplo é a balança de peixeiro, ou balança de dedo, como é chamado o equipamento; ele utiliza o dinamômetro para medir a força e avaliar a massa dos objetos, em unidades como o quilo.



### ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO\*

#### Dinamômetro

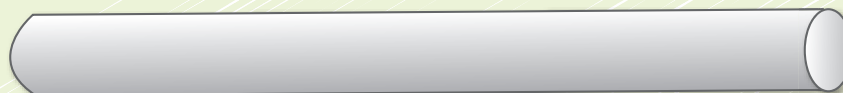
##### Materiais

- uma rolha;
- 1 m de arame galvanizado (número 18 ou 20);
- cano plástico de  $\frac{1}{2}$  polegada ou  $\frac{3}{4}$  polegada de 20 cm a 50 cm de comprimento;
- pedaço de madeira com largura e profundidade de até 3 cm e comprimento entre 10 e 20 cm;
- papel quadriculado ou milimetrado com 10 cm a 20 cm de comprimento por 3 cm de largura;
- quatro parafusos pequenos com ponta em gancho.

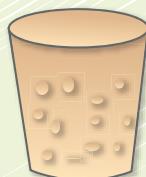
\* Adaptado de GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Mecânica 2. Medindo Forças*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 54. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/MECANICA/mec14.pdf>>. Acessos em: 24 nov. 2009.

**Mãos à obra!**

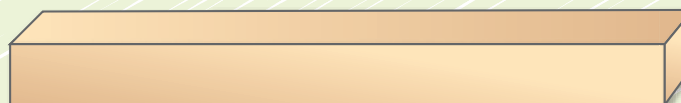
© Lie Kobayashi



**cano**



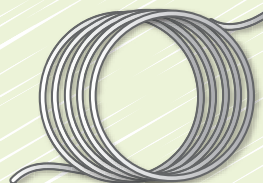
**rolha**



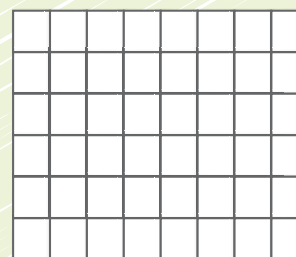
**pedaço de madeira**



**parafuso**



**arame galvanizado**



**papel quadriculado**

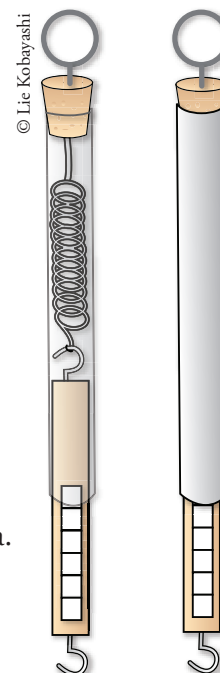
Vamos montá-lo como indica a figura.

**Seu dinamômetro deve ficar assim:**

1. Enrole um pedaço de arame em um lápis ou em uma caneta grossa, formando as espirais da mola.



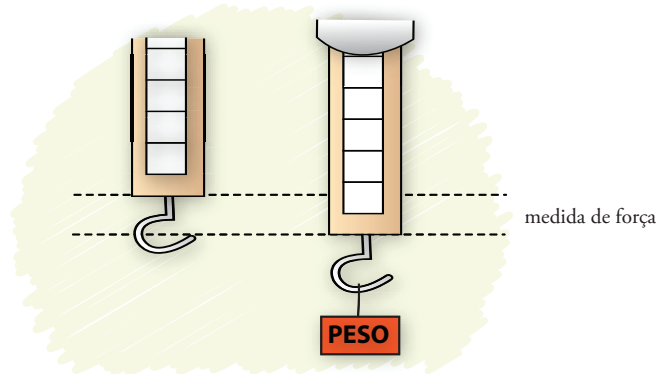
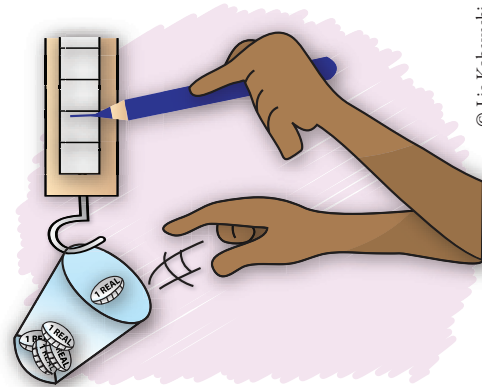
2. Com as pontas do arame faça um gancho. A mola está pronta.
3. Certifique-se de que a espessura da mola é suficiente para ela caber dentro do cano.
4. Cole o papel quadriculado na madeira.
5. Usando os parafusos, prenda a mola de um lado à madeira e do outro à rolha.
6. Insira o conjunto dentro do cano, iniciando pela madeira.
7. Pressione a rolha contra o tubo até ficar firme.



© Lie Kobayashi



1. Agora vamos calibrar o dinamômetro, utilizando as marcas do papel quadriculado, para indicar alguns valores de força. Lembre-se, cada vez que acrescentamos massa ao dinamômetro, ocorre um novo equilíbrio estático entre a força elástica da mola e a força gravitacional exercida pela massa pendurada.
2. Realize marcações no papel milimetrado que indiquem a força correspondente. Podemos usar moedas ou outros objetos cuja massa seja conhecida. Cada 1 grama de massa corresponde a 0,01 Newton de força.



Massa de moedas brasileiras*					
Moeda	R\$ 1 (cores: bronze e prata)	R\$ 0,50 grossa	R\$ 0,50 fina	R\$ 0,25 (cor: bronze)	R\$ 0,25 (cor: prata)
Massa média	6,9 g	7,8 g	3,9 g	7,6 g	4,8 g

Moeda	R\$ 0,10 (cor: bronze)	R\$ 0,10 (cor: prata)	R\$ 0,05 (cor: cobre)	R\$ 0,05 (cor: prata)
Massa média	4,8 g	3,6 g	4,1 g	3,3 g

\*Outras informações e características técnicas das moedas podem ser obtidas diretamente no *site* do Banco Central do Brasil: <<http://www.bcb.gov.br/?MOEDAREAL>>.

3. Construa os diagramas de forças que atuam no corpo do dinamômetro e no suporte com a massa.

4. Construa o gráfico no papel milimetrado da força exercida em função da massa e determine a equação que pode representar a curva de calibração de seu dinamômetro.

Pronto! Seu dinamômetro já pode ser usado.

5. Meça a força exercida para segurar seu estojo.

---

6. Com o dinamômetro, puxe seu caderno movimentando-o pela carteira; meça a força necessária para iniciar o movimento dele e anote-a: \_\_\_\_\_

7. Tente o seguinte: pendure um objeto qualquer em seu dinamômetro para determinar seu peso. Depois, pegue o mesmo objeto e coloque dentro de uma vasilha com água, pendurado pelo dinamômetro, como indica a figura. O que você percebe? Será que o objeto ficou mais leve? Ou não? Que coisa extraordinária ocorre quando o objeto é mergulhado?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

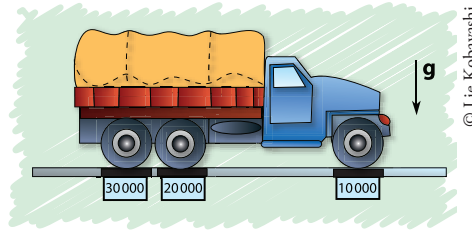


## LIÇÃO DE CASA

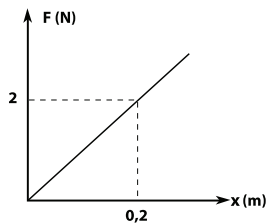


1. (Fuvest – 2001) Na pesagem de um caminhão, no posto fiscal de uma estrada, são utilizadas três balanças. Sobre cada balança, são posicionadas todas as rodas de um mesmo eixo. As balanças indicaram 30 000 N, 20 000 N e 10 000 N. A partir desse procedimento, é possível concluir que o peso do caminhão é de:

- 20 000 N.
- 25 000 N.
- 30 000 N.
- 50 000 N.
- 60 000 N.



2. Um aluno calibrou seu dinamômetro didático e montou o gráfico:



Admita  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e responda:

- a) Qual é o valor da constante elástica dessa mola?

- b) Qual é a massa do corpo pendurado no dinamômetro quando o deslocamento da extremidade da mola é de 0,5 m?



- c) Qual é o trabalho da força elástica ao passar de um deslocamento de 0,3 m para um de 0,5 m? Você pode obter o trabalho pela aplicação direta da fórmula ou pelo cálculo da área sob o gráfico nesse intervalo de deslocamento.

*O que eu aprendi...*





## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 O TORQUE EM SITUAÇÕES DE EQUILÍBRIO

Você já usou uma balança para comparar massas? Como é possível quantificar a razão entre duas massas? Uma forma bastante simples é construir uma balança de braços.



### ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

#### Balança de braços

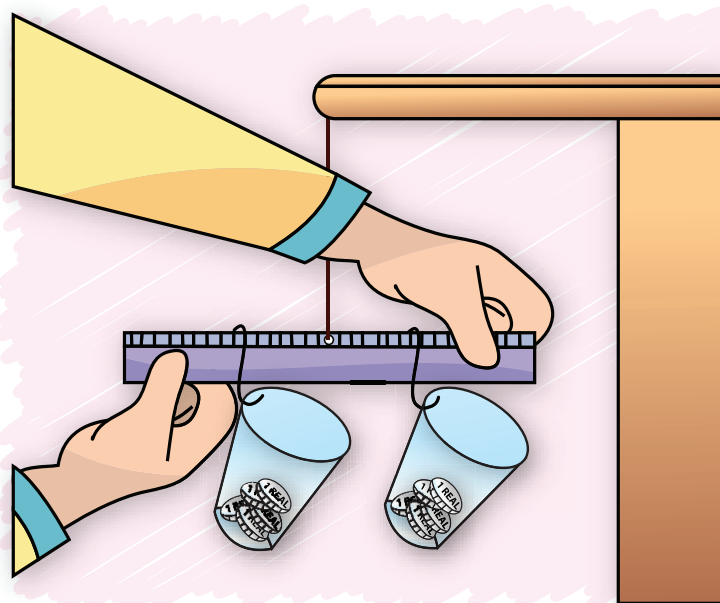
##### Materiais

Para construir uma balança de comparação, usaremos:

- uma régua rígida de plástico, madeira ou metal;
- barbante;
- copinhos plásticos;
- cliques de papel e um punhado de moedas iguais (podem ser também bolinhas de gude ou arruelas).

##### Mãos à obra!

1. Com um prego, um parafuso ou uma broca, faça um furo para passar o barbante bem no meio da régua, próximo à borda.
2. Em seguida, pendure-a no tampo da carteira ou em outro suporte. Ela deve ficar como está indicado na figura.



© Lic Kobayashi

3. Use os cliques e os copinhos como suporte para pendurar as massas na balança.
4. Eles devem ficar móveis, podendo se deslocar pela régua.
5. Use a escala graduada da régua para medir a distância entre cada copinho e o centro da régua, onde está o barbante.

### Interpretação e análise dos resultados

1. Pendure objetos de mesma massa (moedas, arruelas ou bolinhas de gude) a distâncias iguais do barbante que segura a balança. O que acontece?

---

---

---

2. Repita o procedimento ao menos três vezes, aumentando ou diminuindo a distância.

---

---

---

3. Pendure massas iguais em distâncias diferentes. O que acontece?

---

---

4. Pendure massas diferentes em distâncias iguais. O que acontece?

---

---

5. Pendure de um lado da balança uma massa a determinada distância (por exemplo, uma moeda a 10 cm) e do outro lado coloque o dobro da massa (duas moedas), em uma distância que seja a metade da distância usada do outro lado (5 cm). O que acontece?

---

---

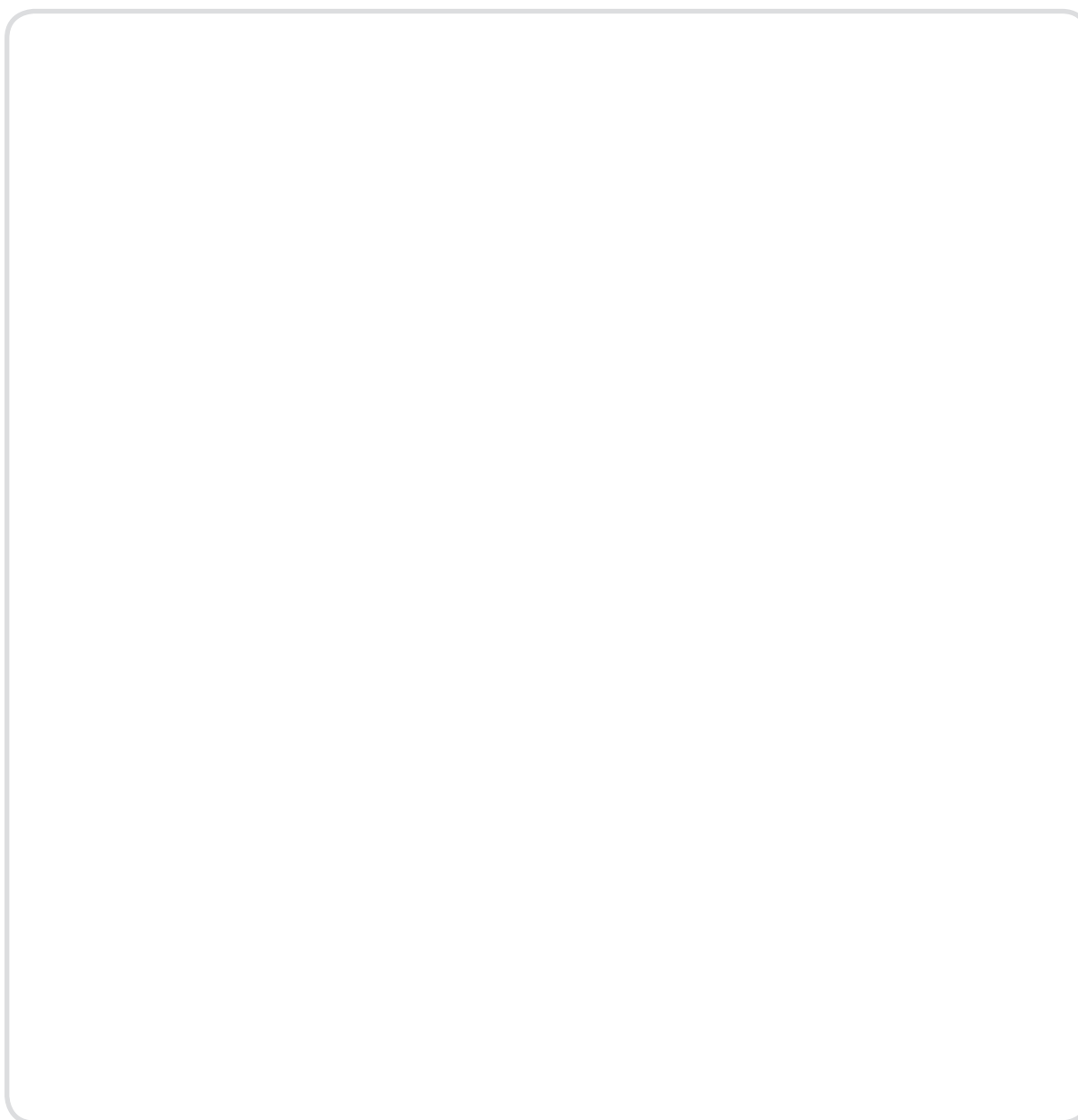
---

6. Pendure de um lado da balança três moedas a 10 cm do centro e, do outro lado, usando dois copinhos, pendure uma moeda a 20 cm e outras duas moedas a 5 cm do centro. Explique por que a balança ficou equilibrada.

---

---

7. Monte os diagramas de força das situações estudadas, indicando neles as distâncias das forças ao centro da balança (faça um diagrama para cada item).









### Fique por dentro

Você já viu alguém trocando um pneu de carro? Usa-se uma chave de boca para soltar os parafusos, mas, quando eles estão muito apertados, somente a força dos braços pode não ser suficiente. Imagine como o desafio aumenta quando se trata de um pneu de caminhão. Que sugestões você daria para soltar esses parafusos?

Uma saída óbvia seria aumentar a força aplicada ou usar seu próprio peso para girar a chave ou, ainda, chamar um amigo para ajudar. Outra solução menos intuitiva seria aumentar o comprimento da chave de boca e aplicar a mesma força de antes. Com isso, apesar de a força  $F$  aplicada ser a mesma, o torque sobre o parafuso aumenta. Essas duas soluções, somadas às suas conclusões do **Roteiro de Experimentação** da Situação de Aprendizagem 6, nos mostram que o torque ( $T$ ) de uma força pode ser definido como  $T = F \cdot d$ , sendo que  $d$  é a distância no braço da chave entre o ponto de apoio (parafuso) e o local onde a força  $F$  foi aplicada.



## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### Por que as maçanetas das portas sempre estão distantes das dobradiças?

#### Mãos à obra!



1. Você vai investigar diversas possibilidades de fechar uma porta aplicando-lhe apenas um empurrão.

2. Você vai trabalhar com três variáveis nessa investigação:
  - a) distância em relação à dobradiça do ponto de aplicação do empurrão;
  - b) intensidade da força no empurrão;
  - c) ângulo de aplicação da força, em relação à própria porta.
3. Fixe duas variáveis e teste diversas possibilidades da terceira variável.
4. Em seguida, faça o mesmo com as outras duas.
5. Depois de realizados os experimentos, monte um relatório que sintetize suas conclusões.

1. Que conclusões você tirou dessa investigação? Em quais situações foi mais fácil e em quais foi mais difícil fechar a porta?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Haveria alguma vantagem em colocar a maçaneta da porta próxima do batente ou mesmo no meio da porta? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

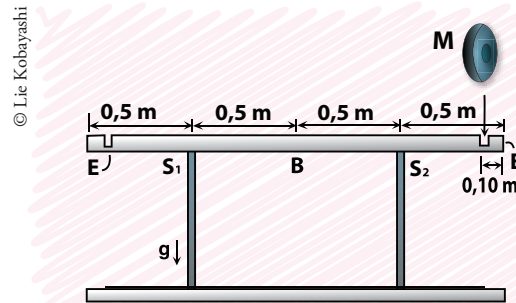


LIÇÃO DE CASA

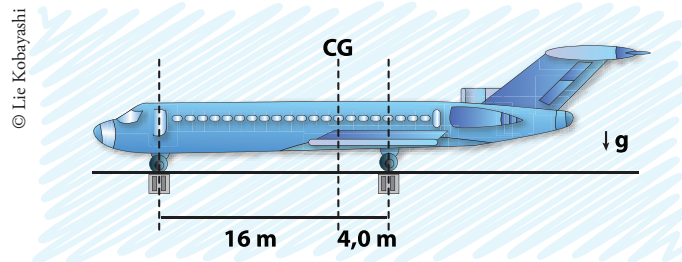


1. (Fuvest – 2009) Em uma academia de musculação, uma barra B, com 2,0 m de comprimento e massa de 10 kg, está apoiada de forma simétrica em dois suportes, S1 e S2, separados por uma distância de 1,0 m, como indicado na figura. Para a realização de exercícios, vários discos, de diferentes massas  $M$ , podem ser colocados em encaixes, E, com seus centros a 0,10 m de cada extremidade da barra. O primeiro disco deve ser escolhido com cuidado, para não desequilibrar a barra. Entre os discos disponíveis, cujas massas estão indicadas abaixo, aquele de maior massa e que pode ser colocado em um dos encaixes sem desequilibrar a barra é o disco de:

- a) 5 kg.
- b) 10 kg.
- c) 15 kg.
- d) 20 kg.
- e) 25 kg.



2. (Fuvest – 2002) Um avião, com massa  $M = 90$  toneladas, para que esteja em equilíbrio em voo, deve manter seu centro de gravidade sobre a linha vertical CG, que dista 16 m do eixo da roda dianteira e 4,0 m do eixo das rodas traseiras, como na figura abaixo. Para estudar a distribuição de massas do avião, em solo, três balanças são colocadas sob as rodas do trem de aterrissagem. A balança sob a roda dianteira indica MD, e cada uma das que estão sob as rodas traseiras indica MT.



Uma distribuição de massas, compatível com o equilíbrio do avião em voo, poderia resultar em indicações das balanças, em toneladas, correspondendo aproximadamente a:

- a) MD = 0    MT = 45.
- b) MD = 10    MT = 40.
- c) MD = 18    MT = 36.
- d) MD = 30    MT = 30.
- e) MD = 72    MT = 9,0.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 AMPLIAÇÃO DE FORÇAS: AUMENTANDO O DESLOCAMENTO NA REALIZAÇÃO DE TRABALHO

1. Depois de colocar um parafuso e girar até prender, na hora de apertar o parafuso, o que você faz para aumentar sua força e conseguir girá-lo?

---

---

2. Uma pessoa sozinha consegue colocar uma motocicleta na caçamba de uma caminhonete usando uma rampa, feita com um pedaço de madeira ou de metal. Será que também é possível fazê-lo sozinho sem a rampa, só no muque? Explique.

---

---

3. Você acha que uma rampa amplifica sua força? Como?

---

---

4. Como uma só pessoa consegue levantar o motor de um carro na oficina mecânica usando uma talha com várias roldanas móveis?

---

---

5. Você acha que as roldanas podem amplificar sua força? Como?

---

---

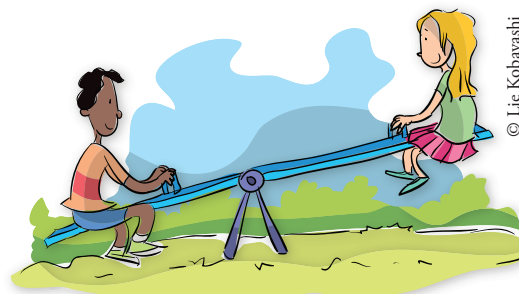
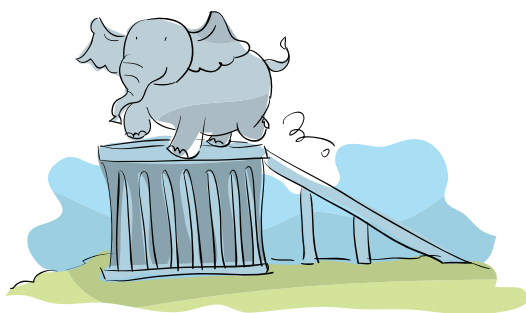
6. Os alicates têm cabos mais compridos que seus bicos. Como isso amplifica nossa força na hora de segurar, amassar ou cortar as coisas?

---

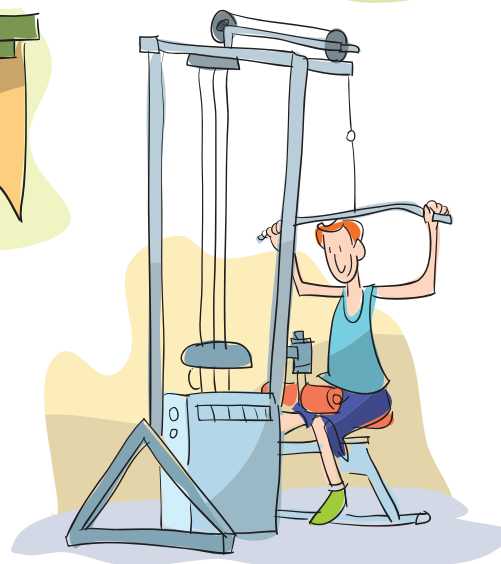
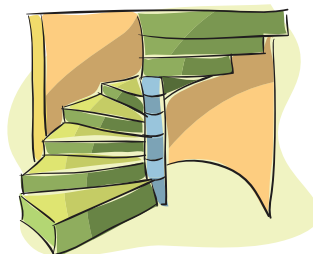
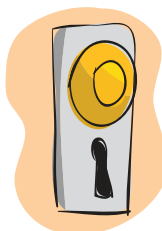
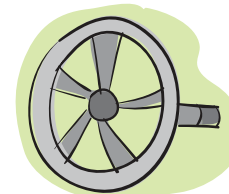
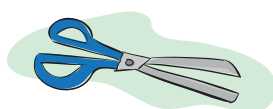
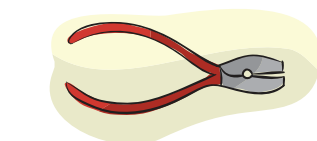
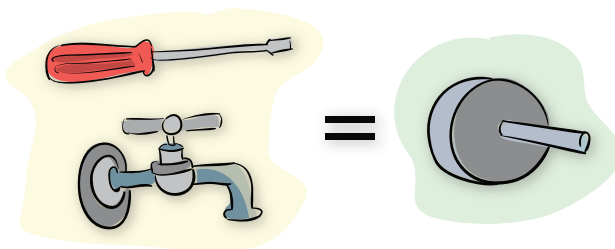
---

---

7. Classifique as imagens a seguir em grupos de aparatos que amplificam nossa força: I – Planos inclinados; II – Alavancas; III – Rodas e eixos; e IV – Roldanas; e preencha a tabela da próxima página.



© Lie Kobayashi



Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Mecânica 3. Como facilitar um trabalho.* São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 101. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/MECANICA/mec26.pdf>>. Acessos em: 24 nov. 2009.

I – Planos inclinados	II – Alavancas	III – Rodas e eixos	IV – Roldanas



**Saiba mais!**

Em nosso dia a dia, convivemos com tantos ampliadores de força que mal nos damos conta. Escadas, rampas, facas, saca-rolhas, maçanetas, chaves de portas e de cadeados, interruptores de luz, ferramentas em geral, como chaves de fenda, chaves de boca, chaves inglesas e alicates, apontadores de lápis, tesouras e estiletes são alguns exemplos. Em todos esses, e em muitos outros objetos, instrumentos, ferramentas e utensílios, um mesmo processo físico acontece: realiza-se um trabalho que requer muita força aplicando-se uma força menor por um deslocamento maior. Quanto maior for o deslocamento do objeto, maior será a ampliação da força obtida pela realização do trabalho.

Para entender como as diversas ferramentas e utensílios domésticos que aparecem em nosso dia a dia nos mostram isso, responda às questões:

1. Por que um martelo tem um cabo comprido?

---



---



---



2. Por que a parte da chave de casa que fica para fora da porta é mais larga que a parte que fica para dentro?

---

---

---

---

3. Por que uma chave de fenda tem a empunhadura mais grossa do que o tamanho da fenda?

---

---

---

*O que eu aprendi...*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





## PARA SABER MAIS

Os temas tratados neste Caderno podem ser aprofundados e estendidos com a leitura das referências aqui propostas. Trata-se de uma lista com as referências apresentadas ao longo das Situações de Aprendizagem.

**Sites** (Acessos em: 7 dez. 2009)

- Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja). Disponível em: <[http://encceja.inep.gov.br/images/pdfs/ciencias\\_naturais\\_em\\_br.pdf](http://encceja.inep.gov.br/images/pdfs/ciencias_naturais_em_br.pdf)>.
- GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). Disponível em: <[http://www.if.usp.br/profis/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html)>.
- NuPIC (Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares). Disponível em: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>>.
- PEC – *Construindo Sempre*. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec/>>.
- Pró-Universitário. Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/homedefisica/index.htm>>.

Nos seguintes *sites* podem ser encontrados projetos especiais para escolas, cursos, cartilhas e eventos:

- Detran-SP (Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo). Disponível em: <<http://www.detran.sp.gov.br/educacao/educacao.asp>>.
- Denatran (Departamento Nacional de Trânsito). Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/eventos/eventos.htm>>