
DA PESQUISA PARA A SALA DE AULA: UM EXEMPLO EM MECÂNICA

Isa Costa

Depto. de Física – UFF

Liceu Nilo Peçanha

Niterói – RJ

Luiz Alberto M. Guimarães

Depto. de Física – UFF

Centro Educacional de Niterói

Niterói – RJ

Lúcia C. Almeida

Depto. de Física – UFF

Niterói – RJ

I. Introdução

Muito se tem dito e muitas são as críticas sobre a forma como a Física vem sendo apresentada aos alunos do Ensino Médio: um amontoado de fórmulas, aulas quase sempre expositivas, aplicações numéricas em detrimento dos conceitos, desrespeito às idéias e concepções que os alunos já construíram, etc. Por outro lado, não se pode negar que a pesquisa em ensino de Física teve, nesses últimos anos, um grande desenvolvimento tanto em nível nacional quanto internacional – e os resultados já conquistados fornecem subsídios que julgamos suficientes para a reversão (ou pelo menos a tentativa de) do quadro descrito acima. Especificamente no que se convencionou chamar de física “intuitiva” ou “alternativa”, cremos ter chegado o momento de dar a esses resultados sua verdadeira destinação, qual seja melhoras concretas no ensino de Física. Ou fazemos isso ou nossas pesquisas perderão boa parte de seu sentido original⁽¹⁾.

É acreditando nesse compromisso que procuramos exemplificar uma tentativa no sentido de aplicar em sala de aula os resultados das pesquisas. Através de um conteúdo de Física para o Ensino Médio – *momento de uma força* – apresentamos uma proposta de trabalho que tem como base as concepções prévias dos alunos e uma postura ativa por parte deles no aprendizado. O exemplo insere-se num projeto mais amplo, que vem sendo desenvolvido no IF/UFF, tendo como principal meta a pesquisa em ensino e sua transferência para sala de aula⁽²⁾.

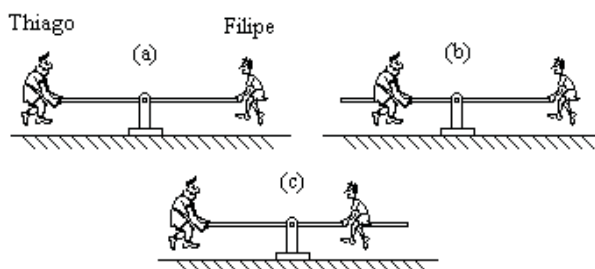
II. Concepções prévias sobre momento de uma força

O ponto de partida para uma abordagem construtivista é conhecer o que os alunos já elaboraram sobre um assunto ou conceito em suas interações com o mundo.

Com esse objetivo, analisamos as respostas de cerca de 200 alunos a um questionário – parte integrante da proposta de ensino, como veremos adiante – contendo 5 questões envolvendo o conceito de momento. Esses alunos cursam o Ensino Médio em 04 escolas de Niterói, de características bem diferenciadas, e não haviam tido aulas formais sobre o assunto em questão, a não ser bem poucos alunos que, por suas respostas, evidenciaram algum contato com o tema na 8ª série. Apresentamos, a seguir, as questões e os resultados que julgamos mais interessantes.

1ª Questão

Thiago, de 40 kg, e Filipe, de 30 kg, estão brincando numa gangorra. Em qual das situações abaixo a gangorra estaria equilibrada? Justifique.



73% dos alunos escolheram “corretamente” a opção *b*, mas suas justificativas mostram, em sua maioria, que este é um acerto ligado apenas ao conhecimento empírico, à evidência experimental pela qual quase todos já passaram; um deles foi textual ao dizer que “*quando eu brincava de gangorra era isso que acontecia*”. Não há indícios da elaboração teórica do conceito de momento nesse alto percentual de acerto: a distância não se liga à força para a construção de um novo conceito, mas sim altera o valor da força, como vemos nas justificativas típicas:

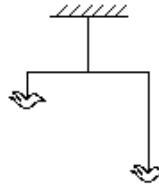
- “*Thiago ao se deslocar para frente diminuiu seu peso*”.
- “*Se Thiago se aproximar do centro ele diminuirá a força que está fazendo*”.

Como foi dito anteriormente, alguns alunos revelaram uma vaga e imprecisa lembrança de algo que ouviram na 8ª série, no curso de Ciências. Eles disseram:

- “A gangorra funciona como uma alavanca”.
- “Quanto maior a distância do ponto de equilíbrio, mais força ele exercerá sobre o braço de alavanca”.

2ª Questão

Na figura ao lado representamos um "móvil" decoração infantil, com dois passarinhos idênticos. Considerando que os fios são muito mais leves que os passarinhos, você acha que o móbil ficará equilibrado se for suspenso pelo ponto central? Se acha que não, para que lado ele desequilibrará? Justifique.



Nosso objetivo, com essa questão, era verificar como os alunos “medem” a distância envolvida no momento: até que ponto eles aceitarão, quando formos ensinar-lhes, que os momentos de \vec{F}_1 e \vec{F}_2 na Fig. 1 são iguais, fundamental para o posterior formalismo do produto vetorial $\vec{r} \times \vec{F}$.

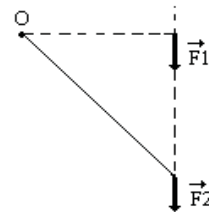


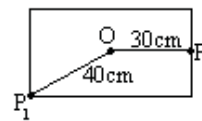
Fig. 1

O objetivo, porém, ficou prejudicado, pois embora 53% respondessem que o móbil não ficaria equilibrado, muitos creditaram esse desequilíbrio ao peso maior do fio da direita (o que nos mostra que a condição, “os fios são muito mais leves que os passarinhos”, não teve para eles o mesmo significado que tem para nós). Essa constatação serviu, porém, para que reformulássemos a questão. Na nova versão, os pássaros estão suspensos por linhas de mesmo tamanho e perguntamos o que ocorrerá se um dos fios for enrolado na haste horizontal, erguendo um deles.

3ª Questão

Uma placa retangular de madeira pode girar em torno de um pino que passa pelo seu centro O. P_1 e P_2 são pregos cujas distâncias ao ponto O estão dadas na figura. Se pendurarmos em P_1 um chumbo de pescaria, devemos pendurar em P_2 , para que a placa não gire, um chumbo de peso

- A) menor B) maior C) igual



Essa questão é aparentemente idêntica à anterior, mas há uma importante diferença: havíamos verificado, numa pré-testagem da atividade, que alguns alunos respondiam corretamente a questão dos passarinhos argumentando que o fio “transmitia” a força para a extremidade da barra. Assim, mesmo os passarinhos estando a diferentes distâncias do ponto de suspensão, as forças transmitidas estavam à mesma distância e daí o equilíbrio. Com a placa, eliminamos a possibilidade desse argumento e o problema da distância aparece em toda a sua complexidade: não dá mais para “burlar” a assimetria que a posição dos pregos sugere e muitos alunos que responderam corretamente a 2ª questão escolheram agora o item *a*. Apenas 33% assinalaram corretamente o item *c*.

4ª Questão

Carlínhos (veja figura) precisa pendurar um rodo na horizontal. Por qual dos pontos assinalados ele deve ser suspenso?



Apenas pouco mais da metade da amostra (56%) assinalou corretamente o ponto *d*. Esse resultado de certa forma nos surpreendeu: imaginávamos que um número maior de alunos lembrasse das tentativas, quando criança, de equilibrar uma vassoura no dedo, e possuisse pelo menos o conhecimento experimental da solução, como no caso da gangorra. Uma parcela significativa (18%) escolheu o ponto *c*, argumentando que se trata do ponto central. É interessante notar que essa mesma resposta havia sido usada por alguns para justificar o equilíbrio do móbile:

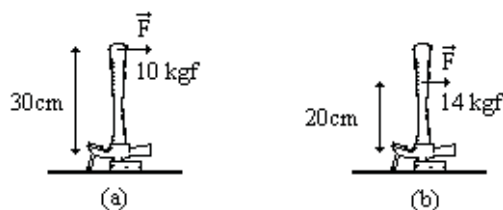
– “O móbile ficará equilibrado porque está suspenso pelo ponto central”.

– “Mesmo um dos passarinhos tendo um fio menor isto não quer dizer que não esteja em equilíbrio, pois o fio que está dando equilíbrio é o fio que está no ponto central”.

Acrescentamos, ainda, que alguns alunos – mesmo com a pergunta não prevendo essa possibilidade – consideram impossível o rodo ficar equilibrado na horizontal suspenso por um ponto apenas.

5ª Questão

Para arrancar um prego de uma tábua, Dalton faz as duas tentativas mostradas a seguir. Sabe-se que só uma delas conseguiu arrancá-lo. Identifique-a, justificando.



O objetivo dessa questão é verificar se alguns alunos raciocinam com a relação quantitativa entre força e distância – força x braço – indício da elaboração formal do conceito de momento. Nesse grupo, pelo menos, isso não aconteceu. Cerca de 40% escolheram a opção *b*, pois “a força é maior”. Dos 60% que escolheram a opção *a*, nenhum usou uma justificativa que pudesse ser ligada ao conceito de momento. Muitos utilizaram o argumento de a distância ser maior em *a*; outros, do mesmo modo que na 1ª questão, disseram que a distância altera a força:

– “Quanto mais na ponta você segurar, maior força obterá para conseguir arrancar o prego”.

III. A aplicação em sala de aula

A partir da análise dos questionários, das sugestões existentes na literatura e da reflexão sobre a prática docente de cada um de nós no Ensino Médio, procuramos, num trabalho conjunto, transferir esses resultados para a sala de aula. Sem a pretensão, aqui, de desenvolver profundamente as premissas que norteiam esse trabalho, tentaremos resumidamente explicitá-las.

Dois pensamentos básicos estão sempre presentes: “o primeiro refere-se a uma metodologia ativa, que incentiva a ação individual e a cooperação entre os alunos, que procura (re)construir o conhecimento a partir de propostas que favoreçam a interação entre os alunos e os objetivos da aprendizagem. O segundo é a valorização e o respeito às concepções já trazidas pelos alunos: assim sendo, o ponto de partida para a abordagem de qualquer assunto é a explicitação, por parte dos alunos, do que eles pensam, bem como a oportunidade de aplicar seus modelos e modificá-los, se for o caso”(3).

As atividades seguem, em linhas gerais, os passos que Zylbersztajn aponta como de relativo consenso entre os pesquisadores, no sentido de um desenvolvimento conceitual dos alunos dentro de uma perspectiva construtivista⁽⁴⁾:

- “a) os alunos tenham chance de explicitar (para si e para os outros) as suas concepções;
- b) essas concepções sejam analisadas e exploradas em sala de aula;
- c) alguma forma de conflito cognitivo sobre seja criado através de contra-exemplos, sempre que possível;
- d) a concepção “científica” seja introduzida;
- e) a concepção “científica” e as concepções alternativas sejam contrastadas e comparadas, no que tange ao poder explicativo e limitações das mesmas; a concepção “científica” seja aplicada em situações já conhecidas e novas”.

Procuramos, também, no trabalho com os alunos seguir a equação proposta por Lima como característica de uma prática Piagetiana⁽⁵⁾:

DIDÁTICA = OPERAÇÃO + CO-OPERAÇÃO + ORIENTAÇÃO
PIAGETIANA (do aluno) (dos alunos) (do professor)

Concretamente, procuramos fazer com que cada assunto, cada conceito, seja desenvolvido nas seguintes etapas:

ATIVIDADE = QUESTÕES + TRABALHO + QUESTÕES
EXPLORATÓRIAS TEÓRICO-EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO
(individual) (pequenos grupos de alunos) (pequenos grupos de alunos e professores ↔ turma)

As questões exploratórias – por exemplo, as apresentadas na seção anterior – colocam o aluno frente a situações que ele conseguirá responder usando seu arsenal de explicações “não-oficiais”. Têm como objetivos principais: provocar uma reflexão prévia do aluno sobre o assunto, explicitando para si mesmo suas idéias; estimular o interesse e disposição para a próxima etapa; registrar a existência de concepções prévias, que serão úteis ao professor no sentido de conhecer o que pensam seus alunos sobre o que ele pretende ensinar-lhes.

Chamamos o segundo momento de “teórico-experimental” para bem caracterizar nossa preocupação constante em acabar com a dicotomia “aula de teoria” e “aula prática”; a atividade experimental não vem depois da teoria, para comprová-la, e nem antes, para ser apenas assimilada pelos esquemas conceituais prévios dos alunos. Assim é que o roteiro que os alunos seguem “*não é só um conjunto de orientação para a realização de determinadas experiências; mais que isso, é um texto que procura integrar os experimentos com o modelo teórico que*

vai sendo elaborado, e que, através de perguntas e sugestões de determinadas atividades, procura, sempre que possível, produzir conflitos entre previsões e resultados”⁽³⁾.

Há uma certa diretividade na proposta de trabalho; embora o ponto de partida sejam as concepções “não oficiais” que os alunos trazem, temos como meta que eles alcancem as explicações científicas, e “*seria extremamente otimista esperar que, em geral, os alunos cheguem, por si mesmos, às concepções circulares aceitas oficialmente. Estas, em boa parte dos casos, deverão ser introduzidas pelos professores*”⁽⁶⁾.

Exemplificamos, em anexo, essa etapa da atividade com o texto sobre momento de uma força e equilíbrio. Assim, cremos ilustrar o que dissemos sobre a consideração que se deve dar ao modelo dos alunos na elaboração de propostas de ensino, sobre a integração teoria-experiência, sobre o incentivo à cooperação entre alunos, etc. Pode-se verificar, também, que o tipo de material experimental envolvido é construído em função de parâmetros, tais como: simplicidade, baixo-custo, facilidade de reprodução pelo professor, ao mesmo tempo que permite a obtenção de resultados qualitativos e quantitativos satisfatórios.

As questões de avaliação – e essa palavra não deve ser tomada aqui no seu sentido restrito – constituem o terceiro momento da atividade. Elas começam por uma repetição das questões exploratórias, às quais o aluno retorna de posse de novas informações, com “outros olhos”. E um momento no qual a interação entre alunos é altamente positiva: aqueles que já reestruturaram suas idéias ajudam de maneira singular aos que ainda persistem com as concepções iniciais. Como afirma Villani⁽⁷⁾, essa interação facilita “*a compreensão profunda das idéias novas, através das discussões efetuadas num nível e com uma linguagem mais próxima da linguagem significativa de cada aluno*”.

Outras questões procuram aplicar diretamente o conteúdo desenvolvido na atividade e servem: para os alunos como uma auto-avaliação de aprendizagem; para o professor que circula entre os grupos, indicam as dúvidas e dificuldades que ainda persistem, orientando-o sobre sua atuação posterior. Finalmente, algumas questões dão margem à extensão do assunto, à aplicação em novas situações; favorecem a “entrada em cena” do professor, sistematizando, generalizando, dirimindo dúvidas. Sua platéia não é mais constituída de alunos que desconhecem o assunto e que não sabem aonde vão chegar; são alunos em condições de dialogar, argumentar, enriquecer a discussão. Nesse momento, “*a interação entre professor e a classe poderá criar uma espécie de “núcleo coletivo”, ou seja, conjunto de idéias básicas, maior do que o “núcleo” conceitual de cada um e na qual cada um poderá se apoiar para entender as novas idéias*”⁽⁷⁾.

IV. Considerações finais

Não temos dúvidas sobre a importância do trabalho experimental no ensino de Física. Concordamos, porém, com Frota-Pessoa⁽⁸⁾ quando diz que *“já que o aluno julga as mensagens exteriores tomando como referência o seu modelo de mundo... os dados oriundos de trabalhos práticos significam, para ele, aquilo que entrar em ressonância com sua teoria ingênua, e não com a nossa”*.

Assim, se não houver a preocupação constante de usar o laboratório para produzir uma acomodação, nos alunos, das estruturas pré-existentes, de favorecer os conflitos entre seus modelos e realidade, poderemos estar gastando nosso tempo e o dos alunos em algo inútil e até pernicioso. Nesse sentido, as reações positivas de alunos, de professores do Ensino Médio e de licenciados em Física que já realizaram essa e outras atividades nos animam a afirmar ser este um possível caminho para a utilização do trabalho prático no ensino de Física, atraente e motivador para os alunos e compatível com os resultados da pesquisa mais recente.

V. Notas e Referências Bibliográficas

1. Essa posição foi enfaticamente defendida por alguns pesquisadores no 2º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, realizado em São Paulo em julho de 88.
2. O projeto é parcialmente financiado pelo PADCT/CAPES e tem como membros os professores: Dalton Gonçalves, Aldo M. Ferreira, Isa Costa, Luiz Alberto M. Guimarães, Lúcia C. Almeida, Maurício I. F. Varella, Affonso C. B. Botelho, Marly S. Santos.
3. ALMEIDA, L. et alii. Uma metodologia de ensino ativo e centrada nas concepções prévias. **RESUMOS**. 2º Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, SBF, julho de 1988, São Paulo. p. 18-9.
4. ZYLBERSZTAJN, A. Concepções alternativas e ensino de física. VI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Atas. Niterói, SBF, 1985, p. 82.
5. LIMA, B. B. Piaget. **REVISTA DA ADERJ**, v. 1, n. 2, out. 1976 (não paginado).
6. ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Rev. Ens. Fis.**, v. 5, n. 2, p. 11, 1983.
7. VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. **Rev. Ens. Fis.**, v. 6, n. 2, p. 89, 1984.

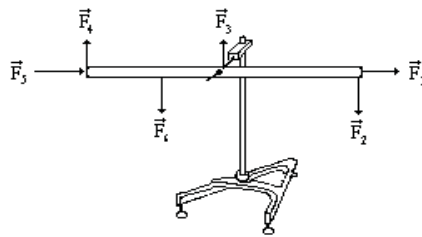
8. FROTA-PESSOA, O. Como ensinar na era da contestação. *Ciência e Cultura*, v. 37, n. 7, p. 1128, jul. 1985.

Apêndice 1

Momento de uma força e equilíbrio

I - Pesquisando a rotação provocada

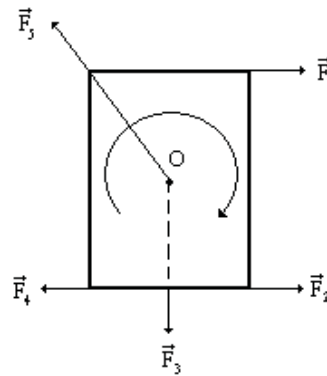
Imagine que se exerça sobre a barra as forças representadas na figura. A barra não pode se mover como um todo, mas pode girar em torno de O .



P.01. Sem fazer a experiência, responda: em que sentido (horário ou anti-horário) a barra gira ao se exercer sobre ela cada uma das forças indicadas, uma de cada vez? Exerça agora, com a mão, as forças indicadas e verifique se suas previsões estavam corretas.

P.02. Em sua opinião, qual a condição para que uma força aplicada à barra faça com que ela gire em torno do ponto O ?

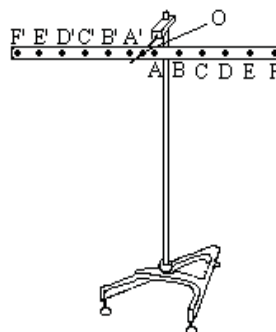
Observe agora a figura abaixo, que representa uma chapa vista de cima. A chapa está presa em O por um pino, que permite apenas que ela gire em torno dele. Considere positivo o sentido de giro indicado, e negativo o sentido oposto.



P.03. Qual (ou quais) das forças produzem rotação no sentido positivo? E no sentido negativo? Quais as que não produzem rotação? Verifique experimentalmente suas respostas, utilizando esta folha como a chapa e seu dedo como o pino.

P.04. Com base nas experiências realizadas, qual é, em sua opinião, a condição para que uma força aplicada a um corpo produza rotação em torno de um eixo?

Na figura abaixo está representada uma régua homogênea com vários furos equidistantes entre si, suspensa por um eixo horizontal que passa pelo ponto central O . Considere que você dispõe de vários ganchos de mesmo peso, e que pode pendurá-los em qualquer dos furos da régua. Sem fazer a experiência, tente responder:



P.05. Pendurando um gancho no furo C , em que sentido (horário ou anti-horário) a régua gira?

P.06. Pendurando dois ganchos em C , a régua gira mais depressa ou mais devagar que no caso anterior?

P.07. Pendurando um gancho em F , a régua gira mais depressa ou mais devagar que no 1º caso (P.05.)?

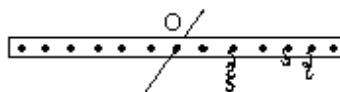
P.08. Imagine o gancho pendurado em F . Onde se deveria pendurar um gancho para que a régua se mantivesse parada na posição horizontal?

P.09. Considere ainda o gancho em F . Em que furo se deveria pendurar dois ganchos para que a régua permanecesse equilibrada?

P.10. Seria possível equilibrar três ganchos num mesmo furo de um lado, com apenas um gancho do outro? Como?

Faça agora (mas faça mesmo!) as experiências para ver se suas previsões são confirmadas.

Você gosta de um desafio? Então aqui vai um: seria possível equilibrar a régua com os ganchos dispostos como indica a figura, usando no máximo os 4 ganchos que restam, colocados em um único furo? Qual? (Faça uma previsão teórica antes de tentar experimentalmente. Se não conseguir, não tem problema. Voltaremos a essa situação mais adiante.)



II - O momento de uma força

Da 1ª série de experimentos (com a folha de papel) podemos tirar as seguintes conclusões (veja se concorda):

- para que um corpo inicialmente em repouso comece a girar em torno de um eixo, é necessário que se aplique sobre ele uma força;
- a linha de ação (ou suporte) da força não deve passar pelo ponto (reveja sua resposta à P.04);
- forças em um mesmo plano podem produzir rotação em dois sentidos: horário ou anti-horário.

Da 2ª série de experimentos (com a régua) concluímos:

- o “efeito” de rotação de uma força aumenta à medida que a força aumenta (reveja P.05 e P.06);
- o efeito de rotação de uma força em relação a um ponto aumenta à medida que a distância da linha de ação da força ao ponto aumenta (reveja P.05 e P.07);
- uma força n vezes maior que outra produz, em relação a um ponto, o mesmo efeito de rotação se estiver situada a uma distância do ponto n vezes menor (reveja P.09 e P.10).

É então conveniente definir uma nova grandeza física, grandeza essa “responsável” pelo efeito de rotação que a força produz. Ela deve ser definida de tal maneira que mostre que o efeito de rotação de uma força é proporcional à força e também à distância da força ao eixo (quanto maior a força ou a distância, proporcionalmente maior o efeito de rotação).

P.11. Para satisfazer às conclusões que tiramos das experiências, qual das expressões abaixo você escolheria para definir essa grandeza?

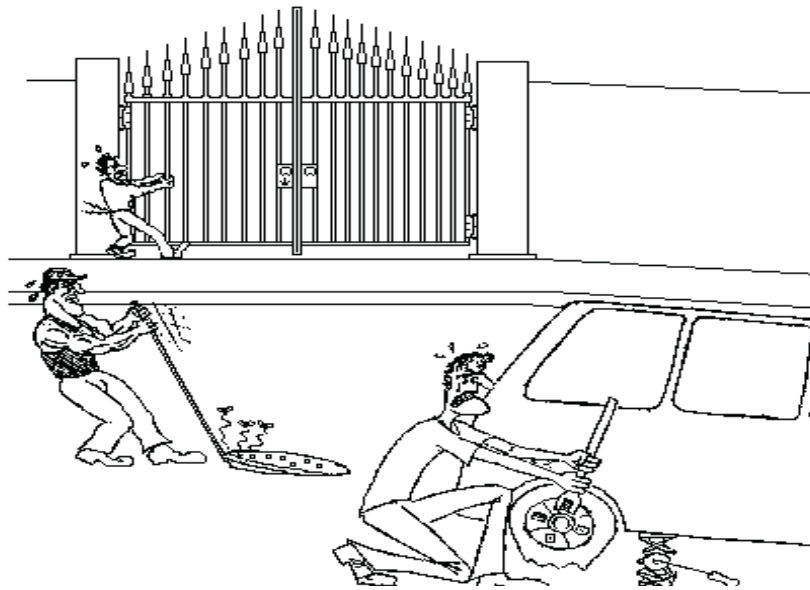
- a) força/distância
- b) distância/força
- c) distância + força
- d) distância x força

Como você deve ter concluído, a definição é distância x força. Essa grandeza é chamada MOMENTO DA FORÇA \vec{F} EM RELAÇÃO AO PONTO O , e é representada por M_oF :

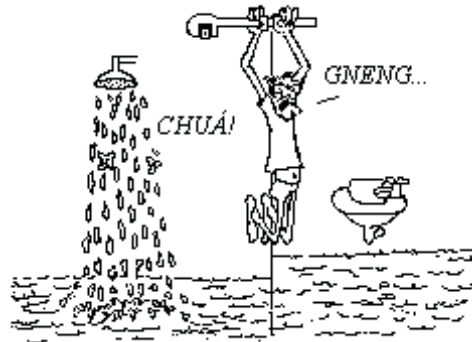
$$M_oF = d \times F$$

e a unidade SI desta grandeza é o m x N (metro x Newton).

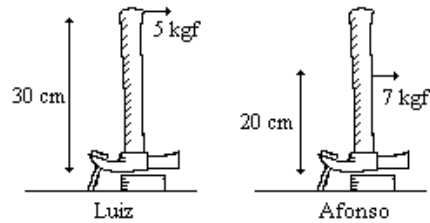
Na cena abaixo, existem três situações onde o conceito de momento de uma força está envolvido. Comente, em cada caso, a correta ou incorreta utilização desse conceito.



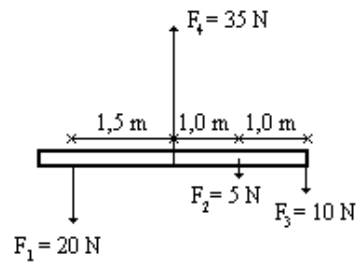
P.12. Faça uma estimativa do momento máximo, em $m \times N$, que você é capaz de exercer usando uma chave inglesa de 28 cm (veja figura).



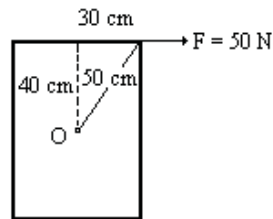
P.13. Quem está exercendo o maior momento para arrancar o prego, Luiz ou Afonso?



P.14. Considerando os dados da figura abaixo, calcule o momento de cada uma das forças que atuam na barra, em relação ao ponto O . Considere positivos os momentos que produzem rotação no sentido horário e negativos em sentido anti-horário.



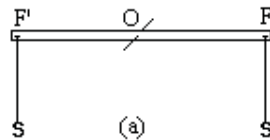
P.15. Observe a chapa representada na figura abaixo. Quanto vale o momento da força \vec{F} em relação ao centro O da chapa?



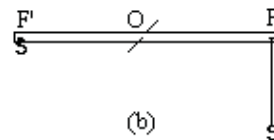
III - Momento = distância x força; que distância é essa?

Na definição do momento de uma força em relação a um ponto aparece a distância do ponto à força. Vejamos agora, através de duas experiências, como deve ser medida essa distância.

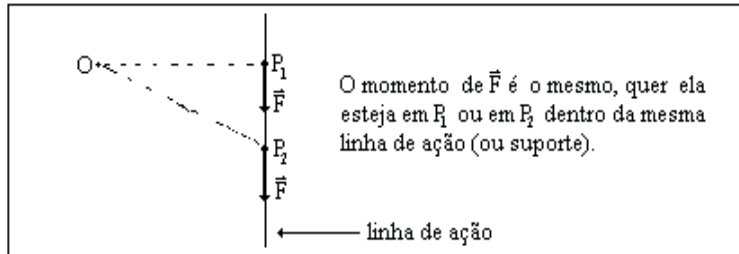
Suponha que penduremos na régua dois ganchos, através de linhas do mesmo tamanho, como indicado na Fig. (a) abaixo, de modo que a régua fique equilibrada.



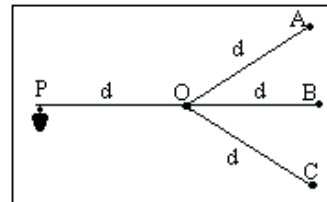
P.16. Sem fazer a experiência, responda: em que sentido a régua irá girar, se o gancho da esquerda for colocado diretamente em F' , como mostra a Fig. (b)?



Faça agora a experiência e compare com sua previsão. O que podemos concluir, ao observar que a barra não gira, é que o momento produzido pelo gancho é o mesmo, quer ele esteja pendurado diretamente na barra, quer ele esteja pendurado mais abaixo na linha. Isso quer dizer que o momento de uma força não se altera quando a força é deslocada dentro da mesma linha de ação.



Considere agora a placa de madeira representada na figura ao lado, e que se encontra na mesa do professor. Pelo ponto O passa um pino; P , A , B e C são pregos cravados na tábua. P , A e B estão à mesma distância de O , enquanto que C está na mesma vertical de B , ou seja, a distância OC é maior que OP .

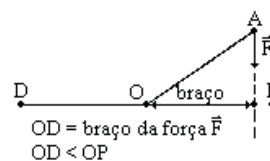


Pendura-se então um chumbo em P .

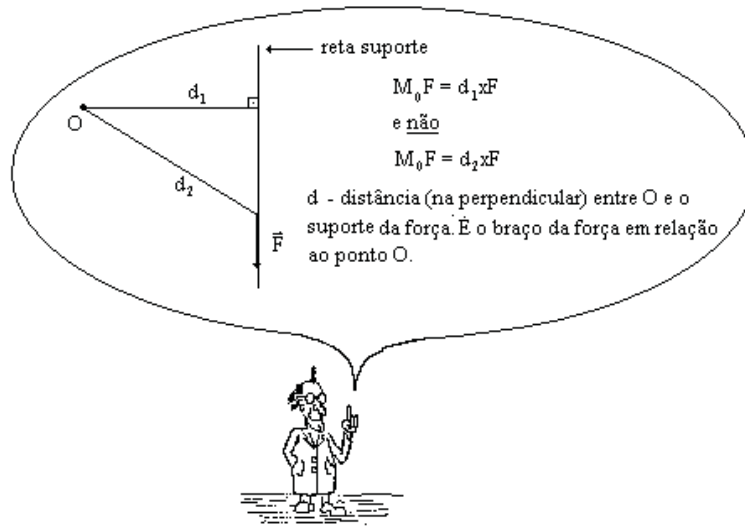
P.17. Em que prego (ou pregos) A , B ou C devemos pendurar um chumbo idêntico ao outro para que a placa não gire? Faça sua previsão e depois peça a placa ao professor para conferi-la experimentalmente.

P.18. Por que o chumbo colocado em A não equilibra o momento do chumbo colocado em P , se a distância de A ao ponto O é a mesma que a de P a O ?

A resposta dessa pergunta nos mostra como deve ser medida a distância do ponto O até a força: não é a distância de O ao ponto em que a força está aplicada, e sim a distância de O até a linha de ação da força. Essa distância é chamada braço da força em relação ao ponto O e está representada (por OD) na figura abaixo. Observe que ela é menor que a distância OP , e é por isso que o chumbo em A não equilibra o momento do chumbo em P .

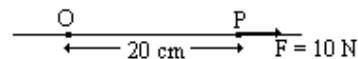


Podemos entender também porque o chumbo equilibra o momento do chumbo em P : a distância de O à linha de ação da força é a mesma, quer ela seja aplicada em B ou C .

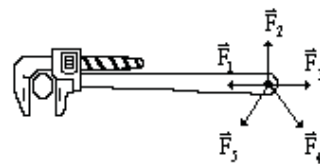


Reveja agora a resposta que você deu à P.15.

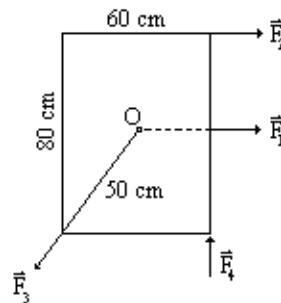
P.19. Quanto vale o momento de uma força em relação a um ponto, se a linha de ação da força passa pelo ponto, como na figura a seguir?



P.20. As forças representadas na figura têm a mesma intensidade e estão no mesmo plano. Qual delas produz maior momento em relação ao parafuso?



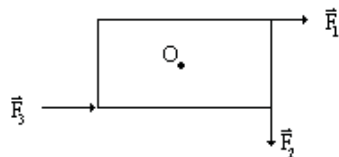
P.21. Calcule os momentos das forças da figura abaixo (todas de 20 N) em relação ao ponto O . Considere o sentido horário de rotação como positivo. (ATENÇÃO PARA AS DISTÂNCIAS QUE DEVEM SER CONSIDERADAS.)



P.22. Considere, na pergunta anterior, que por O passa um pino que permite que a chapa gire. Em sua opinião, em que sentido a chapa giraria se as forças agissem simultaneamente? Justifique.

IV - Momento resultante de um sistema de forças coplanares

Como você já viu anteriormente, quando as forças que atuam num corpo estão num mesmo plano (são coplanares), seus momentos podem produzir rotação em dois sentidos opostos. Atribuindo a esses sentidos sinais de + e -, podemos calcular o momento resultante efetuando a soma algébrica dos momentos de cada força.

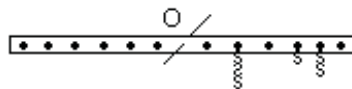


$$M_o R = M_o F_1 + M_o F_2 - M_o F_3$$

(Atribuímos sinal positivo ao sentido horário de giro. Confira!)

(Você deve ter feito esse cálculo ao resolver a P.22.)

P.23. Voltemos agora ao desafio proposto anteriormente, cuja figura está reproduzida ao lado. Representando por F a força exercida por cada gancho e d a distância entre furos adjacentes:



a) qual o momento resultante em relação a O que age sobre a régua (considere positivo o sentido horário)?

- b) Qual o momento que deve ser acrescentado à barra para tornar nulo o momento resultante?
- c) Em que furo devemos pendurar quatro ganchos para que isto ocorra?
- d) O que ocorre com a régua se você acrescentar estes ganchos neste furo? E num outro qualquer, à esquerda ou à direita? (Verifique experimentalmente!)

P.24. Considere a chapa do exercício P.21. Que valor deveria ter uma força horizontal \vec{F}_5 que, aplicada no vértice inferior esquerdo, impediria a chapa de girar? Qual deveria ser o sentido dessa força?

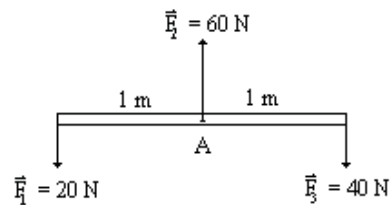
V - Condições de equilíbrio

Ao responder, na pergunta anterior, que a força \vec{F}_5 deve ser de 5,0 N, da esquerda para a direita, você mesmo descobriu que condição para que um corpo permaneça em “equilíbrio de rotação”: o momento resultante das forças deve ser nulo.

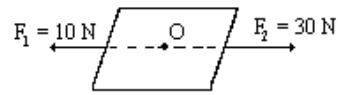
Essa condição, juntamente com a outra que você já conhecia ($\vec{R} = \vec{0}$), necessária para que um corpo permaneça em “equilíbrio de translação”, formam o que chamamos CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO de um corpo.

$$\begin{array}{ll} \vec{R} = \vec{0} & \text{CONDIÇÕES DE} \\ M\vec{R} = \vec{0} & \text{EQUILÍBRIO DE UM CORPO} \end{array}$$

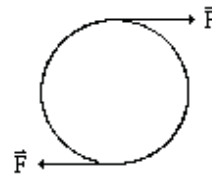
P.25. Considere o sistema de forças abaixo. A soma (vetorial) das forças é nula? A barra está em equilíbrio de translação? O momento resultante (em relação a A , por exemplo) é nulo? A barra está em equilíbrio de rotação? (Faça a experiência!)



P.26. Observe o sistema de forças abaixo. O momento resultante em relação a O é nulo? A soma vetorial das forças é nula? A folha está em equilíbrio?



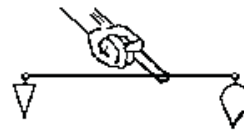
P.27. Um cilindro (na figura ao lado, visto de cima), solto sobre a mesa, é puxado pelas forças representadas, ambas de mesmo módulo. A soma vetorial das forças é nula? E o momento resultante? O que ocorre com o cilindro? Chame o professor, que fará com você a experiência.



Vamos agora, utilizando as condições de equilíbrio ($\vec{R} = \vec{0}$ e $M\vec{R} = \vec{0}$), fazer uma previsão acerca da seguinte situação:

Dois chumbos de pescaria de pesos diferentes são pendurados nas extremidades de uma vareta de peso desprezível comparado com os chumbos. Tanto os pesos como o comprimento da vareta devem ser medidos por você.

Determine teoricamente, a partir das condições de equilíbrio:



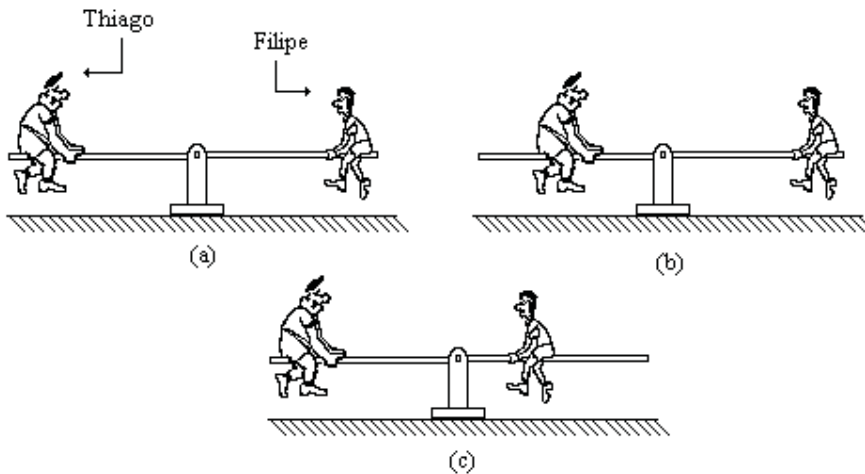
- a força necessária para sustentar a vareta em repouso;
- a posição em que esta força deve ser aplicada.

Feito? Então confirme experimentalmente os resultados que você obteve; discuta possíveis diferenças entre os valores teóricos e os experimentais.

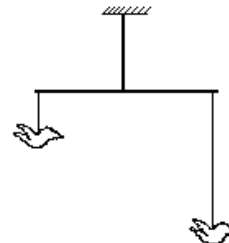
Apêndice 2

Questões para avaliação

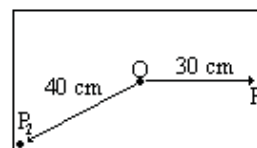
01) Thiago, de 40 kg, e Filipe, de 30 kg, estão brincando numa gangorra. Em qual das situações abaixo a gangorra estaria equilibrada? Justifique.



02) Na figura ao lado representamos um “móvil” de decoração infantil, com dois passarinhos idênticos. Considerando que os fios são muito mais leves que os passarinhos, você acha que o móvil ficará equilibrado se for suspenso pelo ponto central? Se acha que não, para que lado ele se desequilibrará? Justifique.



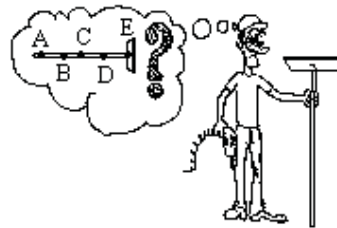
03) Uma placa retangular de madeira pode girar em torno de um pino que passa pelo seu centro O . P_1 e P_2 são pregos cujas distâncias ao ponto O estão dadas na figura. Se pendurarmos em P_1 um chumbo de pescaria, devemos pendurar em P_2 para que a placa não gire, um chumbo de peso:



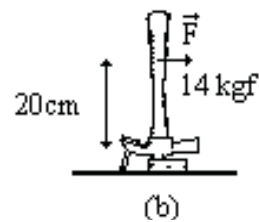
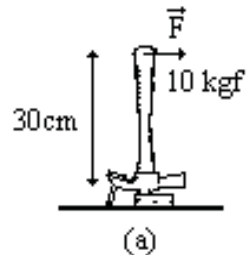
A) menor

- B) maior
C) igual.

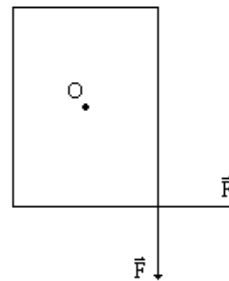
04) Carlinhos (veja figura) precisa pendurar um rodo na horizontal. Por qual dos pontos assinalados ele deve ser suspenso?



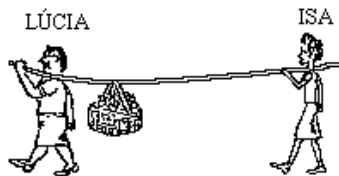
05) Para arrancar um prego de uma tábua, Dalton faz as duas tentativas mostradas a seguir. Sabe-se que só numa delas conseguiu arrancá-lo. Identifique-a, justificando.



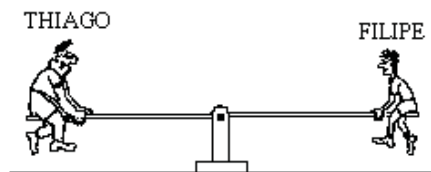
06) Uma placa retangular que pode girar em torno de um eixo que passa por O , está sujeita a ação de duas forças de mesmo módulo nos sentidos mostrados na figura ao lado. A placa vai girar? Em caso afirmativo, indique o sentido horário ou anti-horário?



07) Lúcia e Isa carregam um cesto de laranjas como mostra a figura a seguir. Considere que o cesto de laranjas pesa 20 kgf. A vara tem 2,0 m de comprimento e o cesto está a 0,50 m de Lúcia. Qual a força que cada uma está exercendo?



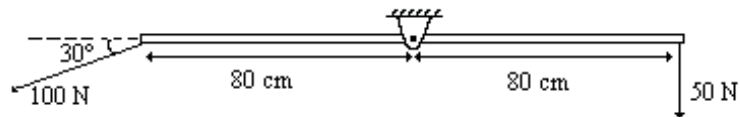
08) Thiago, de 40 kg, e Filipe, de 30 kg, estão brincando numa gangorra como mostra a figura abaixo.



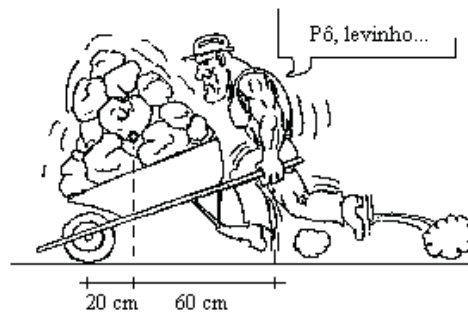
Eles querem equilibrar a gangorra sem sair das extremidades. Para isso, podem usar uma das pedras disponíveis no jardim cujas massas são: 15 kg, 10 kg e 5,0 kg.

Discuta a possibilidade de usar cada uma delas, e a respectiva posição na gangorra.

09) Na figura abaixo representamos uma barra, suspensa pelo ponto central, onde são aplicadas as forças F_1 e F_2 de intensidades respectivamente iguais a 100 N e 50 N. A barra vai girar? Por quê?



10) Severino está transportando pedras com um carrinho de mão. Considerando as dimensões dadas na figura, calcule a força vertical que ele está exercendo. O ponto O é o centro de gravidade do conjunto pedras-carrinho, cujo peso é 50 kgf.



11) Cite duas coisas que você aprendeu ao realizar a atividade.