

# CENTRÓIDE, CENTRO GRAVIDADE E CENTRO DE MASSA DE UM CORPO

## META

Discutir se conceitos de física podem ser mais bem compreendidos usando atividades lúdicas. Ver uma proposta alternativa aos livros didáticos atuais. Repensar a sequência de apresentação do conteúdo programático da física. Introduzir as grandezas físicas centro geométrico ou centróide, centro de massa e centro de gravidade, e os conceitos de homogeneidade e simetria de um corpo material.

## OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

adquirir uma visão crítica a respeito dos livros didáticos e compreender que existem alternativas para eles. Ter uma visão crítica sobre a sequência com que os tópicos de física são apresentados. ter que se pode aprender física brincando. Despertar a curiosidade dos alunos para o ensino de Física. Fazer com que eles aprendam a achar o centróide de um corpo material e o seu centro de massa. Fazer com que os alunos saibam fazer a distinção entre essas duas grandezas físicas. Introduzir os conceitos de homogeneidade e simetria de um corpo.

## PRÉ-REQUISITOS

Os alunos devem ter cursado as disciplinas psicologia da educação, física A e B.



A águia possui duas massas na ponta das asas, deslocando o centro de massa de tal forma que ela equilibra-se em qualquer ponto onde seja colocado o bico do pássaro.

(Fonte: <http://paulojogos.no.sapo.pt>)

### INTRODUÇÃO

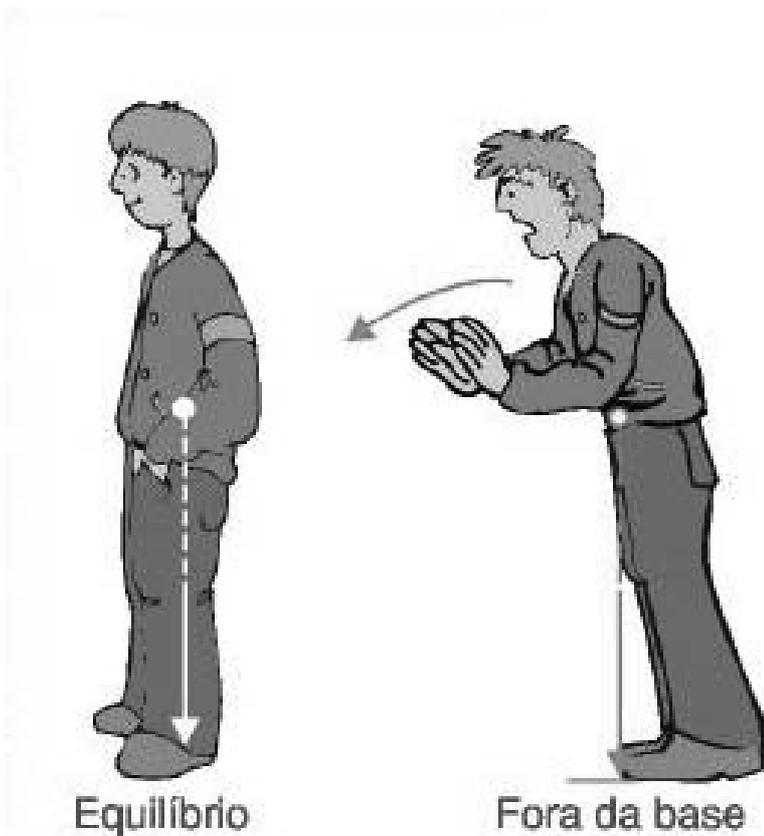
De modo geral, os livros didáticos de física para o segundo grau possuem uma estrutura mais ou menos padrão que seguem a estrutura dos livros universitários, nos quais fomos formados. Essa estrutura é assim: começa com introdução histórica do tema, seguida pela teoria com exemplos ilustrativos simples, alguns apresentam aplicações inseridas em boxes e termina com questões e exercícios para o vestibular. Após o PNLEM [1], alguns livros apresentam, no final do capítulo, algumas experiências para serem feitas em casa ou em sala de aula. Os mais tradicionais apresentam um resumo histórico na forma de boxe em algum lugar entre a teoria e os exercícios.

Em geral, atrás desse programa (projeto) de ensino está a grande motivação de preparar os alunos para o vestibular. Em poucos momentos, há a preocupação de se ensinar conceitos de física. Resulta disto que a maioria dos alunos sai do ensino médio sem saber o que é a física e qual a utilidade desta. Em geral, acredita-se que física é uma disciplina que ajuda a resolver problemas, e que não tem relação alguma com o cotidiano.

Sem querer fazer uma análise completa de como seria a construção do livro didático “ideal” segundo concepção atual, ver as regras do PNLEM, vamos fazer

aqui uma reflexão sobre o projeto do GREF [2] e sua proposta de se ensinar física a partir da vivência do cotidiano dos alunos. Desse modo, queremos mostrar a você que existem algumas propostas alternativas para o ensino de física.

Dando sequência ao nosso projeto, vamos abrir a questão de que seria interessante gastar mais tempo ensinando o tópico de física – centro de massa e centro de gravidade. Vamos discutir a possibilidade de se usar experiências de física como jogos lúdicos e colocar a questão de que o ensino de física também pode ser divertido. Como tema de experiência de física vamos propor algumas sobre o tema “Centro de Gravidade”.



Partindo da situação em que estamos em pé e nos inclinamos ligeiramente para frente, isso faz com que haja uma tendência de sairmos da condição de equilíbrio. A vertical do centro de gravidade tende a sair da área abrangida pelos nossos pés. Se nada for feito, o movimento de inclinação continuará até sair de controle e então “daremos com a cara no chão!”

(Fonte: <http://www.mecatronicaatual.com.br>)

## O PROJETO GREF [2]

O Projeto do GREF teve início em 1984, com professores da USP, que perceberam que o ensino de física não estava sendo bem abordado, visto que a maioria dos alunos não aprendia aquilo que era tratado em sala de aula. Os objetivos gerais eram melhorar a formação dos professores que ensinavam física na rede pública e propiciar aos alunos uma aprendizagem significativa dessa ciência.

O grupo GREF era formado, em seu início por professores universitários da USP. São eles: Luís Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume e João Zanetic, e posteriormente, por professores de escola pública da rede estadual do estado de São Paulo.

### O QUE É O GREF?

É uma proposta metodológica diferenciada do ensino tradicional, que tinha como objetivo auxiliar os professores de ensino de física na formação básica, promovendo formação continuada e produzindo o material do professor para sala de aula. Além disso, o grupo faz uma abordagem diferente da Física, no sentido que parte do cotidiano do aluno para explicar leis, fenômenos e instrumentos dessa ciência. Assim, a Física é vista a partir da física das coisas, diferentemente das propostas tradicionais, que começavam com as coisas da física e davam pouca importância para as implicações da mesma. Dessa forma, acreditavam que o aluno se tornaria mais estimulado a querer aprender física e seu aprendizado se tornaria mais significativo. Também podemos dizer que o projeto não se destaca somente pela sua mudança didática ou pedagógica, mas também pela reorganização do conteúdo e a temática de sua abordagem que às vezes, são totalmente diferentes dos livros convencionais, sempre priorizando o interesse e a familiaridade que os alunos e o professor têm sobre o assunto.

### MOTIVAÇÕES

As pesquisas indicaram que havia um descontentamento nos resultados de aprendizagem pelos alunos das escolas públicas de São Paulo, algumas evidências para essa ocorrência foram diagnosticadas, como por exemplo, somente vinte e dois por cento dos professores de Física têm formação na área dessa ciência, a grande maioria tem graduação em Matemática ou em ciências, e em menor proporção Química e Biologia. Outros apontamentos são feitos no livro Formação continuada de professores de ciências – no âmbito ibero-americano, p.142. que são:

“A criação do GREF teve por base um diagnóstico sobre o ensino de Física em nível de segundo grau, que revelou que:

- a) grande parte dos professores de Física não domina os conhecimentos da própria Física, nem possui preparação didática específica, visto que a maior parte dos professores tem formação em Matemática ou em outras disciplinas;
- b) o ensino de Física na prática não promove um aprendizado significativo, que permita ao estudante compreender os fenômenos, os objetos, os aparelhos e os fatos presentes em sua vida cotidiana ou em sua atividade profissional;
- c) a metodologia de ensino utilizada concebe os alunos como ouvintes passivos, estando toda a iniciativa centrada no discurso do professor;
- d) os recursos materiais para a preparação de aulas ou para aprofundamento em Física, dentro de uma perspectiva de ensino com significado prático, são escassos e fragmentados;
- e) A física era comumente confundida com um instrumental matemático.”

Essas eram os principais motivos para a realização do projeto. Apointamos alguns objetivos também apontados neste projeto são eles:

### OBJETIVOS

“Essas constatações levaram o GREF a estabelecer como objetivos prioritários:

- a) promover a formação continuada em serviço de professores de Física do segundo grau;
- b) desenvolver uma proposta curricular articulada e conceitual, que garanta um ensino ativo e significativo, permitindo ao estudante a compreensão de processos, fenômenos e fatos da vida, sem perder a visão geral dos fundamentos e princípios da Física;
- c) produzir material de apoio para a formação continuada de professores, em Física e em sua didática específica, assim como para o trabalho do professor em sala de aula;
- d) mostrar a Física do cotidiano dando condições de acesso a compreensão conceitual.”

### DIVISÃO DE ASSUNTOS DO LIVRO DO PROFESSOR

Como a proposta era uma inovação na época em que foi desenvolvida, a ordem dos assuntos que deveriam ser tratados em cada ano também era diferente:

Física 1 – Mecânica

Parte 1 – Movimento: Conservação e Variação

Parte 2 – Condições de Equilíbrio

Parte 3 – Ferramentas e Mecanismos

## Parte 4 – Descrição Matemática dos Movimentos

## Física 2 – Física Térmica e Óptica

## Física Térmica:

Parte 1 – Substâncias, Propriedades e Processos Térmicos

Parte 2 – Máquinas Térmicas e Processos Naturais

## Óptica

Parte 1 – Processos Luminosos: Interação Luz-Matéria

Parte 2 – Sistemas Ópticos que Possibilitam a Visão das Coisas

## Física 3 – Eletromagnetismo

Parte 1 – Fusíveis, Lâmpadas, Chuveiros e Fios de Ligação: Aparelhos Resistivos

Parte 2 – Motores Elétricos e Instrumentos de Medidas com Ponteiros

Parte 3 – Dínamo de Bicicleta, Gerador de Usina, Motor Gerador, Pilha e Bateria: Fontes de energia Elétrica

Parte 4 – Rádio, TV, Gravador e Toca-discos: Elementos de Sistemas de Comunicação e Informação

Parte 5 – Diodo e Transmissor: Materiais Semicondutores

Parte 6 – Componentes Elétricos e Eletrônicos

**METODOLOGIA DO LIVRO DO PROFESSOR**

No início, há um levantamento prévio de objetos, equipamentos e fenômenos do cotidiano, que se relacionam com o assunto teórico em questão. Em seguida, há uma divisão daquilo que foi levantado, em grupos e categorias, buscando enunciar leis mais gerais para cada grupo ou categoria. Isso é feito pelo professor juntamente com seus alunos, na medida em que o docente vai justificando a divisão. Por exemplo: pode-se abrir um tema e comentar que, a eletricidade é essencial para o modo de vida do homem partindo do desconforto que tiveram com uma eventual falta de eletricidade em sua residência. E perguntar quais equipamentos e fenômenos se relacionam com a eletricidade? Esta metodologia faz com que o aluno de exemplos de seu cotidiano que é o objetivo do professor, fazendo-o a começar a refletir a partir do seu dia. A explicação começa por fenômenos, ou objetos mais simples, tanto quanto a construção e operação, formando uma base teórica para objetos/fenômenos mais complexos. Pode-se começar a falar de resistência usando uma lâmpada, ou um aquecedor etc, depois de superado os questionamentos atribuídos ao funcionamento da lâmpada e do aquecedor etc, pode-se dar exemplos de sua aplicabilidade em outros contextos e mais complexos como de um secador de cabelos, que no caso os fenômenos de movimento circular já

tinham sido discutidos nos cursos anteriores. Questões, exercícios e problemas resolvidos, atividades de observação e experimentação são indicados ao longo do texto como parte integrante do programa. Quanto aos problemas, abordam, geralmente, situações práticas.

### EXEMPLO DE AULA INICIAL DO CURSO DE MECÂNICA

Abaixo, um exemplo do conteúdo de mecânica em que é apresentada uma tabela de possíveis respostas, depois de uma abordagem instigadora do professor.

**Tabela 1**

Mola	Trem	Macaco hidráulico
Bicicleta	Pião	Saca-rolha
Balança	Carrossel	Aceleração
Automóvel	Elevador	Velocidade
Martelo	Balão	Força
Bola	Torno	Motor
Guindaste	Grifo	Prédio
Pára-quadras	Engrenagem	Oficina
Alicate	Engenharia	Movimento da Terra
Dinamômetro	Relógio	Macaco de autos
Pé-de-cabra	Toca-discos	Roda
Chave de fenda	Canhão	Foguete
Ponte	Helicóptero	Pipa/Papagaio
Navio	Energia	Abridor de garrafa
Cunha	Máquinas	Chave de roda
Motocicleta		

Fonte: Física 1: mecânica/GREF, p.20.

Após esse levantamento, o professor faz a classificação das coisas levantadas, juntamente com os discentes. Nesta outra tabela, há uma possível classificação de elementos:

**Tabela 2**

<b>a – (Translação)</b>	<b>b – (Rotação)</b>	<b>c – (Equilíbrio)</b>
Automóvel	Relógio	Prédio
(demais veículos)	Rodas	Ponte
Movimento da Terra	Toca-discos	Dinamômetros
Foguete	Movimento da Terra	Macaco de autos
Canhão (bala)		Guindaste
Balão		Balança
	<b>d – (Ampliação de Forças)</b>	<b>e – (Outros)</b>
	Macaco de autos	Velocidade
	Guindaste	Aceleração
	Chaves em geral	Força
	Pé-de-cabra	Energia
	Saca-rolhas	Oficina
	Cunha	Engrenagem
	Macaco hidráulico	Engenharia

Fonte: Física 1: mecânica/GREF, p.21.

## METODOLOGIA DO LIVRO DOS ALUNOS – LEITURAS DE FÍSICA

Inicialmente, o GREF foi concebido visando, entre outras coisas, elaborar um material didático específico somente para o professor. Porém, percebeu-se que o docente acabava por ficar muito sobrecarregado, já que tinha que preparar material para os alunos também. Por isso, foi criado um material direcionado aos alunos, sendo lançado o primeiro volume em 1998 que tratava do assunto de mecânica. Posteriormente, foram criados os livros de óptica, térmica e eletromagnetismo.

Estes materiais tinham/têm as seguintes características em comparação ao livro do professor:

“Os livros do aluno são bem menos extensos. Rico em figuras e ilustrações possui muitos exercícios no final dos capítulos e todas as propostas de atividade que estão no livro do professor. A abordagem teórica dos equipamentos é rápida, assim como a descrição dos fenômenos físicos envolvidos. No corpo do texto, não há nenhuma formulação matemática ou algum exemplo numérico. Quando solicitado tal habilidade, nos exercícios é dado um respaldo, apresentando as formulações antes do mesmo e em sua própria sessão.

O livro do aluno se assemelha muito a um manual de laboratório quanto a sua forma, onde as atividades e os exercícios predominam e a teoria é bem rápida. Quanto ao seu conteúdo, ele vai ao encontro de seu objetivo para explicar a “física das coisas” e continua enfatizando e incentivando o manuseio dos equipamentos que aborda.”

Fonte:<http://socrates.if.usp.br/~cmnjr/trabalhos/Propostas%20e%20Projetos/GREF%20seminario.doc>

## CONSIDERAÇÕES

É importante frisar que outros aspectos não foram tratados e que poderiam ser contextualizados como, por exemplo, fatos históricos da evolução da ciência e do sistema produtivo.

Tão importantes como desenvolver tais assuntos será aperfeiçoar aqueles já tratados na presente proposta, sempre que se revelarem inadequados ou insuficientes para os objetivos que cada professor estabelecer no trabalho com seus alunos.



### ATIVIDADES

Responder e discutir (GREF)

1. A proposta de se ensinar Física a partir de observações do cotidiano, tais como de um automóvel, bicicleta, carrinho de pilha etc é mais interessante?
2. É possível de se realizar este projeto?
3. Você já ouviu falar nos projetos de ensino dos EUA e da Inglaterra?
4. O que é ensinar Física a partir da física das coisas? Use o exemplo do relógio de Sol.
5. O que você pensa sobre reorganização do conteúdo proposta pelo GREF?
6. Você concorda que o ensino de Física na prática não promove um aprendizado significativo, que permita ao estudante compreender os fenômenos, os objetos, os aparelhos e os fatos presentes em sua vida cotidiana ou em sua atividade profissional?
7. Você concorda que os recursos materiais para a preparação de aulas ou para aprofundamento em Física, dentro de uma perspectiva de ensino com significado prático, são escassos e fragmentados?
8. Você concorda que a Física é comumente confundida com um instrumental matemático.

### CENTRÓIDE, CENTRO DE MASSA E CENTRO DE GRAVIDADE

#### LUDOTECA OU EXPERIMENTOTECA

As oficinas de construção de materiais experimentais têm como objetivo dar suporte aos professores em suas aulas, aumentando o repertório de recursos didáticos para o ensino. A utilização de experimentos em sala de aula, seja como construção, manuseio ou até mesmo como demonstração, é, com certeza, uma forma de tornar a aula muito mais interessante, não só para o aluno, mas também mais prazerosa para o professor, pois este percebe o envolvimento do aluno na realização dessas atividades. As oficinas possuem um caráter lúdico, onde se tenta provocar a surpresa dos participantes e o interesse pelo acontecimento de determinado fenômeno físico.

No ensino médio em geral, voltado para o vestibular, os temas centro de massa e centro de gravidade são vistos muito superficialmente. Por outro lado, devido à facilidade de se confeccionar experimentos sobre centro de gravidade, temos muitos experimentos sobre esse tema em laboratórios de demonstração.

Assim, escolhemos esse tema para incentivá-lo ao uso de experimentos “caseiros” em sala de aula.

## TEORIA

Como foi visto nos cursos de Física A e B a Física está cheia de definições de objetos abstratos (matemáticos) como ponto material, trajetória retilínea e outros. Mas, na realidade, essas definições servem para justificar várias aproximações usadas pela ciência, que simplificam enormemente o trabalho de descrever o movimento de corpos extensos. Nesse sentido, as definições de centro de massa e centro de gravidade são pontos-chaves no estudo do movimento de corpos extensos.

Em geometria, o centróide é o ponto no interior de uma forma geométrica que define o seu centro geométrico [Wikipédia]. Na mecânica clássica, o centro de massa de um corpo é o ponto onde pode ser pensado que toda a massa do corpo está concentrada para o cálculo de vários efeitos. O centro de massa não precisa coincidir com o centro geométrico ou o centro de gravidade. O centro de massa nem ao menos precisa estar dentro do corpo. Para  $n$  partículas, cada uma com posição  $\mathbf{r}_i$  e massa  $m_i$ , o centro de massa é dado por:

$$\mathbf{R} = \frac{1}{M} \sum m_i \mathbf{r}_i$$

Onde  $M = \sum m_i$ . Na Física, o centróide, o centro de gravidade e o centro de massa podem, sob certas circunstâncias, coincidir entre si. O centróide é um conceito puramente geométrico, enquanto que os outros dois se relacionam com as propriedades físicas de um corpo. Para que o centróide coincida com o centro de massa, o objeto deve ter densidade uniforme, ou a distribuição de matéria através do objeto deve ter certas propriedades, tais como simetria. Para que um centróide coincida com o centro de gravidade, o centróide deve coincidir com o centro de massa e o objeto deve estar sob a influência de um campo gravitacional uniforme.

Na física, o centro de gravidade ou baricentro de um corpo é o ponto onde pode ser considerada a aplicação da força de gravidade de todo o corpo.

No caso da força de gravidade resultar de um campo gravítico uniforme, o centro de gravidade é coincidente com o centro de massa. Esta é a aproximação natural no estudo da física de objetos de pequenas dimensões sujeitos ao campo gravítico terrestre.

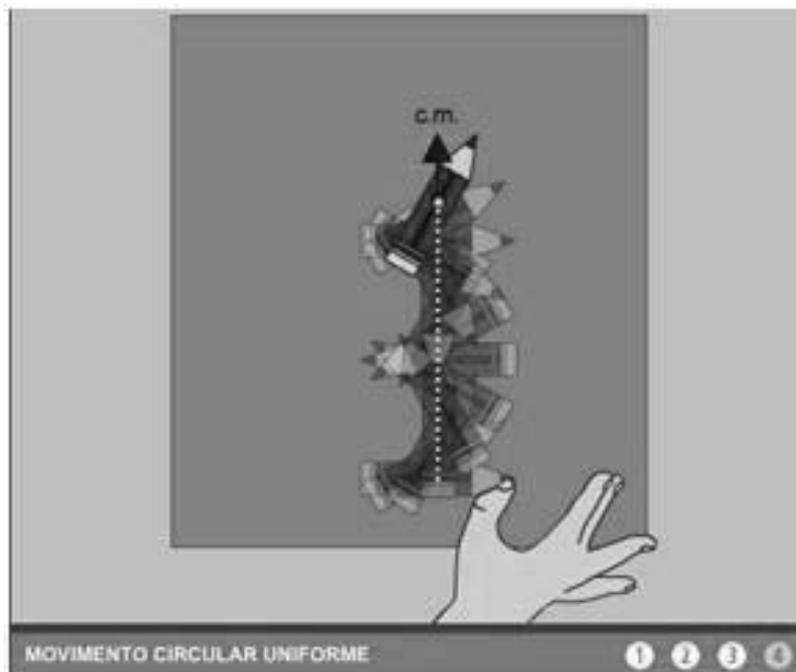


Fig1. – Applet Centro de massa de um Lápis em movimento retilíneo [4].



## ATIVIDADES

### LUDOTECA

Para essa atividade precisaremos de papelão, linha ou cordão, estilete ou tesoura, régua, caneta, durex, garfo, rolhas e uma borracha.

A primeira atividade será determinar o centro geométrico de vários objetos bidimensionais (de espessura pequena em relação às demais dimensões). Podemos tomar a tampa de uma caixa de sapato, uma tampa de uma lata ou caixa cilíndrica, e folhas de papelão de modo a poder cortá-las na geometria quadrada e trapezoidal. Em seguida, trace as diagonais principais ou a linha que corta a figura ao meio e ache o seu centro geométrico.

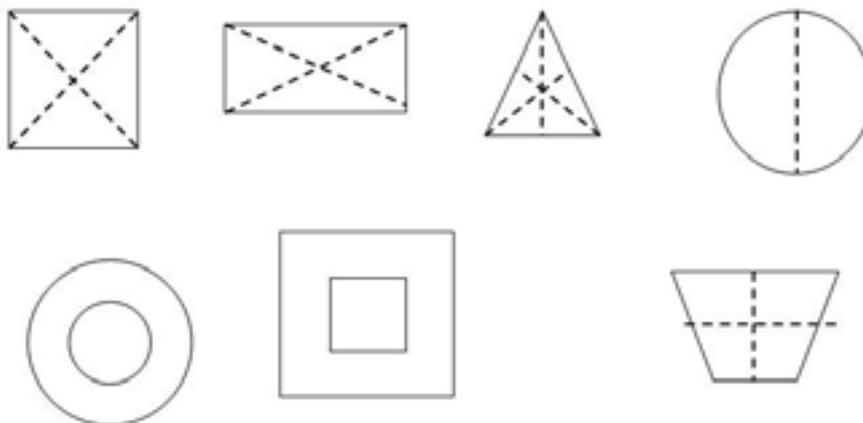


Figura1 – Figuras geométricas

Onde fica o centro geométrico do trapézio, e o do círculo e quadrado com furo?

Em seguida, pergunte se o centro de gravidade coincide com o centróide. Mande-os pegarem uma caneta e apoiarem os objetos com esta justamente no centro geométrico. Pergunte se o centro de massa coincide com o centróide.

Amarre ou cole com durex uma linha que corta a figura ao meio e verifique que ainda existe um ponto, fora do objeto, que é o seu centro de geométrico, figura abaixo.

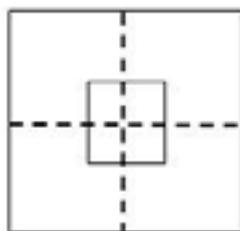


Figura2 – quadrado com furo quadrado

Pergunte se as folhas de papelão são de material homogêneo ou não. Em seguida, corte pequenos pedaços de papelão e cole em um dos lados de cada folha, sem deixá-los velos. Apóie a folha de papelão com uma ponta de caneta pelo seu CG e pergunte de qual lado está o pedaço de papelão. Pergunte como eles chegaram a essa conclusão.

Na próxima atividade, vamos simular folhas que tenham densidade diferente em regiões diferentes. Corte uma folha de papelão como na figura abaixo e cole como indicado. Pergunte se o centro geométrico da figura mudou. E o seu centro de gravidade, mudou? Depois peça para eles achar o novo centro de gravidade. Pergunte se assimetria do desenho da folha ajuda a achar o CG.

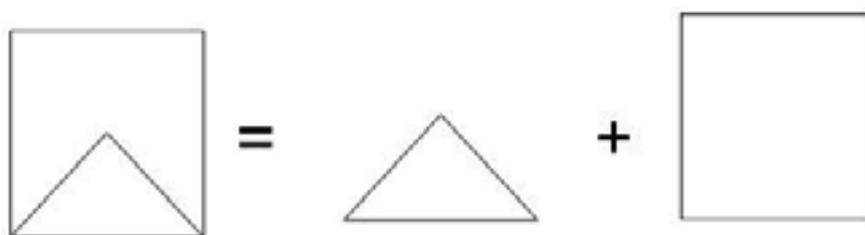


Figura3 – Quadrado com triangulo

Se tivéssemos estudando cinemática de um ponto material e fossemos descrever cada um destes corpos como um ponto material, qual seria o ponto ideal deste corpo para fazer isso?

Tome alguns livros e coloque-os uns sobre os outros. Depois, pergunte se formos deslocando-os lateralmente, formando uma escada, quando eles irão tombar?

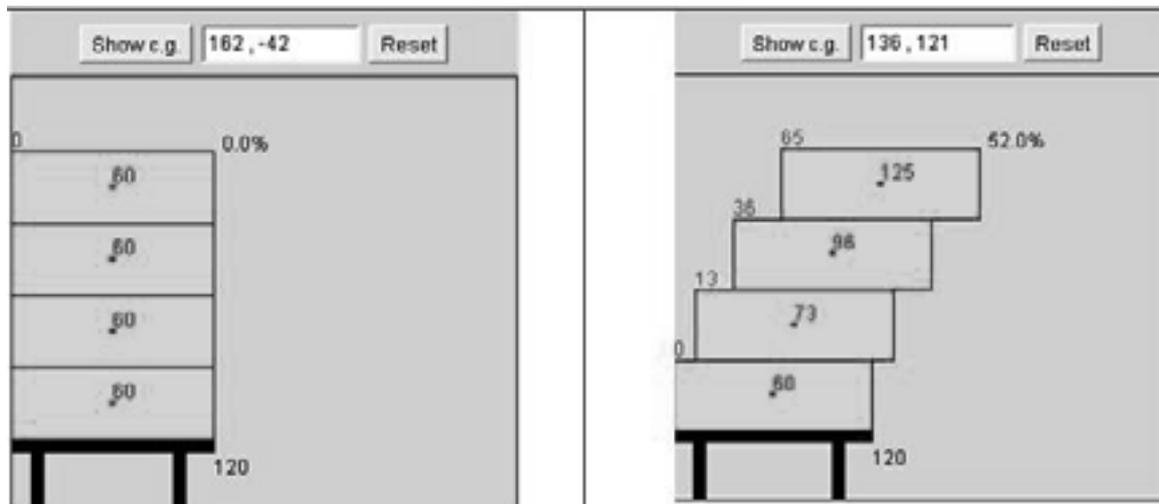


Figura 2. – Applet de demonstração do deslocamento do CG [Hwang].

Fazendo um boneco João Bobo. Tome uma base de madeira e fixe nela uma haste metálica. Tome uma rolha e prenda dois garfos nela, como mostrado na figura abaixo. Coloque o sistema rolha-garfos apoiado sobre a haste metálica e verifique que ela não cai. Por quê? Discuta com os colegas.

### O SAPO EQUILIBRISTA[FUAD]

A figura ilustra um sapo, exoticamente equilibrado, na ponta de um lápis. Parece desafiar a gravidade. Recorta-se a figura num pedaço de papelão. Colam-se moedas (ou outro material pesado) de modo a deslocar o centro de gravidade da figura.

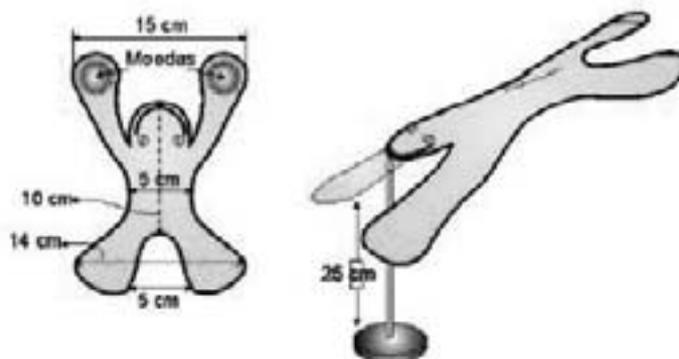


Figura5 – João bobo na forma de sapo. Fonte: Fuad.

**BORBOLETA[FUAD]**

Recorta-se o perfil de uma borboleta num pedaço de papelão e colam-se duas moedas nas pontas das asas. As moedas irão provocar um deslocamento do centro de gravidade da figura para favorecer o equilíbrio na ponta do lápis.

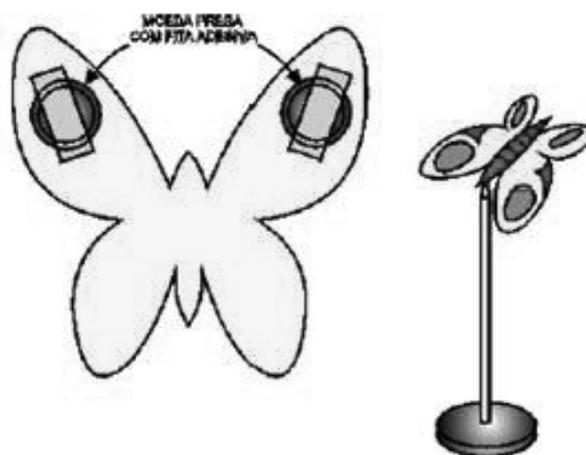


Figura6 – João bobo na forma de borboleta. Fonte: Fuad.

**JOÃO BOBO.[FUAD]**

Com um vasilhame de refrigerante que tenha um fundo esférico pode-se construir um “João Bobo”. O lastro ( areia, pedra, pedaços de ferro, etc) não deve ultrapassar a calota esférica da base do vasilhame e deve, também, ficar preso dentro calota.



Figura7 – João bobo de garrafa pet. Fonte: Fuad.

sempre retorna ao equilíbrio original – que é uma posição de “equilíbrio estável”.

## COMO EXPLICAR?

O lastro que é muito mais pesado que o vasilhame, faz com que o CG do sistema se localize dentro da calota esférica que contém o lastro.

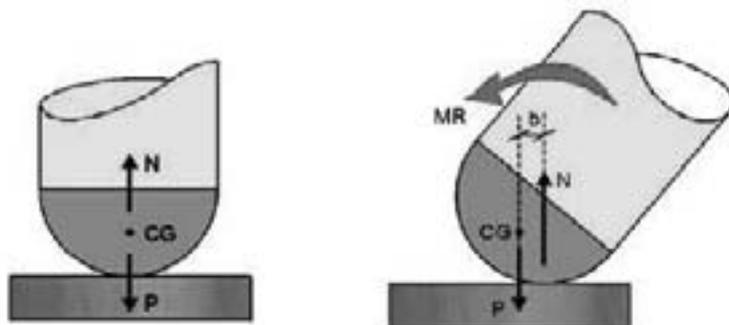


Figura8 – Explicação do João bobo. Fonte: Fuad

Um “binário” é um par de forças iguais e opostas, mas com momento não nulo. Isto é, a resultante é nula, mas o torque é diferente de zero. Quando o vasilhame é deslocado, o peso  $P$  e a reação do apoio  $N$ , formam um “binário” de braço de alavanca  $b'$ . O “binário”, assim estabelecido, cria um “momento restaurador”  $MR$  que funciona no sentido de restaurar a posição de equilíbrio estável.

## O TUCANO [FUAD]

Diversas são as alternativas para substituir o Sapo Equilibrista ou a Borboleta. O Tucano é uma delas. Desenha-se num papelão (ou madeira compensada fina) o perfil de um tucano. Após recortá-lo, cola-se um peso (de preferência uma ou duas moedas) em seu rabo.

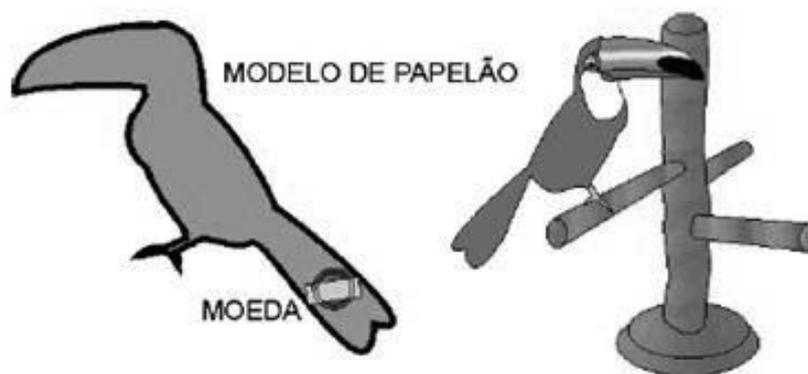


Figura9 – Tucano equilibrista. Fonte: Fuad

Colocado num pedestal apropriado, como o da ilustração, o Tucano ficará numa posição de equilíbrio estável. Sempre que deslocado, ele retornará a posição original de equilíbrio.

### COMO EXPLICAR ?

O CG do “tucano de papelão” localiza-se próximo da moeda. Portanto, abaixo do ponto de apoio da figura.

Na posição de equilíbrio estável, o CG se localiza abaixo da mesma vertical que passa pelo ponto de apoio.

Quando deslocado, o CG sobe e proporciona o surgimento do “braço de alavanca” e do momento restaurador MR.

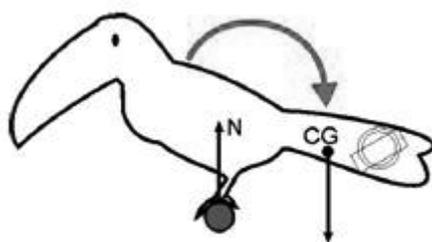


Figura10 – Explicação do tucano equilibrista. Fonte: Fuad

### A TARTARUGA TEIMOSA. [FUAD]

Corta-se uma esfera de isopor ao meio. Cave, num dos semi-hemisférios, um buraco longe do centro do círculo e preencha-o com pedaços de pedra, ferro, chumbinho, chumbo de pesca, etc.

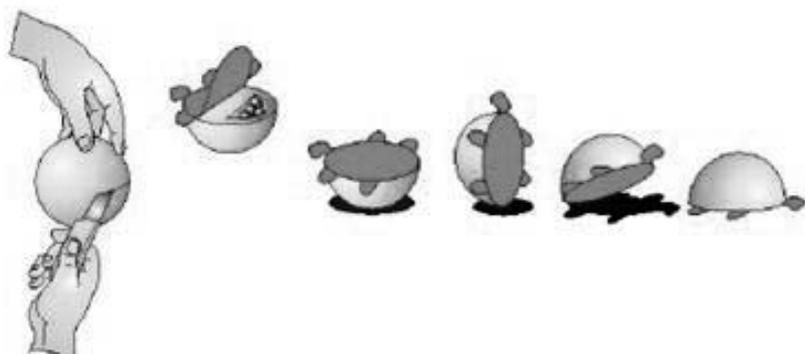


Figura11 – tartaruga Teimosa. Fonte: Fuad

Cola-se, em seguida, um pedaço de papelão maior que o círculo para não deixar vaziar o lastro colocado no buraco cavado. Como o papelão é maior que o círculo, recorte-o de modo que se tenha as pernas e a cabeça de uma tartaruga conforme a ilustração. Na parte esférica do isopor, desenha-se o motivo de uma tartaruga.

O FENÔMENO Colocando-se a tartaruga de barriga para cima, ela sempre retornará à sua posição normal.

COMO EXPLICAR? O CG da tartaruga se localizará praticamente no buraco cheio de lastro, pois o isopor sendo muito leve, o peso da tartaruga ( isopor + lastro) é praticamente o peso do lastro. Cria-se um momento restaurador muito intenso e devido à velocidade adquirida, a tartaruga consegue dar a volta completa e retornar a sua posição de equilíbrio estável.

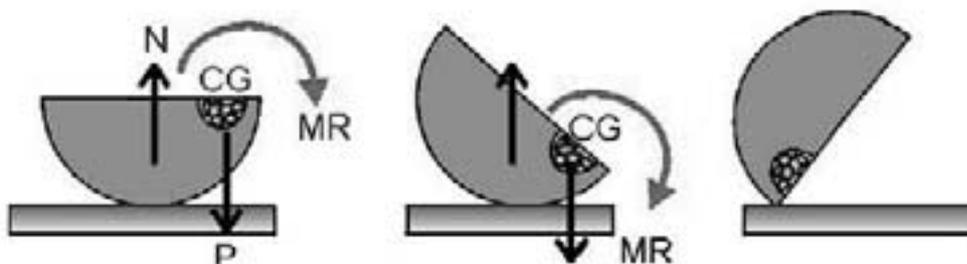


Figura12 – Explicação da tartaruga teimosa. Fonte: Fuad.

### CENTRO DE MASSA DE UMA VASSOURA [FUAD]

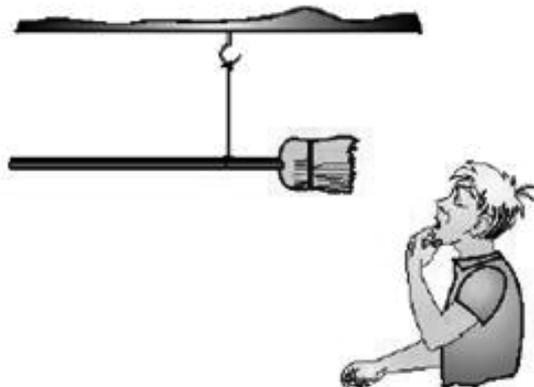
Onde está o centro de massa (CM ) de uma vassoura? É muito fácil encontrá-lo. Basta achar o ponto onde seja possível equilibrar a vassoura apoiando-a em apenas um dedo.



Figura13 – Centro de massa de uma vassoura. Fonte: Fuad.

**O QUE OCORRE?**

O CM é o ponto de aplicação da força-peso ( $P$ ).



A figura representa uma situação hipotética em que a vassoura é apoiada pelo ponto  $O$  a uma distância  $b$  do CM. A resultante das forças pode ser nula ( $P = N$ ), mas claramente não pode haver equilíbrio, porque a soma dos momentos das forças não é nula. O momento de uma força (torque) é o produto força  $\times$  braço. Em relação ao ponto  $O$ , o momento da força  $N$  é nulo e o momento do peso é

$$M = Pb$$

Este torque faz a vassoura girar no sentido horário. O equilíbrio só é possível se  $b = 0$ . Isto é, o apoio deve estar na mesma vertical que passa pelo CM.

**COMO EXPLICAR ?**

1. Na posição de equilíbrio o peso e a tração do fio sempre estarão numa mesma vertical. E se equilibram. 2.- Para a determinação do CG, os dedos quase sempre não estarão à distância simétrica do CG. E, neste caso, a parte do peso que cada dedo suporta é diferente. O dedo mais próximo do CG suporta mais força e por isso, a vassoura comprime mais o dedo e como consequência, surge mais atrito. Assim, enquanto um dedo vai parando o outro se desloca.

**ATIVIDADES**

9. Onde você acha que deve ser o centro de gravidade de um navio, acima ou abaixo da linha da água?



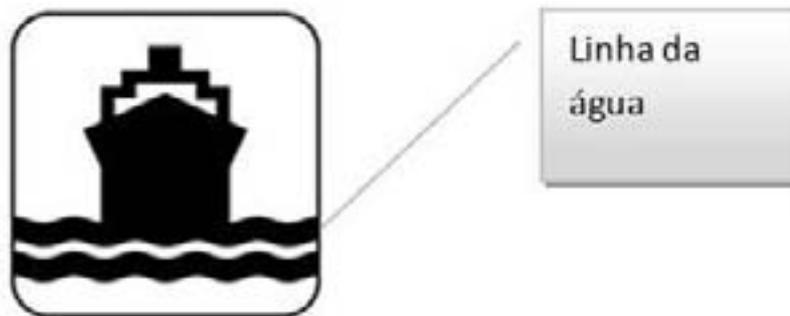


Figura15 – Centro de gravidade de um barco. Fonte: minha figura

10. Os franceses se orgulhavam do carro Citroen pelo fato desse carro não capotar. Um dos motivos dessa façanha é que os seus eixos são bem largos e afastados. Qual é o outro? Compare com a Kombi.



### MATERIAL MULTIMÍDIA DE APOIO

Assista o vídeo: <http://ensinofisicaquimica.blogspot.com/2008/12/centro-de-gravidade-e-equilbrio.html>

Se divirta com o applet Centro de gravidade: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?PHPSESSID=028e5bf97e757444c32590b32b6d168d&topic=10.msg63#msg63>

Raman Pfaff, <http://physci.kennesaw.edu/javamirror/ntnujava/block/block.html>

<http://faculty.ccc.edu/tr-scimath/physics.htm>

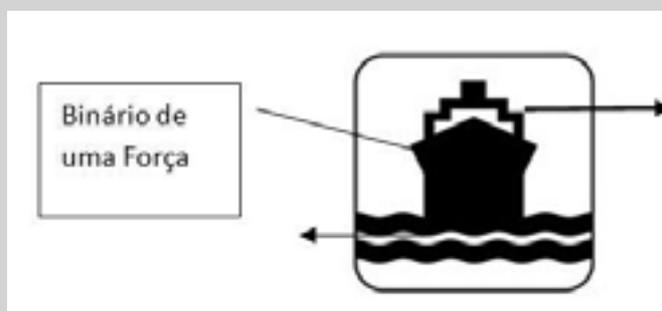
**COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES**

Em geral os alunos que fazem o curso de Licenciatura em Física tiveram um curso muito superficial ou não tiveram nenhuma aula de Física. Se tiveram, usaram algum livro texto tradicional, onde a Física é apresentada como uma coleção de definições e fórmulas para ser aplicada em problemas e exercícios. Com a discussão que trouxemos aqui procuramos trazer outras soluções e novas perspectivas que existe e estão sendo aplicadas no ensino de física no Brasil.

Nas figuras em que se usou uma única folha de papelão, os alunos irão descobrir que o centróide, o centro de massa e o centro de gravidade coincidem. Nos casos em que estes não coincidem, eles devem perceber que a quantidade de massa de um dos lados do objeto variou (aumentou).

Respostas às questões:

1. Espera-se que o aluno responda que sim, pois, em geral a teoria nos textos didáticos é apresentada como uma verdade absoluta e abstrata, que um gênio estrangeiro respondeu.
2. Sim, desde que você tenha material de apoio adequado. Hoje existe bastante na web.
3. Espero que não.
4. É tomar eventos físicos corriqueiros e usar a sua explicação para se fazer uma aplicação. Por exemplo, como o Sol tem um movimento parente em torno da Terra, podemos usar a sombra de uma haste como um marcador de tempo.
5. Em princípio, deve achar estranha.
6. Em princípio, deve concordar, pois vemos poucas aplicações tecnológicas.
7. Sim, o professor simplesmente é largado na sala de aula.
8. Sim, pois ela é apresentada como uma teoria para responder questões de vestibular.
9. Tem que estar abaixo da linha d'água, pois senão o barco iria tombar.



Q10 – O outro motivo é que o CG está bem embaixo.

### CONCLUSÃO

Apesar de a grande maioria dos livros textos atuais terem sido moldados no formato das apostilas de cursinho, existem opções para uma forma mais agradável e comprometida com a realidade do cotidiano dos alunos de se ensinar Física. Com a apresentação nesta aula de um primeiro projeto de ensino de Física mostramos que é possível se ensinar Física através de experimentos lúdicos e de uma teoria construída a partir da Física das coisas (cotidiano).

Através de experiências com centro geométrico e centro de massa, podemos começar a discutir sobre a validade, através da observação, de várias simplificações que são usadas na física. O aluno pode constatar o efeito da gravidade sobre corpos materiais e a importância da simetria na determinação do centro de gravidade dos corpos e da estabilidade destes.

### RESUMO

Apresentamos, nesta aula, uma introdução ao estudo sobre o livro didático e aos projetos de ensino de Física. Só comentamos e analisamos um projeto de ensino de Física que se coloca como uma alternativa às aulas tradicionais, baseadas em livros textos e que estão voltadas quase que exclusivamente para a tarefa de preparar o aluno para o vestibular.

Apresentamos uma aula sobre centro de massa e centro de gravidade já na segunda aula, com o intuito de mostrar que a Física não começa necessariamente com a Cinemática. Mostramos que podemos começar um curso de Física usando fatos do cotidiano e experiências lúdicas e que não precisam resolver equações.

### REFERÊNCIAS

- PNLD. Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13608](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13608).  
GREF. Grupo de Reelaboração do ensino de Física. [www.fsc.ufsc.br/~arden/gref.doc](http://www.fsc.ufsc.br/~arden/gref.doc)  
e-escola; Instituto Superior Técnico; <http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=42&ordem=3>  
Fuad, Reis, Furukawa, Yamamura e Vuolo. "FÍSICA COM DEMONSTRAÇÕES"  
Apostila cedida pelo IFUSP.  
Wikipédia - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Centro\\_de\\_gravidade](http://pt.wikipedia.org/wiki/Centro_de_gravidade)  
e-escola; <http://www.e-escola.pt/topico.asp?id=42&ordem=3>  
Fu-Kwun Hwang; <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?PHP>

SESSID=028e5bf97e757444c32590b32b6d168d&topic=10.msg63#msg63  
MENEZES, L.C.; Formação continuada de professores de ciências no contexto ibero-americano; Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo, SP: NUPES, 1996. - (Coleção formação de professores).

Grupo de Reelaboração de Ensino de Física; Física 2: Física Térmica/Óptica – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1991.

Grupo de Reelaboração de Ensino de Física; Física 1: mecânica/ GREF – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1990.

[http://www2.if.usp.br/~relat/fep/pub/2004/grupos\\_pesquisa/rcfp/atividades\\_grupo.php](http://www2.if.usp.br/~relat/fep/pub/2004/grupos_pesquisa/rcfp/atividades_grupo.php)

<http://socrates.if.usp.br/~cmnjr/trabalhos/Propostas%20e%20Projetos/GREF%20seminario.doc>

[http://www.educacional.com.br/entrevistas/interativa\\_adultos/entrevista012.asp](http://www.educacional.com.br/entrevistas/interativa_adultos/entrevista012.asp)

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0269-1.pdf>

<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref>

OFICINAS PARA O ENSINO DE FÍSICA: O LÚDICO E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES. Frederico Augusto Ramos, Eugenio Maria de França Ramos – Física - Bacharelado em Física - Departamento de Educação – Instituto de Biociências – Campus de Rio Claro.

[http://cecemca.rc.unesp.br/cecemca/grupos/Trabalhos\\_estagiarios/Fred\\_CIC\\_2006.pdf](http://cecemca.rc.unesp.br/cecemca/grupos/Trabalhos_estagiarios/Fred_CIC_2006.pdf)