

ATIVIDADE PRÁTICA PARA O ENSINO DE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
PRACTICAL ACTIVITY FOR TEACHING QUANTITY OF MOVEMENT

Michel Corci Batista¹, Oscar Rodrigues dos Santos², Mauricio Fusinato³, Gilson Junior Schiavon⁴, Wladimir Sérgio Braga⁵

¹⁻⁴Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campo Mourão. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF),

E-mail: oscarsantos@utfpr.edu.br

⁵Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campo Mourão. Departamento de Física (DAFIS), E-mail: wladimirbragautfpr@gmail.com

Diante dos desafios no processo de ensino e de aprendizagem de Física no ensino médio, incumbe a nós professores desenvolvermos procedimentos para mudar essa realidade. Nesse artigo, apresentamos um experimento simples e de baixo custo para alunos do primeiro ano do ensino médio que possibilita uma melhor compreensão dos processos de colisões. A atividade experimental é uma importante ferramenta no ensino de Física, pois, possibilita que a aprendizagem se torne mais dinâmica e motivadora. Permitindo a participação ativa dos alunos e promovendo melhorias em seu desempenho. Os resultados evidenciam indícios de uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Quantidade de movimento, colisões, Conservação de energia.

Faced with the challenges in the process of teaching and learning Physics in high school, it is up to us teachers to develop procedures to change this reality. In this paper, we present a simple and low-cost experiment for first-year high school students that enable a better understanding of collision processes. Experimental activity is an important tool in Physics teaching, as it enables learning to become more dynamic and motivating. Allowing the active participation of students and promoting improvements in their performance. The results show signs of significant learning.

Keywords: Momentum, collisions, Conservation of energy.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física, em sua fundamentação, requer uma relação constante entre a teoria e a prática, entre conhecimento científico e senso comum. Para cada área do conhecimento, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) apresenta possibilidades para um ensino por competências (BRASIL, 2018). Para tanto, a escola deve promover um conhecimento físico contextualizado e integrado à vida do estudante, considerando seu mundo vivencial próximo e distante, os fenômenos naturais e os dispositivos tecnológicos com que lida no seu cotidiano, bem como os objetos que despertem a sua curiosidade. A Física deve ser reconhecida como uma construção humana, cuja evolução histórica iniciou-se na Antiguidade até os nossos dias, sendo objeto de contínua transformação.

A física presente nas escolas deve ter um papel essencial e fundamental para compreender os fenômenos e tecnologias ao nosso redor. Entretanto, ela nem sempre

cumpra esta tarefa, devido à falta de materiais adequados e formação dos profissionais da educação básica que ministram esta disciplina, que em muitos casos, não são formados na área, além do pouco investimento no setor (BATISTA, 2021).

Este trabalho tem foco nos conceitos de conservação de energia, leis de Newton, Conservação da quantidade de movimento e colisões. As colisões de veículos no trânsito é um assunto presente no cotidiano dos estudantes e muito preocupante em todo o Brasil, pela dimensão que vem alcançando. Diariamente, são noticiados acidentes com óbitos e feridos no trânsito urbano ou nas rodovias deixando como consequência um rastro de sequelas na vida dos cidadãos e prejuízos para o país (LEITÃO, 2019).

Os conceitos de Física que envolvem os acidentes são bastante complexos e variáveis e nem sempre abordados com a profundidade adequada nas escolas de Ensino Básico (GOMES FILHO, 2020; FONTES, 2021). Esses conceitos estão estreitamente ligados aos acidentes de trânsito que ceifam tantas vidas ou consequências que interferem na atuação profissional do cidadão e na economia da nação.

Entendemos que um assunto tão sério como este deve ser discutido nas escolas de educação básica para que nossos jovens percebam a gravidade dos problemas que a imprudência no trânsito tem gerado. Trabalhar em prol da conscientização dos jovens no sentido do cumprimento das Leis de Trânsito no Brasil é uma das formas da escola contribuir na educação dos aprendizes, proporcionando aos pais e a população em geral, maior segurança e tranquilidade a respeito de qualquer percurso ou transporte necessário no cotidiano de cada cidadão de nosso país.

Uma das maneiras mais efetiva para o ensino do conceito de colisões é o uso de atividades experimentais, que pode se tornar, uma possibilidade de transição do modelo tradicional de ensino para formas singulares de ensinar física. Entendemos que, quando se introduz atividades experimentais nas aulas, o professor verifica um comportamento distinto dos alunos (MAZARO, 2017).

Nesse sentido, na busca por uma aprendizagem significativa e aplicada, apresentamos uma atividade experimental, que visa o estudo da quantidade de movimento, que pode ser reproduzida facilmente por professores do ensino básico, utilizando materiais de baixo custo.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS COLISÕES

Para Aristóteles de Estagira o movimento não-natural estava associado à força, e que os corpos atingiriam o repouso assim que a força fosse removida. Aristóteles não acreditava na existência do vácuo. Para ele, os corpos sempre se moviam em um meio que oferecia resistência ao movimento.

A velocidade no movimento natural era proporcional à força e inversamente proporcional a resistência do meio, pois o velho Estagira acreditava que quanto mais pesado era um corpo tanto mais depressa era sua queda e, inversamente, quanto mais denso um meio, tanto mais lenta a queda (FONTES, 2019; de SÁ, 2021). Esse raciocínio poderia ser sistematizado por:

$$v \propto \frac{F}{R} \quad (1)$$

Onde, v é a velocidade do objeto, F a força e R a resistência do meio.

Aristóteles enfrentou ainda o seguinte problema: como explicar que o movimento de um projétil se mantém por algum tempo mesmo depois de não haver mais contato com o corpo que o lançou?

Como solução a esse problema, Aristóteles imaginou que o meio, de alguma forma, forneceria a força necessária para empurrar o objeto, e esse movimento avante. Porém, o meio motor, o ar, também seria um meio resistente, ou seja, a causa do movimento e seu término. Assim, para ele estava aí à prova física de que um vácuo era impossível, pois no vazio não há diferenças e, sendo assim, o movimento não seria possível.

Já para Philopponus (século VI dC) (ÉVORA, 1995) o movimento no vácuo era possível, e para ele não era o ar que mantinha o projétil em movimento por algum tempo, e sim, uma força impressa que eventualmente se esgotava.

$$V \propto F - R \quad (2)$$

Essa força impressa se consolidou no século XIV com a teoria do *impetus*, desenvolvida por Jean Buridan (ÉVORA, 1993), que acreditava ser permanente a força impressa a um projétil, a menos que atuassem outras forças. Ele definiu essa força impressa como sendo proporcional ao peso (entendido aqui como “corpo grave” – corpo com peso ao invés de “leveza”, no sentido aristotélico) e à velocidade. Tem-se então uma ideia de constância.

René Descartes (1596 – 1650) realizou alguns estudos sobre o impacto dos corpos, e foi conduzido a um princípio de conservação do movimento. Descartes escreve em 1644, em sua obra *Príncipes de Philosophie*, que é totalmente coerente aceitar que Deus, ao criar a matéria, deu distintos movimentos às suas partes, conservando toda a matéria nas mesmas condições em que a criou, e neste sentido, conservando também a mesma quantidade de movimento (HATFIELD, 2017).

O desafio seria como definir essa “quantidade de movimento”. Descartes escolheu o produto da massa e da velocidade de um objeto em movimento. Ele chamou isso de “momentum”. De acordo com ele, se dois objetos com massas m_1 e m_2 e velocidades v_1 e v_2 , respectivamente, colidem, a quantidade

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 \quad (3)$$

é a mesma antes e depois da colisão, mesmo que as velocidades individuais dos objetos tenham sido alteradas.

Segundo Ponczek (2000), em 1686, Leibniz [1646 – 1716], em sua obra *Discurso de Metafísica* estuda mais profundamente a Física das colisões, reformulando os conceitos cartesianos, chegando à ideia de que a grandeza que mede o movimento é $m \cdot v^2$.

Seu argumento básico é de que um corpo A de massa quatro vezes menor, que a de um corpo B, porém caindo de altura quatro vezes maior, ao colidir com o solo, deve ter uma força igual. Galileu e Torricelli já haviam descoberto que as velocidades finais de um corpo em queda livre eram proporcionais à raiz quadrada da altura, e assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade apenas duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo acontecendo com sua quantidade de movimento. No entanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, e assim, Leibniz prova que a grandeza que mede o movimento e, portanto, a verdadeira medida da força é a massa vezes o quadrado da velocidade, isto é, $m \cdot v^2$, e não $m \cdot v$, como acreditava Descartes (PONCZEK, R.L., 2000, p. 341).

A síntese de Descartes para o sistema de mundo encontrará na obra de Newton a mecânica necessária para a explicação dos fenômenos terrestres e celestes. Veja como Sir Isaac Newton define a quantidade de movimento que precedeu os axiomas em seu

Principia: A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria (NEVES, M.C.D., 1999, p.48).

Se buscarmos a definição de Descartes para a quantidade de movimento, produto da massa pelo módulo da velocidade, $m \cdot v$, e a substituirmos pela definição de Newton, produto da massa pelo vetor velocidade, $m \cdot \vec{v}$, teremos que, para todas as colisões, o movimento dos corpos, antes e depois da colisão, será dado por:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2 \quad (4)$$

Em que \vec{v}'_1 e \vec{v}'_2 são as velocidades após a colisão.

Descartes falhou por não conhecer este o conceito de que velocidade é uma grandeza vetorial. Pode-se então, representar a quantidade de movimento (ou momento linear) de uma partícula como o produto de sua massa pela sua velocidade:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (5)$$

O momento de uma partícula pode ser imaginado como a medida da dificuldade de levar a partícula ao repouso. A unidade no SI (Sistema Internacional) é $kg \cdot m/s$. A segunda lei de Newton pode ser escrita em termo do momento linear, como:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (6)$$

sendo, \vec{p} o momento resultante do sistema.

Como num sistema as forças internas cancelam-se entre si (terceira lei de Newton), esta fica dependente somente das forças externas, que atuam no sistema. Sendo assim, quando não houver forças externas no sistema e/ou quando a resultante for nula, então o momento linear se conserva,

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \quad (7)$$

ou seja, $\vec{p} = \text{constante}$. Esta é a Lei de Conservação de Momento Linear.

O que são colisões?

Considere que dois corpos que se aproximam e durante um “curto” intervalo de tempo interagem fortemente de modo que, tanto antes como depois desse intervalo de tempo, as forças de interação entre eles sejam desprezíveis. Pode-se dizer então, que durante esse intervalo de tempo ocorreu uma colisão.

Num processo de colisão, raramente as forças externas são nulas ou estão ausentes. Geralmente elas são muito mais fracas do que as forças de colisão podendo ser

desprezadas, ou consideradas ausentes. Isso permite desprezar a variação da quantidade de movimento produzida pelas forças externas, isto é, considerar que, durante o curto intervalo de tempo em que ocorre a colisão, a quantidade de movimento do sistema permanece constante.

$$\vec{p}_i = \vec{p}_f \quad (8)$$

Sendo assim, independente de qual tipo de colisão estejamos estudando, a quantidade de movimento sempre se conserva.

Durante a colisão entre dois corpos macroscópicos, certa quantidade da energia cinética total dos dois corpos é dissipada. Uma parte dessa energia dissipada é usada para executar trabalho de deformação dos corpos. Outra parte é transformada em outra modalidade de energia, tais como, energia térmica e energia vibratória, a qual produz o som que ouvimos durante o choque. Em certos casos, porém, essa dissipação é tão pequena que admitimos que a energia cinética total do sistema se conserva antes e depois da colisão.

Levando em conta a conservação ou não da energia cinética total do sistema, pode-se classificar os choques em dois tipos:

- **Choques elásticos:** a energia cinética se conserva e os corpos se separam após o choque.
- **Choques inelásticos:** após o choque os corpos ficam unidos e a energia cinética total após a colisão é menor que antes.

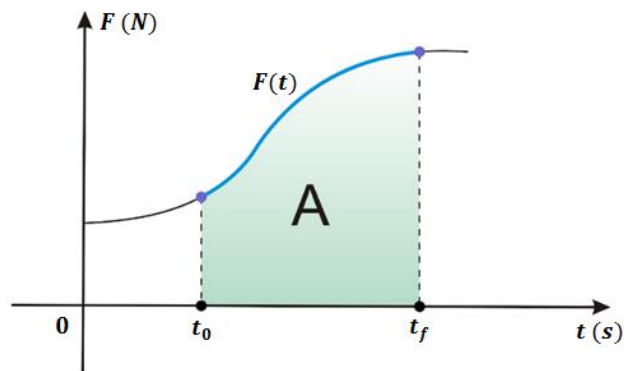
II.2 IMPULSO DE UMA FORÇA CONSTANTE E VARIÁVEL (\vec{I})

O impulso (\vec{I}) é uma grandeza vetorial que possui a mesma direção e sentido da força, e seu módulo pode ser determinado por:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (9)$$

A unidade de intensidade do impulso no SI é o N.s.

Imagine agora, que a força que fazemos sobre um corpo para efetuar um deslocamento não seja mais constante, mas que varie com o tempo. Então sempre que a força variar com tempo, podemos calcular o impulso. Essa força variável também pode ser representada por um gráfico, Fig. 1.

Figura 1: Representação gráfica da força em função do tempo.

Fonte: Os autores

Numericamente o módulo do impulso é dado pela área colorida mostrada na Fig. 1, que pode ser determinada por:

$$\vec{I} = \int_{t_0}^{t_f} F(t) dt \quad (10)$$

Em uma análise dimensional simples é possível concluir que impulso e momento linear possuem mesma dimensão, que permite escrever o Teorema do impulso,

$$\vec{I} = \Delta \vec{p} \quad (11)$$

ou seja, o impulso é responsável pela variação do momento linear.

SISTEMA MECANICAMENTE ISOLADO

Um sistema mecânico é isolado, quando a força resultante externa aplicada a ele for nula. Neste caso, o impulso será nulo e a quantidade de movimento se manterá constante (princípio da conservação da quantidade de movimento).

$$\vec{F}_R = 0 \rightarrow \vec{p} = \text{constante} \quad (12)$$

$$\vec{p}_{\text{inicial}} = \vec{p}_{\text{final}} \quad (13)$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1i} + m_2 \cdot \vec{v}_{2i} = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f} \quad (14)$$

O que implica que o momento linear de cada corpo isolado pode sofrer variações, entretanto a soma dos momentos lineares de todos os corpos envolvidos antes e após a interação permanece constante.

COLISÕES MECÂNICAS

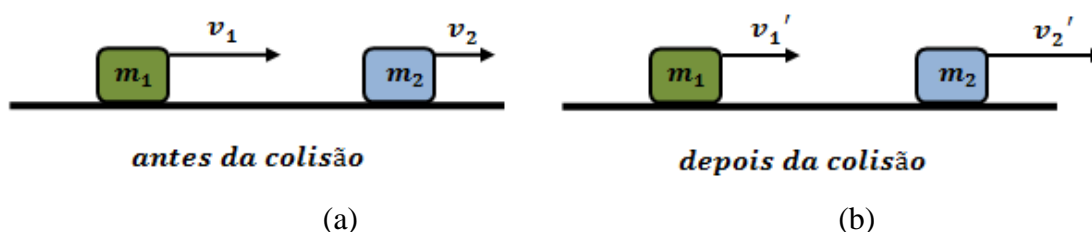
As colisões mecânicas em física são classificadas em três tipos: perfeitamente elásticas, parcialmente elásticas e inelásticas. Nestes casos, é possível identificar duas fases distintas, a de deformação e a de restituição. A primeira tem início no instante em que os corpos entram em contato, passando a se deformar mutuamente, e termina quando um corpo entra em repouso em relação ao outro. Nesse instante, tem início a segunda fase, que por sua vez termina quando os corpos se separam. A diferença entre uma colisão e outra está na fase de restituição, pois, a mesma não ocorre em todas as colisões. A partir de agora estudaremos cada tipo de colisão.

COLISÕES ELÁSTICAS

Imagine uma colisão frontal simples entre dois corpos de massas diferentes. Se a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) se mantiver constante antes e após a colisão, ela é chamada de *elástica*. Porém, o Momento Linear desse sistema (corpo 1 + corpo 2) é sempre conservado independentemente do tipo de colisão, fato este utilizado para análise de acidentes (NUSSENZVEIG, 2018).

Considere agora, dois corpos, um de massa m_1 com velocidade v_1 e outro de massa m_2 com velocidade v_2 , sendo $v_1 > v_2$, movendo-se em linha reta, conforme diagrama apresentado na Fig. 2a. Após um intervalo de tempo os dois corpos irão colidir e esta colisão provocará uma alteração na velocidade dos corpos, passando o corpo 1 a ter velocidade v_1' e o corpo 2, v_2' , conforme diagrama apresentado na Fig. 2b. Consideremos um referencial inercial para as grandezas vetoriais velocidade e momento linear, com o sentido para a direita sendo positivo.

Figura 2: Representação gráfica da força em função do tempo.



Fonte: Os autores

Aplicando o princípio da conservação do momento linear para o sistema (corpo 1 + corpo 2) antes da colisão e após a colisão temos:

$$\vec{p}_{inicial} = \vec{p}_{final} \quad (15)$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2 \quad (16)$$

Se a colisão for elástica, a energia cinética se conserva, logo:

$$\vec{K}_{inicial} = \vec{K}_{final} \quad (17)$$

$$\frac{m_1 \cdot \vec{v}_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot \vec{v}_2^2}{2} = \frac{m_1 \cdot \vec{v}'_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot \vec{v}'_2^2}{2} \quad (18)$$

III.2 COEFICIENTE DE RESTITUIÇÃO E AS COLISÕES PARCIALMENTE ELÁSTICAS E INELÁSTICAS

Como descrito anteriormente, existem duas fases durante uma colisão: a *deformação* e a *restituição*. Considere os dois corpos 1 e 2 que foram usados de exemplo anteriormente. Observe que antes da colisão existe uma velocidade relativa de aproximação e logo após, uma velocidade relativa de afastamento. O coeficiente de restituição é definido como sendo a divisão entre a velocidade de afastamento pela velocidade de aproximação.

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}} = \frac{v_2 - v_1}{v_1 - v_2} \quad (19)$$

O coeficiente de restituição é sempre $e \leq 1$, sendo que em uma colisão elástica ele tem seu valor máximo $e = 1$.

Nas colisões parcialmente elásticas os corpos têm uma velocidade relativa não nula após a colisão, dessa forma o coeficiente de restituição admite valores entre 0 e 1. O momento linear é sempre conservado em uma colisão, seja a colisão elástica ou não.

Já em uma colisão inelástica a energia cinética do sistema (corpo 1 + corpo 2) não é conservada. Neste sentido, parte da energia é transformada, em calor ou energia potencial de deformação. O coeficiente de restituição é $e = 0$ isso implica que após a colisão os corpos permanecem juntos, ou seja, a velocidade final é igual para ambos os corpos, que compõem o sistema.

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_1 - v_2} = 0 \rightarrow v_2 - v_1 = 0 \rightarrow v_2 = v_1 \quad (20)$$

Desta forma, a equação da conservação do momento linear pode ser simplificada e escrita como:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v} \quad (21)$$

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho teve por objetivo verificar o potencial pedagógico de uma atividade prática sobre colisões que foi realizada para um grupo de onze (11) alunos, sendo quatro (4) do segundo ano do Ensino Médio regular, três (3) do terceiro ano e quatro (4) do segundo ano do Curso Técnico em Informática. A proposta foi aplicada em uma instituição pública de ensino.

Neste trabalho foi utilizada uma investigação qualitativa, pautada por diferentes metodologias, técnicas e ferramentas. A pesquisa qualitativa é um método de investigação científica que enfatiza o caráter subjetivo do objeto analisado, estudando as peculiaridades e experiências individuais. Com essa abordagem, os entrevistados ficam mais à vontade para expor os seus pontos de vista sobre determinados assuntos que estejam relacionados com o objeto de estudo. Neste tipo de pesquisa as respostas não são objetivas e o propósito não é contabilizar quantidades como resultados, mas compreender o comportamento de determinado grupo-alvo (TRIVIÑOS, 1987; Santos, 2022).

Bogdan e Biklen (1982) discutem o conceito de pesquisa qualitativa apresentando cinco características básicas que configurariam esse tipo de estudo.

- 1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento.*
- 2. Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrição de pessoas, situações, acontecimentos.*
- 3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.*
- 4. O “significado” que as pessoas dão as coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a “perspectiva dos*

participantes”, isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas.

5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos.

Na investigação qualitativa temos as palavras, o ponto de vista dos participantes, o investigador próximo, as teorias que emergem do processo, a compreensão do contexto, os dados ricos e profundos, o micro, os significados, a conjuntura natural. Costumam-se considerar técnicas qualitativas aquelas diferentes à pesquisa estatística e ao experimento científico. Isto é, entrevistas abertas, grupos de discussão ou técnicas de observação de participantes (TRIVIÑOS, 1987).

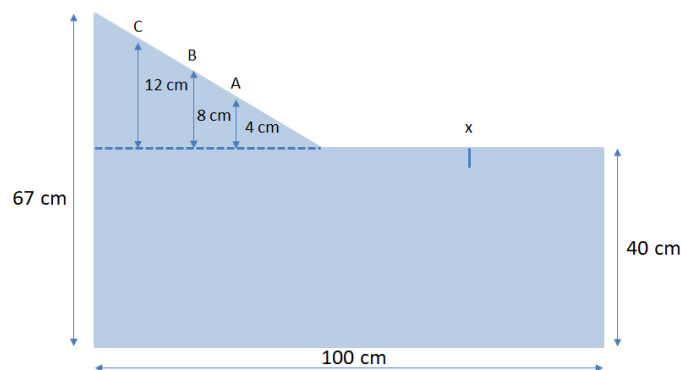
A proposta foi desenvolvida em dois encontros, que ocorreram duas vezes na semana, com duração aproximada de 1 hora aula cada. No primeiro o professor pesquisador apresentou o projeto aos alunos, deixando claro, os objetivos e expectativas sobre o tema: colisões no trânsito. Foi explicado que haveria dois encontros onde seriam estudadas e debatidas várias atividades explorando os conceitos físicos presentes em acidentes de trânsito, buscando conscientizar os estudantes sobre as imprudências e a falta de respeito às Leis de Trânsito no Brasil.

DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS

Com intuito de contribuir para os professores do Ensino médio, propomos uma atividade para o ensino da *quantidade de movimento* introduzindo o tema experimental “*produzindo colisões*”. Essa atividade foi adaptada de outra que foi proposta para crianças, realizada pela professora Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da USP (CARVALHO, 1998).

MATERIAIS

O equipamento necessário pode ser fabricado facilmente pelo professor, que pode usar uma base de madeira (MDF, MDP ou compensado) para montar uma estrutura como mostrado na Fig. 3. Na parte superior onde deverá deslocar bolinhas metálicas, pode ser usado uma canaleta de alumínio ou plástico como aquelas encontradas em janelas ou box para banheiro. Na base de madeira deve ser feita quatro marcações, uma no ponto médio da parte horizontal do trilho (ponto x) e outras três espaçadas igualmente na parte inclinada do trilho $A = 4\text{ cm}$, $B = 8\text{ cm}$ e $C = 12\text{ cm}$.

Figura 3: representação do experimento das bolinhas**Fonte:** Os autores

Também serão necessárias três esferas metálicas, duas de massas idênticas e uma com massa maior, como mostra a Fig. 4, sugestão: pode ser esferas de rolamentos de caminhões.

Figura 4: representação das esferas metálicas utilizadas no experimento**Fontes:** Os autores

Para fazer as marcações das posições de queda das bolinhas, será utilizada uma folha de papel carbono sobre uma folha de sulfite.

PROCEDIMENTO

A atividade deverá ser dividida em duas partes, a primeira para que os alunos percebam que o alcance da esfera depende da velocidade com que a esfera deixa o trilho que, por consequência, depende da posição inicial na parte inclinada do trilho de onde ela é solta (pontos A, B e C), ou seja, da energia potencial gravitacional inicial da esfera que se transforma em energia cinética. Na segunda parte, para que eles verifiquem experimentalmente quais são as grandezas que influenciam na quantidade de movimento das esferas.

Além disso, os alunos deverão ser divididos em pequenos grupos com quatro ou cinco integrantes. O experimento deverá proporcionar um momento de interação, bem como o levantamento de hipóteses pelos alunos.

Parte 1

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente a dependência da velocidade com que as esferas deixam o trilho quando elas são soltas de diferentes alturas em relação a linha horizontal bem como de suas massas.

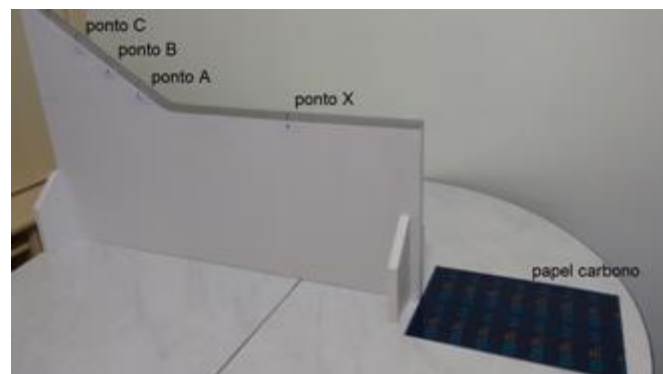
Material

- base construída para o experimento;
- duas esferas metálicas de mesma massa (28,5g);
- uma esfera metálica de massa maior (56,6g);
- uma folha de sulfite;
- uma folha de papel carbono;
- fita adesiva.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA PRIMEIRA PARTE

Utilize o aparato experimental construído e a esfera menor (28,5g), fixando o papel carbono sobre uma folha de sulfite, como mostra a Fig. 5.

Figura 5: Aparato experimental montado



Fonte: Os autores

1. Solte a esfera da parte inclinada do trilho de alumínio, do ponto A, registrando na Tabela 1 o alcance obtido, repita o procedimento alterando a posição inicial para B e C. Discuta com seu grupo em qual das situações o alcance atingido pela esfera foi maior, justificando essa resposta.
2. Repita os mesmos procedimentos utilizando a esfera maior (56,6g), anotando os valores na Tabela 2.

As Tabelas 1 e 2 mostram os alcances médios das esferas de menor e maior massa soltas das alturas A, B, C.

Tabela 1 – Alcance médio da esfera 1 de massa 28,5g.

| Altura inicial da esfera 1 | Equipe 1 (cm) | Equipe 2 (cm) | Equipe 3 (cm) | Média aritmética das três medidas |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| A (4 cm) | 16,50 | 17 | 16 | 16,5 |
| B (8 cm) | 23,7 | 24 | 23 | 23,57 |
| C (12 cm) | 29 | 29,5 | 29,2 | 29,23 |

Tabela 2 – Alcance médio da esfera 1 de massa 56,6g.

| Altura inicial da esfera 1 | Equipe 1 (cm) | Equipe 2 (cm) | Equipe 3 (cm) | Média aritmética das três medidas |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| A (4 cm) | 18 | 16,5 | 16 | 16,83 |
| B (8 cm) | 24 | 23,8 | 23,5 | 23,77 |
| C (12 cm) | 29 | 29,3 | 29 | 29,1 |

Analisando as Tabelas 1 e 2, observa-se que a média aritmética das três medidas, independente da massa, aumentam de acordo com o ponto de lançamento, ou seja, quanto maior a altura maior é o alcance das esferas. Nesse momento, alguns alunos pareciam surpresos, pois tinha uma noção intuitiva que a massa influenciaria consideravelmente no alcance, essa foi percebida na fala de um deles "*Nossa! Elas caem quase no mesmo lugar*". As pequenas diferenças entre os resultados obtidos, podem ser atribuídas a fatores como imprecisão nas medidas, atrito e etc.

Após a realização da atividade o professor solicita que cada grupo apresente para os outros o que respondeu e em seguida encaminha uma discussão teórica sobre o assunto, procurando relembrar o princípio da conservação da energia mecânica, no qual a energia potencial inicial da esfera é convertida em energia cinética na parte horizontal do trilho (sendo desprezada a energia cinética de rotação). Considerando o plano da base como referencial para energia potencial igual a zero, podemos aplicar a conservação da energia para determinar a velocidade da esfera ao deixar o trilho;

$$E_A = E_x \quad (22)$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (23)$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A} \quad (24)$$

Após a demonstração matemática o professor solicita que os grupos determinem a velocidade com que a esfera deixa o trilho na parte horizontal quando solta das posições A, B e C, preenchendo a Tabela 3.

Tabela 3 – Variação da velocidade em função da altura.

| Posição | Altura (m) | Velocidade (m/s) |
|----------------|-------------------|-------------------------|
| A | 0,04 | 0,89 m/s |
| B | 0,08 | 1,25 m/s |
| C | 0,12 | 1,53 m/s |

Com os conceitos bem estabelecidos o professor encaminha a segunda parte do experimento, agora visando discutir a quantidade de movimento.

Parte 2

O objetivo dessa atividade é verificar experimentalmente quais são as grandezas que influenciam na quantidade de movimento de um corpo. Os materiais utilizados serão os mesmos da atividade anterior.

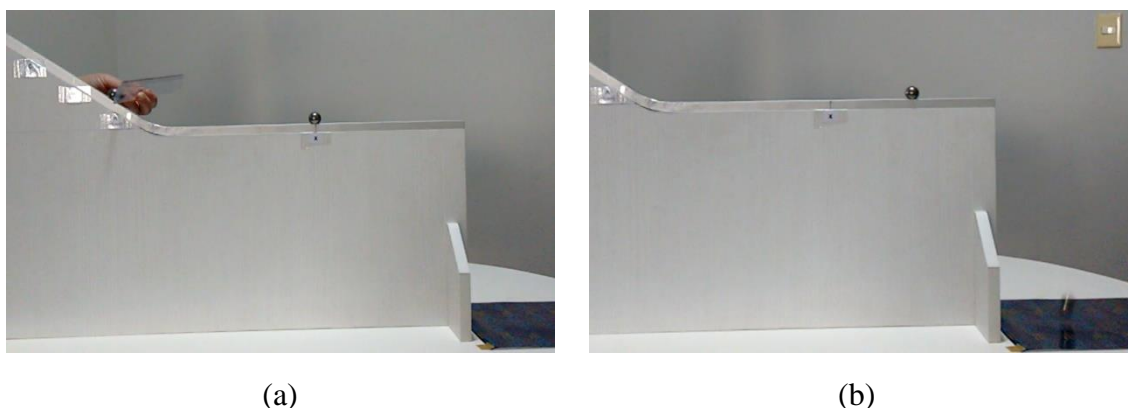
PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL DA SEGUNDA PARTE

Quando um corpo (A), em movimento com uma determinada velocidade, realiza uma colisão parcialmente elástica com um corpo (B), inicialmente em repouso, imediatamente após a colisão, o corpo que estava parado (B) entra em movimento. Isso acontece porque durante a colisão o corpo A transfere uma quantidade de movimento para o corpo B.

V.4.1. Utilizando as esferas de mesma massa.

- Monte novamente o aparato experimental de acordo com a Figura 6;
- Coloque a esfera 2 na posição X, ponto médio da parte horizontal;
- Libere a esfera 1, da posição A (4 cm) para que colida com a esfera 2, em repouso no ponto X, e registre as distâncias alcançadas pela esfera 2, após a queda, repita o procedimento para as alturas B (8 cm) e C (12 cm).

Figura 6: (a) Posição inicial da esfera 1, antes da colisão com a esfera 2 no ponto X e (b) Instante em que a esfera 2 atinge o papel carbono e a posição da esfera 1 após colisão.



Fonte: Os autores

Na Tabela 4 são apresentados os dados experimentais da atividade realizados pelas equipes. A última coluna mostra a média aritmética dos alcances para três alturas iniciais, efetuadas pelas equipes.

Tabela 4 – Alcance médio da esfera 2 registrados no sulfite sob o papel carbono, após sofrer o impacto da esfera 1 (mesma massa), abandonada de três alturas diferentes.

| Altura inicial da esfera 1 | Equipe 1 - Alcance da esfera 2 (1ª medida (cm)) | Equipe 2 - Alcance da esfera 2. (2ª medida (cm)) | Equipe 3 - Alcance da esfera 2. (3ª medida (cm)) | Média aritmética das medidas |
|----------------------------|---|--|--|------------------------------|
| A (4 cm) | 9,3 | 9,5 | 10 | 9,6 |
| B (8 cm) | 13,4 | 13,5 | 14 | 13,63 |
| C (12 cm) | 16,5 | 17,3 | 16,5 | 16,77 |

Fonte: Autor (2018)

As equipes foram questionadas sobre qual das três situações houve maior transferência de quantidade de movimento. Todas entenderam a relação entre a altura inicial e a velocidade com que a esfera 1 atinge a esfera 2, observando que o alcance da segunda esfera é maior, quanto maior for a altura inicial. Assim, há uma relação direta entre as velocidades da esfera 1, imediatamente antes da colisão, e o alcance da esfera 2, após a

colisão. Pode-se concluir que a quantidade de movimento transmitida da esfera 1 para a esfera 2 é diretamente proporcional à velocidade expressa pelo alcance da esfera 2.

UTILIZANDO DUAS ESFERAS DE MASSAS DIFERENTES

O objetivo desta etapa consiste em verificar o princípio da conservação da quantidade de movimento por meio da colisão de duas esferas de aço, de massas diferentes (28,5 g e 56,6 g), em duas partes distintas.

Na primeira parte a esfera 1, de maior massa ($m = 56,6\text{g}$), é abandonado da posição A (4 cm). Então, o alcance da esfera 2, de menor massa ($m = 28,5\text{ g}$), inicialmente localizada na posição X, após receber o impacto da colisão é observado. Na segunda parte invertem-se as posições das esferas.

Na Tabela 5, foram registrados os dados experimentais, um comparativo entre os alcances médios da esfera 2 após ser atingida pela esfera 1, indicando que o alcance da esfera 2 é maior quando a esfera 1, solta da posição A, tem maior massa.

Tabela 5 – Quadro comparativo do alcance médio da esfera 2 após receber o impacto da colisão com a esfera 1 (massa maior e menor) com ponto inicial em A, a 4 cm de altura.

| Ponto inicial da esfera 1 | Alcance médio da esfera 2 (menor), atingida pela esfera 1 (maior) | | | Alcance médio da esfera 2 (maior), atingida pela esfera 1 (menor) | | |
|---------------------------|---|----------|----------|---|----------|----------|
| | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 |
| A (4 cm) | | | | | | |
| Alcance (cm) | 12,4 | 12,8 | 12 | 6,8 | 7,3 | 7,5 |

Na primeira situação o efeito da colisão da esfera de maior massa é mais intenso, lançando a menor com maior velocidade, que atinge uma distância maior. Isso acontece devido à esfera possuir maior quantidade de movimento. Importante destacar que a velocidade no momento da colisão é a mesma nos dois casos. Entretanto, temos uma outra grandeza envolvida, a massa. Para as mesmas velocidades, a esfera que possui maior massa tem maior quantidade de movimento.

É possível neste momento comparar diversas situações reais como, por exemplo, um caminhão em movimento e um carro de passeio em repouso. Quando um caminhão em movimento colide com um carro de passeio parado os efeitos da colisão são mais

facilmente percebidos do que quando um carro de passeio em movimento colide com um caminhão parado, pois mesmo os dois possuindo mesma velocidade, a quantidade de movimento do caminhão é muito maior.

Quadro 6 – Alcance da esfera 2 (maior) registrados, após sofrer o impacto da esfera 1 (menor), abandonada das posições A e B, a 4 cm e 8 cm de altura.

| Altura de inicial da esfera 1 | Equipe 1 - Alcance da esfera 2 (cm) | Equipe 2 - Alcance da esfera 2 (cm) | Equipe 3 - Alcance da esfera 2 (cm) | Média aritmética das três medidas |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| A (4 cm) | 6,8 | 7,3 | 7,5 | 7,2 |
| B (8 cm) | 9,5 | 10,3 | 10 | 9,93 |

Observando os resultados no Quadro 6 verifica-se que, quanto maior é a altura de abandono da esfera 1 (menor), maior será a quantidade de movimento transmitida para a esfera 2 (maior), ou seja, a quantidade de movimento também depende da velocidade do corpo. O experimento ainda pode ser realizado invertendo as posições e variando as alturas iniciais. Assim é possível mostrar a relação direta da massa e da velocidade com a quantidade de movimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho teve por objetivo desenvolver e implementar uma atividade sobre o conteúdo conceitual colisões. Para isso, partimos da temática colisões no trânsito identificando conceitos físicos presentes em colisões reais do cotidiano. Na elaboração, tendo como base a pluralidade metodológica, utilizamos diferentes recursos de ensino.

Com relação a implementação, foi observado um maior envolvimento e participação dos alunos nas aulas de Física, ficando claro que, quando eles manusearam e discutiram entre si nos pequenos grupos, houve uma maior satisfação, sem contar que foi possível perceber a questão da liderança de alguns alunos frente ao seu grupo, bem como o respeito e o comprometimento no desenrolar das atividades propostas. Entendemos que essas competências e habilidades desenvolvidas com a atividade realizada são fundamentais para a formação de um cidadão, frente a uma realidade digital, muitas vezes individualista.

A abordagem do tema acidentes de trânsito envolve uma quantidade considerável de conceitos físicos que, em nossa prática docente, não são abordados no cotidiano da sala de aula, especialmente no primeiro ano do ensino médio. Entendemos que o tema colisões de trânsito deveria constar no currículo escolar da escola básica, pois seria uma ótima oportunidade educacional para os jovens estudantes tomarem consciência das responsabilidades pessoais de cada cidadão.

Nossos resultados revelam que os alunos que participaram da atividade proposta apresentaram mais maturidade e criticidade com relação a temática discutida. Nesse sentido, podemos dizer que a atividade prática implementada apresenta um grande potencial pedagógico, visto que proporcionou aos alunos um ambiente de aprendizagem diferente do tradicional, favorecendo o desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais como evidenciados nos resultados.

REFERÊNCIAS

- BATISTA D. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; SANTOS, O. R. Atividade Experimental para o ensino de física: Efeito fotoelétrico. **Caderno de Física da UEFS**, 19 (01): 1403.1-15, 2021.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education**. An introduction to theory and methods, Boston: Allyn and Bacon, 1982.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. D.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. D. (1998). **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.
- DE SÁ, D. R. R.; MARTINS, M. R.; NEVES, M. C. D.; GARDELLI, D. (2021). Força e conservação do movimento: a dinâmica elementar de René Descartes. **Revista Valore**, 6, 438-448.
- ÉVORA, F. R. R. A Origem do Conceito do Impetus. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, Série 3, v. 5, n. 1-2, p. 281-305, 1995.
- ÉVORA, F. R. R. **A revolução copernicano-galileana**. Vol. I – Astronomia e cosmologia pré-galileana. 2ª ed. Campinas: UNICAMP, 1993.
- FONTES, A. S.; COSTA, E. F.; SILVA, D. F.; SANTOS, O. R. Contribuições para o ensino: Plataforma Moodle. **Revista Formação Docente**. v. 13, n. 2, p. 86-103, Jul./Dez.2021.

- FONTES, A. D. S.; BATISTA, M. C.; SCHWERZ, R. C.; NEVES, M. C. D. (2019). A utilização das tdc como ferramenta potencializadora no ensino de queda livre. **Ensino, Saúde e Ambiente**, 12(3).
- GOMES Filho L. C.; FONTES, A. S.; SANTOS O. R.; BATISTA M. C.; CONEGLIAN D. R. Uma proposta de sequência didática para forças dissipativas com o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação. **Caderno de física da UEFS**, v.18 (02): 2503.1-20, 2020.
- HATFIELD, G. (2017). René Descartes. **The Blackwell Guide to the Modern Philosophers**, 1–27. doi:10.1002/9781405164856.ch1
- LEITÃO, P. A.; BEZERRA, I. M. P.; SANTOS, E. F. S.; RIBEIRO, S. L., TAKASU, J. M.; CARLESSO, J. S.; ABREU, L. C. (2019). Mortalidade por acidentes de trânsito, antes e após redução da velocidade média de veículos automotores na cidade de São Paulo, Brasil, no período de 2010 a 2016. **Journal of Human Growth and Development**, 29(1), 83-92.
- MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Currículum**, La Laguna, 2012.
- MAZARO, S.B.; DARROZ, L.M. Atividades experimentais: um caminho para o ensino da termodinâmica no ensino médio. **Cadernos de Física**. UEFS, 15 (02): 2201.1-11, 2017.
- NEVES, M. C. D. **Memórias do invisível: uma reflexão sobre a história do ensino de Física e a ética da ciência**. Maringá: LCV/ Liv. Bom livro, 1999.
- NUSSENZVEIG, H. M. (2018). **Curso de Física Básica: Mecânica** (Vol. 1). Editora Blucher.
- PONCZEK, R.L. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: mv ou mv^2 ? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 3, 2000, p. 336-347.
- SANTOS, O. R.; FONTES, A. S.; SILVA, D. F.; BRAGA, W. S. Uso do OBS Studio como ferramenta para atividades assíncronas. **Brazilian Journal of Development**. v. 7, n. 7, p. 75120-75128, 2021.
- SANTOS, O. R., SCHEIFER, E. K., SILVA, D. F., BRAGA, W. S., FONTES, A. S. (2022). O estudo da natureza dual da luz no Ensino Médio. **Research, Society and Development**, 11(6), e56911629760-e56911629760.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.