



<http://dx.doi.org/10.23925/2237-9657.2022.v11i1p005-021>

Proposta de abordagem exploratória de um corpo em equilíbrio¹

Exploratory Approach of a Body in Equilibrium

VICTOR ABATH DA SILVA ²
0000-0001-9818-0748

THALYTA DE OLIVEIRA INOCÊNCIO MARTINS ³
0000-0003-2681-104X

FREDERICO ALAN DE OLIVEIRA CRUZ ⁴
0000-0002-2612-3952

RESUMO

A mudança metodológica necessária no processo de ensino-aprendizagem do ensino básico, em especial na disciplina de física, está ligada diretamente à formação dos professores deste segmento. Dentro dessa perspectiva, este trabalho apresenta uma proposta, focada na prática laboratorial, dos cursos de graduação em Física, visando fornecer ao professor em formação, a possibilidade de uso de diversas ferramentas em sala de aula. A proposta apresentada neste trabalho, trata do problema do equilíbrio de forças coplanares sobre um corpo, onde é indicado o uso de três ferramentas para solução do problema. O estudante poderá utilizar a ferramenta que melhor se adequa a sua forma de solução, portanto as ferramentas trabalham habilidades distintas, são classificadas como; teórica - baseada no uso de equações matemáticas, computacional- com a utilização do GeoGebra para representação das forças, e a experimental- que se dá através do ajuste manual do sistema. A utilização de uma metodologia como essa mostra aos estudantes, que os fenômenos e situações do cotidiano, podem ser interpretadas de diversas formas e solucionadas a partir de uma ou mais ferramentas.

Palavras-chave: equilíbrio; ensino de física; tdic.

ABSTRACT

The necessary methodological change in the teaching-learning process of basic education, especially in the discipline of physics, is directly linked to the training of teachers in this

¹ Apoio: Este trabalho foi realizado através do financiamento do Projeto PIC343-2018, da UFRRJ.

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – victorabath22@gmail.com

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – thalyta.96@hotmail.com

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – frederico@ufrj.br

segment. Within this perspective, this work presents a proposal, focused on laboratory practice, of undergraduate Physics courses, aiming to provide the teacher in training, the possibility of using various tools in the classroom. The proposal presented in this work deals with the problem of the balance of coplanar forces on a body, where the use of three tools is indicated to solve the problem. The student will be able to use the tool that best suits his form of solution, so the tools work with different skills, they are classified as; theoretical - based on the use of mathematical equations, computational - with the use of GeoGebra to represent the forces, and the experimental - which occurs through the manual adjustment of the system. The use of a methodology like this shows students that everyday phenomena and situation can be interpreted in different ways and solved using one or more tools.

Keywords: *balance. physics teaching. dict.*

Introdução

O processo de formação educacional de um indivíduo, em qualquer etapa de ensino, deve ter como objetivo primário torná-lo capaz de realizar um conjunto de tarefas que possam contribuir de maneira eficaz para a comunidade em que ele está inserido, além de permitir analisar o mundo que o cerca em todas as nuances que se apresentam. A escola como primeiro estágio na formação, tem um papel de fomentar a discussão para a formação geral e as universidades precisam apresentar propostas permissivas aos profissionais, ali formados, preparando-os para os desafios que surgirão nos locais onde irão exercer a sua profissão.

A maneira como os currículos são construídos mostra que não há preocupação em formar indivíduos com "pensamento crítico", na maioria dos casos os estudantes são sobrecarregados com informações com pouca (ou nenhuma) conexão com o mundo real. Como dito por Coelho e Orzechowski (2011) isso não é realizado ingenuamente, parece haver um projeto claro de oferecimento de formações cada vez mais superficiais e sem articulação entre os diversos conhecimentos, isto é, "a escola continua separando as disciplinas, o complexo é reduzido ao simples, exigindo cada vez menos a compreensão e a reflexão" (MARTINEZ; PERIC, 2009, p. 11)

Vários outros motivos também contribuem para que as instituições de ensino não atinjam o seu objetivo de formação: falta de infraestrutura (MONTEIRO; SILVA, 2015), formação inadequada dos professores no que diz respeito a atender as demandas da nova geração (GOMES, 2011) e violência no ambiente de ensino (ABRAMOVAY, 2015) são alguns deles, mas a questão é, mesmo quando não existem dificuldades aparentes há uma certa resistência à mudança na forma de abordar o conteúdo apresentado aos estudantes (ALBINO, 2015).

Nos cursos universitários o cenário não é muito diferente. Nas disciplinas introdutórias experimentais, que abordam temas de física, em geral, os estudantes se deparam com propostas cuja função é apenas a de seguir uma "receita de bolo" com pouco ou nenhum significado minimamente razoável à academia, no qual o

objetivo é apenas a comprovação de um resultado presente na absoluta maioria dos livros didáticos. Essas atividades são pouco desafiadoras e não trazem um contributo real na formação intelectual, sendo apenas mais uma tarefa a ser realizada no intuito do estudante ser considerado apto (ou não) em determinada disciplina. Logo, "se as aulas práticas se limitam a ilustrar a teoria, ficam aquém de seu potencial, e suas funções são semelhantes às da aula teórica, não cumprindo o papel de fomentar uma atitude científica, e, com isso, pouco acrescentando aos estudantes" (ALVAREZ, 2002, apud ANDRADE; MASSABNI, 2011, p. 845).

A importância das aulas experimentais, em qualquer nível de instrução, dever ir muito mais além do que apenas realizar procedimentos para obter resultados. Como mostrado por Sodré Neto e Oliveira (2015, p. 70) inclusive os estudantes têm uma visão das potencialidades dessas aulas, visto que as "consideram práticas fundamentais para compreensão da teoria trabalhada em sala de aula". Desse modo, esse momento deve ser construído de tal forma a proporcionar aos estudantes a possibilidade de usar todo o arcabouço teórico conhecido, para que assim tomem essas informações na resolução ou entendimento de uma situação apresentada a eles.

A questão é que, na formação dos estudantes que serão futuros professores, independentemente do nível em que atuarão, deve-se sempre primar pelo aumento das suas potencialidades e isso leva em conta atender as necessidades da sociedade vigente como apresentado Gomes, Pinto e Fonseca Filho (2017):

A qualificação do cidadão frente ao ensino será efetiva se o método utilizado estiver diretamente relacionado com a revolução temporal, isto é, mudança brusca nas coisas do mundo, nas opiniões, nas leis do estado, na tecnologia, na informatização, na mecanização, entre outras transformações. Deste modo, a preservação do ensino com a utilização de representações tradicionais, tais como: memorização de fórmulas pré-concebidas, teorias não-contextualizadas, entre outras, somente conduz a um modelo educacional ultrapassado (FREIRE, 2003). (*ibidem*, p. 72)

Finalmente, as pessoas que compõem as instituições devem ter em mente que mudar a forma de abordagem é o único caminho possível para uma educação que seja assertiva na construção de profissionais críticos e que possam atuar positivamente na construção da sociedade, como dito por Macenhan, Tozetto e Brandt (2016):

Um programa, preocupado com a formação profissional ampla, oportuniza caminhos para a pesquisa e mostra que, para

aprender a ensinar, não há uma receita ou um momento de finalização na formação para o exercício da prática em sala. Nessa perspectiva, aprender a ensinar depende não apenas da formação inicial ou continuada de modo dissociado, mas da formação dos professores a partir da concepção de desenvolvimento profissional docente. (MACENHAN, TOZETTO e BRANDT, 2016, p. 510):

Para fornecer essa visão ampla para os futuros professores, neste trabalho é apresentada uma metodologia onde foram utilizadas três ferramentas distintas para o estudo de um problema físico, sendo este, o equilíbrio de um corpo sob a ação de forças coplanares. As ferramentas utilizadas, se restringem a um método teórico (equações matemáticas), ao computacional (GeoGebra) e ao experimental (ajuste manual). Dentro dessa proposta, os estudantes utilizaram às três abordagens para determinar qual arranjo de forças permite que o corpo estudado permaneça em estado de equilíbrio.

1. Referencial teórico

Para avaliar as potencialidades, bem como as limitações, de ferramentas e recursos educacionais no ensino da física é necessário compreender o problema que será abordado, buscando estabelecer uma metodologia que contribua para a aprendizagem do tema.

1.1 Descrevendo o problema físico

No estudo do equilíbrio uma consideração que se faz importante é se o corpo que está sendo analisado pode ser considerado ou não um ponto material, pois é necessário compreender como as forças estão sendo aplicadas e da possibilidade de rotação do mesmo. Sendo assim, no caso da avaliação do equilíbrio de um ponto material, podemos restringir a análise ao somatório das forças ser nulo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016):

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0} \quad (1)$$

ou não nulo, quando existir uma força resultante em que pelo menos uma das suas componentes não é zero. No caso da análise de um corpo extenso, definido como aquele que possui dimensões interessantes ao estudo do fenômeno, além de avaliar o resultado da resultante das forças aplicadas, é obrigatório verificar se o somatório dos torques também é nulo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016):

$$\sum_{i=1}^n \vec{\tau}_i = \vec{0} \quad (2)$$

visto que deve ser levado em conta a possibilidade da rotação do mesmo em relação a um ponto.

De forma simplificada, usando os casos anteriores como exemplo, podemos dizer de um objeto que não tem possibilidade de rotação estará em equilíbrio se o somatório das forças aplicadas for nulo, como o caso de um bloco sob ação de forças aplicadas nele, enquanto para um corpo extenso é necessário, além dessa condição, o somatório dos torques também precisa ser levado em conta, tal como uma barra presa no seu centro por um eixo rotatório. Apesar de parecer distante do dia a dia dos estudantes, a análise de equilíbrio dos corpos é fundamental em muitas áreas, como no estudo do movimento de veículos (SANTANA JUNIOR, 2018), na avaliação do uso de cabos de aço para realização de reforço de vigas de concreto (ALMEIDA, 2001) e em projetos de estabilização de encostas quando são realizadas avaliações geotécnicas (DUTRA, 2013).

Vamos considerar o problema onde três forças são aplicadas sobre um corpo de massa m , isto é, forças concorrentes (ALONSO; FINN, 1972), sendo que todas elas pertencem ao mesmo plano, ou seja, estão num espaço bidimensional e, por isso, também definidas como coplanares (figura 1).

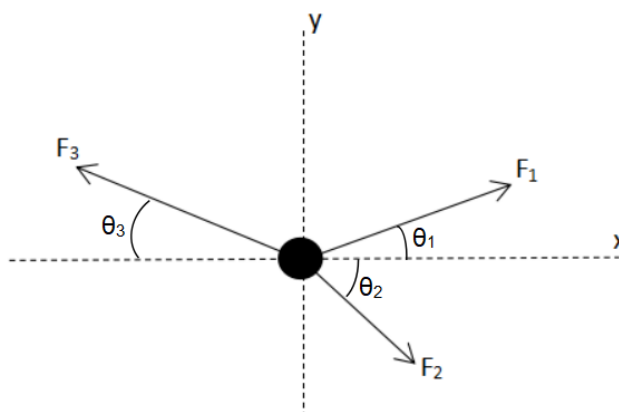


FIGURA 1: Representação de três forças aplicadas em um objeto circular de massa m .

FONTE: Acervo dos autores

Se explicitarmos cada uma das forças representada na figura 3, teremos que os vetores correspondentes à força aplicada sobre o corpo de massa m serão escritos como:

$$\vec{F}_i = F_i \cos(\theta_i) \hat{x} + F_i \sin(\theta_i) \hat{y} \quad (3)$$

sendo que F_i representam cada um dos vetores de força, F_i os módulos das forças aplicadas, θ_i a inclinação em relação ao eixo horizontal, e os vetores unitários. Para que o sistema fique completamente em equilíbrio, como já vimos anteriormente, o somatório desses vetores deve ser nulo, isto é, a soma sobre cada direção deve ter como resultado algébrico valor zero, na prática um vetor nulo.

$$\vec{F}_R = \vec{0} \quad (4)$$

A grande questão é que todos esses conhecimentos muitas vezes estão completamente dissociados do abordado ao longo dos cursos de graduação, sendo uma prática comum a discussão apenas teóricas desses conceitos:

No ensino da mecânica, mais especificamente na estática, prioriza-se a resolução de dezenas (ou até centenas) de exercícios considerando-se geralmente os objetos como sendo pontuais, de dimensões desprezíveis. Situações envolvendo aplicações práticas da estática, em particular a estática dos corpos rígidos, de dimensões não-desprezíveis, raramente são utilizadas. (MERIZIO; SOUZA, 2010, p. 27)

1.2 Usando o GeoGebra para o ensino da Física

Para permitir a compreensão dos conceitos citados os professores podem usar de várias metodologias, desde a resolução de um conjunto de questões, que ter podem diferentes níveis de dificuldades, até a utilização de atividades experimentais (reais ou virtuais). No caso das atividades virtuais, existe muitos recursos educacionais que têm sido utilizados para o ensino de conceitos e fenômenos físicos, desde simulações que reproduzem um fenômeno físico (na sua quase totalidade) até aquelas que fornecem dados numéricos para análise.

Nesta segunda classe de recursos, temos o GeoGebra que, de acordo com os seus desenvolvedores, é: “um software de matemática dinâmica para todos os níveis de ensino” e pode ser utilizado também no ensino de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) (GG, 2022). Como exemplos da sua utilização é possível citar a discussão dos princípios de óptica geométrica em lentes esféricas (COELHO, 2017), o estudo do movimento uniforme de um corpo (TENÓRIO, BORGES NETO, 2019) e de projéteis em movimento balístico (ALDERETE, SILVA, ALVES, 2018).

Baseados nas possibilidades trazidas por este software é que se considerou factível o seu uso como recurso didático para o ensino-aprendizagem do problema de forças coplanares aplicadas sobre um corpo, que possui como base conceitual a análise do vetor resultante devido à aplicação de múltiplas forças. Como dito por Lucero e Faicán (2021, p. 58) a utilização do GeoGebra contribui na formação da

seguinte maneira: "os estudantes desenvolvem habilidades que lhes permitem aprender de forma autônoma ou consultando o professor ou seus pares".

2. Proposta de abordagem do tema

A experiência aqui apresentada é denominada “mesa de força”, que ao ser utilizado nas aulas laboratoriais tem como objetivo permitir o estudo de composição e decomposição de forças aplicadas em um mesmo ponto ou objeto. Além disso, espera-se que os estudantes possam “verificar o equilíbrio estático de um ponto material”, deixando claro ser uma ideia apenas de comprovação da veracidade do pressuposto. A resposta já está dada, não existe algo que motive, apenas “faça e encontre o resultado”, quando o melhor seria uma situação para ser resolvida. Isso possibilitaria ao estudante definir quais as bases teóricas e finalmente as ferramentas (físicos/computacionais) necessárias na resolução da atividade.

Essa forma de propor o problema tem a seu favor fazer com que os estudantes tenham um papel mais ativo durante a sua fase de aprendizagem, deixando de ser um mero reprodutor de procedimentos:

[...] um estudante quando enfrenta um verdadeiro problema, por conseguinte, quando se defronta com uma atividade de busca exploratória, em que se vê orientado numa situação de aplicação do método científico, ele necessariamente se envolve numa reflexão analítica mais intensa, o que além de favorecer uma redução drástica no fracasso de resolução de problemas, estimula esse estudante a ficar suscetível a alterar as suas atitudes metodológicas prévias. (GIL et al. 1988, p. 143, apud LABURÚ, 2003, p. 233)

Como questão a ser apresentada aos estudantes, consideramos ser de maior pertinência a seguinte: “É possível que três forças distintas aplicadas, ao mesmo tempo, sobre um anel possam mantê-lo em equilíbrio?”. É importante notar que em nenhum momento dizemos que isso será possível, trazemos para a reflexão se essa situação realmente pode acontecer.

Para responder à questão são propostos três tipos de abordagem: uma teórica, cujo objetivo é trabalhar os aspectos conceituais envolvidos nesse tipo de problema, uma computacional, que tem como proposta apresentar aos estudantes a possibilidades de ferramentas que podem ser usadas na sua aprendizagem e também serem habituados à predição de resultados experimentais, e por último pelo método experimental, que visa trabalhar os processos de medida e obtenção de dados de eventos físicos.

2.1 Método Teórico

Uma situação comum é conhecer duas das forças aplicadas, por exemplo F_1 e F_2 , em um ponto e desconhecer a terceira (F_3), se o sistema estiver em equilíbrio a terceira força terá módulo igual ao da resultante das forças (F_{R12}) conhecidas e que pode ser obtida, por meio da lei dos cossenos, com o uso da relação (ALONSO; FINN, 1972):

$$|\vec{F}_{R12}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(\theta)} \quad (5)$$

sendo θ o ângulo entre F_1 e F_2 .

Como o sistema está em equilíbrio, além da igualdade da magnitude, obrigatoriamente a direção das forças F_3 e F_R será a mesma, tendo apenas sentidos contrários. Assim, podemos dizer que as componentes da força F_3 , serão dadas pelo conjunto de relações:

$$F_{3x} = |\vec{F}_1| \cos(\theta_1) + |\vec{F}_2| \cos(\theta_2) \quad (6)$$

$$|\vec{F}_1| \sin(\theta_1) = |\vec{F}_2| \sin(\theta_2)$$

caso F_1 esteja localizada no segundo quadrante do eixo cartesiano.

Um elemento que deve ser ressaltado pelo professor ao trabalhar esse método é que ele pode reduzir de forma significativa os procedimentos experimentais para determinação da condição de equilíbrio, no entanto, isso deve ser mencionado e não imposto aos estudantes.

Considera-se importante que, ao iniciar uma atividade experimental, sejam proporcionadas ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo. Trata-se de uma aproximação da teoria com a experimentação, proporcionando que o estudante se familiarize com os saberes envolvidos e esteja orientado aos conhecimentos em estudo. (ROSA; ROSA, 2012, p. 5)

2.2 Método computacional

Para realização da análise dos dados é fundamental a utilização de um programa de computador (*software*) ou de um aplicativo para *smartphone* que permita a representação das forças aplicadas sobre o objeto analisado, dentro dessa ideia considerou-se conveniente o uso do pacote GeoGebra®. Ele caracteriza-se por ser um *software* de matemática dinâmica que une geometria, álgebra e cálculo, desenvolvido para o ensino/aprendizagem da matemática e que possui ferramentas

de vários tipos podendo ser utilizadas na criação de comandos e até mesmo de outras ferramentas (HOHENWARTER, 2019).

O objetivo de utilização dessa ferramenta pelos estudantes é mostrar a possibilidade da análise computacional para referendar resultados teóricos e prever resultados experimentais, mas também habituá-los ao uso destas durante a sua vida profissional em pesquisa ou durante a docência em qualquer nível de instrução. Portanto, essa etapa tem como ponto-chave a introdução de ferramentas de tecnologias da informação e comunicação para a realização da tarefa de análise, estimulando também os estudantes a usarem tais ferramentas no seu processo de aprendizagem. No caso dos cursos de formação de professores isso tem um peso maior, visto que uma vez conhecendo essas ferramentas elas podem ser utilizadas nas escolas: “As concepções que ocasionam barreiras à utilização das TIC no processo de ensino não devem ser consideradas como naturais, mas ocorridas em processos de ensino e aprendizagens anteriores (dos professores)” (SCHUHMACHER; ALVES FILHO; SCHUHMACHER, 2017, p. 565)

2.3 Método experimental

A atividade proposta se baseia na utilização de uma mesa de força (figura 2), muito usada para a discussão da força de tração, e de diferentes massas. Esse tipo de equipamento bastante utilizado nas disciplinas introdutórias de caráter experimental, de muitos cursos de graduação das áreas de ciências exatas, e na maioria das vezes busca-se comprovar a regra do paralelogramo, ou outra identidade matemática qualquer, usada para obter dados físicos de um problema.



FIGURA 2: Mesa de força utilizada na atividade.
FONTE: Acervo dos autores

Aqui, espera-se que os estudantes possam confrontar os dados obtidos nas etapas anteriores da montagem experimental usando forças com intensidades iguais, ou aproximadas - aquelas sugeridas pelo professor no início da atividade. Podemos recorrer à Rosa e Rosa (2012, p. 5) para explicar o ponto principal para

esse fechamento: “Na etapa experimental, é prevista a execução da atividade experimental. Executar uma atividade experimental significa operar o planejado, testar hipóteses previstas, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa também, manusear equipamentos”.

3. Resultados e discussão

Para responder à questão problema, mencionada anteriormente, foi sugerido aos estudantes da disciplina de “Instrumentação para o Ensino A” realizar a análise das seguintes forças: 0,196 N e 0,49 N, 0,588 N, produzidas pelas massas de 20 g, 50 g e 60 g respectivamente. Uma vez que elas são distintas entre si, existe certa dificuldade dos estudantes em perceber que o corpo poderá ficar em equilíbrio sob ação das três simultaneamente. Isso obriga a análise do problema a partir das possibilidades que podem ser testadas durante a atividade, por meio do registro pelo estudante das situações que ele considera pertinentes (figura 3).

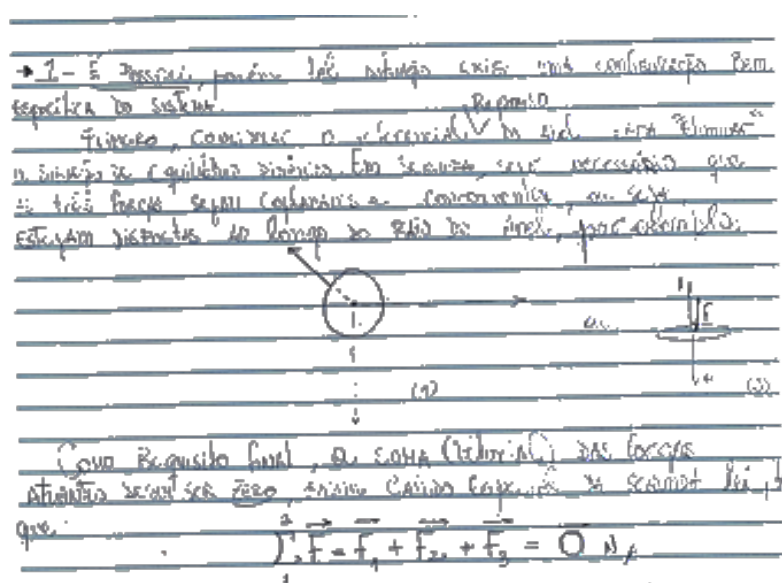


FIGURA 3: Registro de um dos estudantes, com conjecturas sobre as possibilidades de solução do problema proposto.

FONTE: Acervo dos autores

A discussão inicial se dá no sentido de levar os alunos a perceber que a única situação possível de equilíbrio do sistema é quando as forças aplicadas são concorrentes e coplanares, como mostrada no item “Referencial Teórico” do presente artigo, sendo possível a determinação da configuração final do sistema, apenas pela avaliação teórica inicial. O interessante de se observar nesse processo é que um dos estudantes optou por inicialmente buscar a posição de equilíbrio

experimentalmente, no entanto, percebeu que o resultado encontrado não era condizente com os resultados teóricos posteriores realizados para validação e percebeu, por experiência própria, que essa não era a melhor forma de abordagem (figura 4).

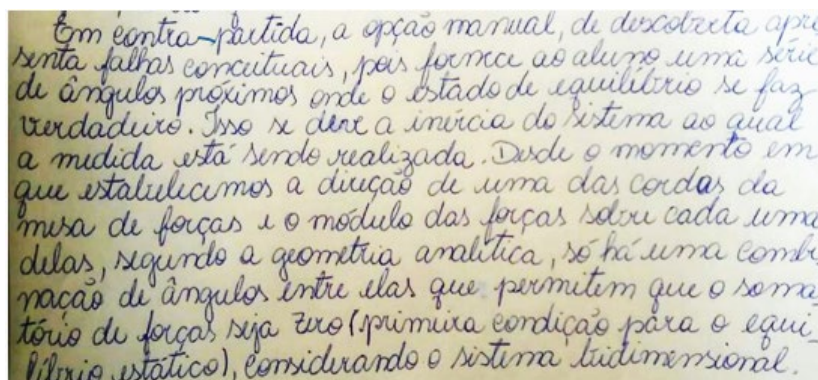


FIGURA 4: Avaliação de um dos estudantes sobre a forma de abordagem do problema.

FONTE: Acervo dos autores

A solução poderá ser encontrada usando a equação (5) com quaisquer pares de forças, isto é, a resultante encontrada, para que o sistema fique em equilíbrio deverá ser igual à terceira componente e assim o problema será resolvido para encontrar sob qual ângulo entre duas forças isso ocorrerá. Apenas como elemento demonstrativo uma análise das forças 0,49 N e 0,588 N, consideradas na atividade como F_1 e F_2 , terão uma força resultante, F_R , igual a 0,196 N se o ângulo ($\theta_1 + \theta_2$) entre elas for de aproximadamente $161,8^\circ$.

Conhecido o ângulo entre as forças, o passo seguinte foi determinar as componentes da terceira força em relação a um dos eixos, para isso usamos as relações apresentadas em (6), lembrando ter sido considerado que a força F_2 está sobre o eixo x. Essa condição simplificou razoavelmente o problema e permitiu determinar a força F_3 sem muito esforço, porém foi percebida a necessidade do professor sugerir que os estudantes construíssem um quadro com os dados coletados para posterior interseção (tabela 1).

Tabela 1 - Descrição dos valores obtidos durante análise realizada.

Força	Intensidade (N)	Componentes	
		Horizontal (N)	Vertical (N)
F_1	0,49	-0,465	0,153
F_2	0,588	0,588	0
F_3	0,196	-0,123	-0,153

Com a etapa teórica realizada o próximo passo foi verificar computacionalmente se os dados obtidos eram pertinentes, permitindo assim que os estudantes pudessem observar de fato o problema que estavam resolvendo. As considerações desse processo intermediário foram apresentadas por dois estudantes ao relatarem: “ela é importante, mas não é fundamental” e “acho necessária para saber se fiz certo”. Para a realização dessa etapa foram inseridos no *software* GeoGebra®, no campo “Álgebra” representado por uma pequena calculadora localizada na parte esquerda superior (figura 5), os vetores do problema com a seguinte sintaxe: “Identificação do vetor = Vetor ((0,0), (módulo do vetor*cos(ângulo), módulo do vetor*sen (ângulo)))”.

Para avaliar se essas forças produzem um vetor nulo, indicando assim que o sistema está em equilíbrio, o passo foi realizar a soma desses vetores, para isso foi necessário retornar ao campo de sintaxe e inserir o seguinte comando: “ $F_R = F_1 + F_2 + F_3$ ”. Essa ação fez com que o vetor resultante, denominado F_R , aparecesse sobre a origem do sistema cartesiano, indicando que este é composto pelo vetor de coordenadas (0,0) (figura 6).

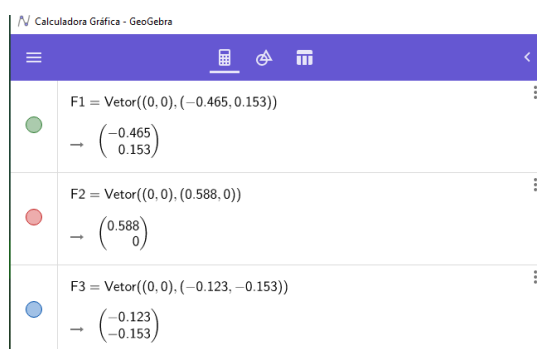


FIGURA 5: Representação da forma de inserção dos dados no *software* GeoGebra®.
FONTE: Acervo dos autores

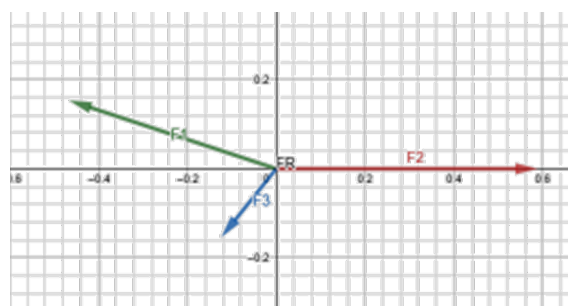


FIGURA 6: Representação dos vetores no *software* GeoGebra®.
FONTE: Acervo dos autores

Um ponto importante na análise dos dados com o uso do *software* é que: “os alunos estão cada vez mais na era digital e tem facilidade de usar os meios tecnológicos, o que torna o uso do computador e do GeoGebra, ferramentas imprescindíveis para o ensino desse conteúdo” (SIQUEIRA; CAETANO, 2016, p. 12) e conseqüentemente da sua apropriação para seu próprio desenvolvimento.

Em seguida, foi realizada a verificação experimental do problema, onde os estudantes, de posse dos resultados já definidos nos estudos teóricos e computacionais, foram realizar a montagem na mesa de força. Essa etapa é meramente comprovativa, visto que eles já realizaram todos os procedimentos necessários para avaliação do sistema, no entanto, traz com ela o trabalho das habilidades de obtenção experimental de resultados, elemento fundamental na vivência de um pesquisador em qualquer área do conhecimento. Além disso, essa etapa serve para fechar um ciclo que começou com a análise de um “problema”, passou pela etapa de “teorização” até chegar a fase de aplicar à “realidade” (BORDENAVE; PEREIRA, 2001, p. 10, *apud* LIMA, 2017, p. 426), mesmo que esse último seja limitado a uma situação de aula.

Nessa etapa, recorrendo aos equipamentos disponíveis no laboratório, foram utilizados objetos com massas combinadas de 19,4 g, 49,6 g e 59,7 g (figura 7), fornecendo assim forças iguais a 0,190 N, 0,486 N e 0,585 N, consideradas razoáveis para a realização da tarefa proposta. É importante mencionar que o fato de elas não possuírem as massas exatamente iguais às apresentadas no problema têm o objetivo de criar uma reflexão sobre a necessidade de adequação da solução inicial e/ou avaliar se é possível realizar o estudo nessas condições.



FIGURA 7: Objetos utilizados na atividade da mesa de força, utilizando suportes e pequenos discos de latão.

FONTE: Acervo dos autores

É importante ressaltar que foi respeitada a configuração obtida teoricamente e na simulação com o *software*, visando realizar uma comparação dos resultados encontrados. Como era de se esperar o resultado encontrado é um equilíbrio entre as forças, produzidas por cada uma das massas, quando aplicadas sobre o anel de metal colocado no centro da mesa de força (figura 8). Além do que já foi

mencionado, a fase final da atividade tem um peso importante, pois a realização de experimentos, em qualquer área do ensino de ciências “representa uma excelente ferramenta para que o aluno concretize o conteúdo e possa estabelecer relação entre a teoria e a prática” (SOUZA, 2013, p. 13).

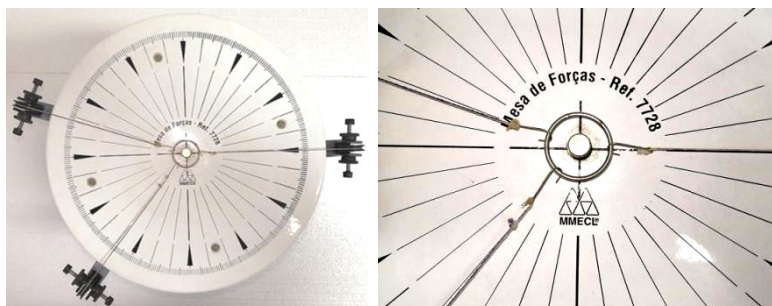


FIGURA 8: Montagem do sistema na mesa de força, para realizar a comprovação prática do problema proposto, a esquerda imagem do sistema em equilíbrio e a direita o detalhamento do resultado encontrado.

FONTE: Acervo dos autores

4. Considerações finais

A partir das atividades realizadas, propostas neste trabalho, aliando um conjunto de abordagem para o mesmo problema, espera-se que as possíveis lacunas entre a teoria e prática sejam minimizadas, resultando um processo de aprendizagem mais sólida dos estudantes. É fato que essa metodologia obriga uma maior interação dos professores com os estudantes durante o processo de resolução do problema proposto, no entanto, essa nova ação o coloca no caráter de ser um colaborador na busca do conhecimento e não apenas um expositor do que deve ser realizado nas aulas experimentais. Além disso, essa metodologia proporciona o crescimento dos participantes ao propiciar um espaço que lhes apresentem maior autonomia na escolha do percurso para a solução do problema proposto e assim validando, ou não, as suas concepções sobre o tema abordado.

Não deve ser esquecido que o ato de poder interagir de várias formas com o mesmo problema tem impacto positivo no desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mostrando-lhes que as situações diárias possuem várias formas de “enfrentamento” e não apenas uma. Por fim, e não menos importante, o uso de uma ferramenta como o GeoGebra para a discussão da mesa de força permite que estudantes com algum tipo de necessidade educativa especial possam interagir com o problema de forma direta. Uma vez que em algumas situações existem limitações motoras que impedem alguns indivíduos de realizar a atividade (real) para o teste de hipóteses, o uso dessa ferramenta possibilitará que estudantes nessa condição

tenha maior autonomia, podendo ter uma participação ativa na discussão do problema e assim promovendo um ambiente favorável para todos.

Referências

ALBINO, T. S. L. A Prática Docente e o Uso de Metodologias Alternativas no Ensino de Matemática: Um olhar para as escolas que adotam propostas pedagógicas diferenciadas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 19., 2015, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: UFJF, 2015. p. 1-12.

ALDERETE, N. J. A.; SILVA, C. R. G. X.; ALVES, M. F. S. Uso do GeoGebra no estudo da trajetória do lançamento de projéteis: um relato de experiência. **Arquivos do MUDI**, v. 22, n.3, p. 95-106, 2018.

ALMEIDA, T. G. M. **Reforço de vigas de concreto armado por meio de cabos externos protendidos**. 2001. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário**. v. 1. São Paulo: Edgar Blücher, 1972.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ABRAMOVAY, M. **Programa de prevenção à violência nas escolas: violências nas escolas**. Brasília: FLACSO BRASIL, 2015.

COELHO, N.; ORZECOWSKI, S. T. A função social da escola pública e suas interfaces. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 10., 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: PUC-PR, 2011. p. 16319-16327.

COELHO, A. L. M. B. Utilização do *software* Geogebra no ensino de óptica geométrica de lentes esféricas. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2017.

DUTRA, V. A. S. **Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural**. 2013. 83 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

GG - GeoGebra. O que é o GeoGebra?, 2022. Disponível em: <https://is.gd/9jgtAu>, Acesso em: 21 mar. 2022.

GOMES, R. C. M. A formação dos professores no contexto atual. **Revista Educação**, v. 14, n. 18, p. 103-125, 2011.

GOMES, J. F.; PINTO, E. P.; FONSECA FILHO, H. D. Atividades experimentais como estratégia para o ensino de Física: estudo de caso em duas escolas públicas do município de Santana-AP. **Estação Científica**, v. 7, n. 3, p. 71-81, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: mecânica**. v. 1. 10ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HOHENWARTER, M. *GeoGebra*, 2019. Disponível em: <https://is.gd/rvAPfR>, Acesso em: 18 jun. 2019.

LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p. 231-256, 2003.

LIMA, V. V. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem. **Interface**, v. 21, n. 61, p. 421-434, 2017.

LUCERO, P. G.; FAICÁN, G. E. El software GeoGebra como recurso para la enseñanza de vectores: Una experiencia didáctica. **Rematec**, v. 16, n. 37, p. 46-60, 2021.

MACENHAN, C.; TOZETTO, S. S.; BRANDT, C. F. Formação de professores e prática pedagógica: uma análise sobre a natureza dos saberes docentes. **Práxis Educativa**, v. 11, n. 2, p. 505-525, 2016.

MARTINEZ, S. R. M.; PERIC, R. B. A. As exigências educacionais para o mercado de trabalho no século XXI. **Revista Interfaces**, v. 1, n. 1, p. 10-12, 2009.

MERIZIO, A. D.; SOUZA, C. A. Pontes de macarrão: uma alternativa para o ensino de estática. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 27-29, 2010.

MONTEIRO, J. S.; SILVA, D. P. A influência da estrutura escolar no processo de ensino-aprendizagem: uma análise baseada nas experiências do estágio supervisionado em Geografia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 19, n. 3, p. 19-28, 2015.

SANTANA JUNIOR, R. R. M. **Geotecnologias aplicadas a análise espaço temporal do prolongamento da Avenida João Paulo II, Belém-PA**. 2018. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

SCHUHMACHER, V. R. N.; ALVES FILHO, J. P.; SCHUHMACHER, E. As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 3, p. 563-576, 2017.

SIQUEIRA, D. N.; CAETANO, J. J. O uso do geogebra no ensino de funções no ensino médio. In: **Os desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**. Curitiba: Secretaria de Educação, 2016. p. 1-22. ISBN 978-85-8015-093-3.

SODRÉ NETO, L.; OLIVEIRA, M. L. A. Aulas experimentais no ensino superior: a visão de estudantes do curso de licenciatura em ciências biológicas sobre esse tipo de prática. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 5, n. 2, p. 62-72, 2015.

SOUZA, A. C. **A experimentação no ensino de ciências: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem**. 2013. 34 f. Monografia (Especialização em Educação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

TENÓRIO, A.; BORGES NETO, A. C. O uso do GeoGebra na resolução de questões sobre movimento uniforme. **Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo**, v. 8, n. 1, p. 16-36, 2019.