




C A P Í T U L O 6

FÍSICA EXPERIMENTAL PARA O ENSINO MÉDIO: COMPARATIVO ENTRE AS ACELERAÇÕES LINEAR E CENTRÍPETA NA PRÁTICA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.106172512126>

Maicon Maciel Ferreira de Araújo

<http://lattes.cnpq.br/0500045213932187>

Paulo Chaves Rique e Silva

<http://lattes.cnpq.br/7719095133938221>

Fabício Moraes de Almeida

<http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>

RESUMO: A reforma do ensino médio, aprovada pelo Ministério da Educação em 2017 e implementada gradualmente a partir de 2022, ao aglutinar Física, Química e Biologia em uma única área, reduziu significativamente a carga horária dedicada à Física. Essa medida, embora visando uma maior integração dos conhecimentos, impacta diretamente a qualidade do ensino dessa disciplina. Diante disso, o presente artigo apresenta como medidas que visam minimizar o possível deficit no ensino de física. O presente trabalho apresenta duas práticas experimentais de baixo no ensino de física que abordem queda livre e movimento circular uniforme, duas manifestações diferentes de aceleração. A aceleração é apresentada inicialmente para um aluno de primeiro ano de ensino médio como uma taxa de variação da velocidade, esse conceito vai contrastar e causar espanto quanto esse estudante for estudar aceleração centrípeta. O capítulo do livro trabalho traz consigo os procedimentos de montagem de dois produtos educacionais que podem ser perfeitamente aplicados pelo professor de física em disciplinas do novo ensino médio, tais como trilhas de aprofundamento e eletivas, pois como são disciplinas com maior carga horária são ideais para o desenvolvimento de oficinas e projetos experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Aceleração. Queda livre. Movimento circular uniforme.

EXPERIMENTAL PHYSICS FOR HIGH SCHOOL: A COMPARISON BETWEEN LINEAR AND CENTRIPETAL ACCELERATIONS IN PRACTICE

ABSTRACT: The high school reform, approved by the Ministry of Education in 2017 and gradually implemented from 2022, by combining Physics, Chemistry and Biology into a single area, significantly reduced the workload dedicated to Physics. This measure, although aiming at greater integration of knowledge, directly impacts the quality of teaching this subject. In view of this, this article presents measures that aim to minimize the possible deficit in physics teaching. This work presents two experimental practices in physics teaching that address free fall and uniform circular motion, two different manifestations of acceleration. Acceleration is initially presented to a first-year high school student as a rate of change of velocity; this concept will contrast and cause astonishment when this student studies centripetal acceleration. This work presents the procedures for assembling two educational products that can be perfectly applied by the physics teacher in subjects of the new high school, such as in-depth and elective tracks, since as they are subjects with a greater workload, they are ideal for the development of workshops and experimental projects.

KEYWORDS: Acceleration, Free fall, Uniform circular motion.

INTRODUÇÃO

No presente trabalho encontra-se o produto educacional com a finalidade didática de ilustrar e evidenciar empiricamente aos olhos do educando o fenômeno relacionado com movimento circular e com os conceitos físicos envolvidos: velocidade linear, angular, aceleração tangencial e centrípeta. Diferentes de outras áreas da física mais abstratas, onde para falar da lei o professor deve recorrer por exemplo a modelos hipotéticos de partículas ou subpartículas diminutas e em altas velocidades fazendo os mais improváveis comportamentos cinemáticos. Falar de movimento circular é mais prático ao educador na medida em que é um fenômeno corriqueiro, visível e relacionado ao cotidiano do aluno.

Desta maneira o professor de física não falará de algo totalmente desconhecido de seu aluno, pois o seu aluno já trouxe de casa na medida em que foi agregando ao longo de sua existência uma bagagem cultural recheada de senso comum e sabedoria popular. Compete ao professor de física não apenas ensinar a calcular situações em que o movimento circular esteja presente, mas também esclarecer epistemologicamente a concepção cientificamente adequada

No presente trabalho encontra-se, também, o produto educacional com a finalidade didática de ilustrar e evidenciar empiricamente aos olhos do educando o fenômeno relacionado com a gravidade e com o seu efeito: a queda. Diferentes de

outras áreas da física mais abstratas, onde para falar da lei o professor deve recorrer por exemplo à modelos hipotéticos de partículas ou subpartículas diminutas e em altas velocidades fazendo os mais improváveis comportamentos cinemáticos. Falar da gravidade é mais confortável ao educador na medida em que é um fenômeno palpável, visível e totalmente relacionado ao cotidiano do aluno.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Historicamente falando, existiram inúmeras situações em que o movimento circular esteve envolvido. Desde a invenção da roda pelos Sumérios (REJOWSKI, 2002), até a percepção de que ela permitiria ao homem locomoção e transporte de objetos e de si próprio com mais agilidade.

O movimento circular foi também explorado ao longo da história na revolução industrial na mecanização de coisas com engrenagens. Com esse processo se conseguia transmitir movimento de um corpo para outro através do acoplamento (CAVALCANTE, 2011). Atualmente temos o movimento circular em nossos relógios analógicos, que correlacionam a temporalidade com a posição angular dos ponteiros ao longo de uma revolução.

Mesmo em nossos hábitos de culinária, estamos intuitivamente condicionados a realizar com o pulso um movimento circular ou semicircular com a colher para mexer e homogeneizar o alimento que estamos preparando. Com isso, notamos o quão frequente este assunto esteve e está presente em nossa sociedade, logo é uma temática totalmente presente nas vivências de nossos alunos.

Quando um estudo visa o aprendizado, mesmo de física, ou conhecimento e que resolva fazer conexões com diversos autores, tais como Piaget e Vygotsky ou mesmo Emilia Ferreiro adentrará uma abordagem que dentro da psicologia se define como construtivista, ou método construtivista de ensino- aprendizagem (LAKOMY, 2008).

Ao ensinar física devemos considerar que no processo de aprendizagem ajudamos os alunos na construção de modelos mentais. De acordo com Redish (1994) os alunos já trazem de casa modelos mentais sobre algumas temáticas que tratamos em física, todavia o interessante sobre modelos mentais segundo esse autor é que eles podem estar errados ou apenas incompletos. Logo o papel do professor de física é garantir que os alunos saiam com modelos mentais adequados.

No experimento relacionado com o movimento circular o aluno fará uso das habilidades aprendidas nos estágios operatórios concreto por ter que imaginar com determinado rigor lógico a situação vista e a operatório formal para pensa em como poderia modelar e quantificar o fenômeno visualizado.

A avaliação será realizada segundo a teoria de Piaget, pois considera-se que o aluno já passou por diversas fases do desenvolvimento cognitivo sugeridas pelo autor. Não basta apenas aplicar o estímulo e resposta, pois para “responder” o aluno já deve ter uma mente estruturada para responder. Por isso o Piaget trata da equibração cognitiva, onde o estímulo e a resposta não possuem uma seta única e sim um fluxo.

Segundo Gomes (2009), o professor influenciado pela concepção de conhecimento piagetiana investiga o que o aluno já sabe com a intenção de escolher a melhor prática pedagógica para a sua aprendizagem.

No experimento da gravidade com e sem a queda livre o aluno fará uso das habilidades aprendidas nos estágios operatórios concreto por ter que imaginar com determinado rigor lógico a situação vista e a operatório formal para pensa em como poderia modelar e quantificar o fenômeno visualizado.

No movimento circular, devemos ter em mente elementos da física, por se tratar de um movimento, ou seja, a modificação das coordenadas temporais de um corpo conforme a coordenada temporal varia, mas antes de tudo a atenção recai sobre elementos básicos da matemática, mais especificamente da geometria plana.

Inicialmente vamos imaginar um círculo, ou seja, um local onde todos os pontos estão equidistantes de um ponto O, chamamos de centro da circunferência de raio R. Quando um corpo descreve um movimento sobre o arco dessa circunferência ele também cria um ângulo de deslocamento e já temos demonstrado (HALLIDAY, 2009) que:

$$S = \theta * R \quad (01)$$

Sendo o ângulo válido em radianos, o arco deslocado será o produto desse ângulo pelo raio da circunferência.

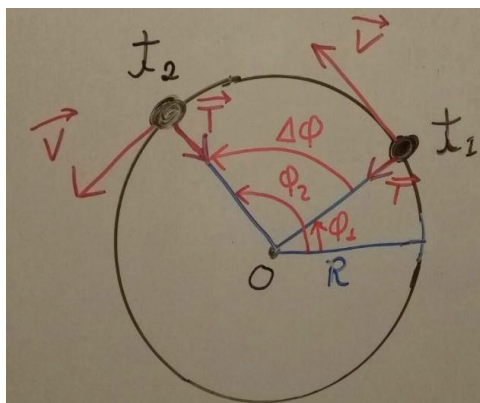


Figura 01: elementos de um movimento circular.

Fonte: autor (2025).

Da figura acima pegamos uma situação básica onde um corpo de dimensões desprezíveis (ponto material) tem o seu centro de massa descrevendo um movimento circular. Inicialmente ele parte no tempo t_1 de uma posição angular 1 e no tempo t_2 já estará a posição angular 2.

Disso podemos expressar a variação angular (em radianos):

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 \quad (02)$$

A partir dela quantificar a velocidade angular média:

$$\omega_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (03)$$

Estando a velocidade angular média expressa em radianos por segundo. Existe uma relação entre a velocidade linear média e a angular (HALLIDAY, 2009) que surge da derivada dos dois lados na equação 01:

$$v = \omega \cdot R \quad (04)$$

O período fica definido como sendo o tempo necessário para uma revolução (volta), sendo medido em segundos.

$$T = \frac{1}{f} \quad (05)$$

Da equação acima tiramos que o período é o inverso da frequência. A frequência por sua vez é expressa em hertz. E calcula-se com:

$$f = \frac{n}{\Delta t} \quad (06)$$

A velocidade angular média da equação 03 também pode ser expressa como:

$$\omega_m = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (07)$$

Assim como no movimento uniforme temos as equações horárias do espaço e velocidade, no movimento circular uniforme teremos:

$$\phi = \phi_0 + \omega t \quad (08)$$

Um corpo, ao realizar um movimento circular poderá ser considerado uniforme se o módulo da velocidade linear for constante ou uniformemente variado, se o

modulo da velocidade linear sofrer mudanças. Em ambos os casos a direção e o sentido dessa velocidade serão alterados pela aceleração centrípeta.

E consequentemente teremos uma força centrípeta a partir de:

$$\vec{F}_{cp} = m \cdot \vec{a}_{cp} \tag{10}$$

Até aqui definimos o ferramental físico necessário para a construção e cálculo do produto educacional na área de movimento circular.

METODOLOGIA

O delineamento metodológico adotado neste estudo se classifica, quanto aos seus objetivos, como Pesquisa Explicativa (GIL, 2002, p. 42), dado que sua preocupação central é identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, buscando, em essência, verificar a eficácia didática dos produtos educacionais propostos na construção de modelos mentais adequados nos alunos.

O primeiro produto educacional consiste no uso de materiais de baixo custo e visa evidenciar a ação do movimento circular, com os elementos relacionados, tais como velocidade linear, angular, aceleração centrípeta, conforme a situação idealizada para fins didáticos.

O projeto será apresentado para duas turmas de 1º ano do ensino médio, de uma escola pública. O critério é ter um grupo que servirá como controle e outro como experimental e é importante que seja em mais de uma escola para fins de comparação estatística e mesmo para ampliar a amostra tornando-a mais heterogênea e fornecendo deste modo maior confiabilidade nos resultados obtidos.

ITEM	Quantidade
Carro de controle remoto	01
Base de cartolina	01
Barbante	01
Dinamômetro	01
Cronômetro	01
Fita adesiva	01
Pilhas	02
Pincel atômico	01
Suporte central	01
Balança digital	01
Tesoura	01

Quadro 01: materiais necessários para o primeiro experimento.

Fonte: autores, (2025).

Enquanto o quadro 01 nos mostra os materiais necessários para o primeiro experimento, temos em seguida uma sequência de procedimentos de montagem experimental no quadro 02 a seguir.

Realizadas todas as etapas de montagem descritas no quadro 02, deve-se ter o experimento semelhante a figura 02 a seguir.

1	Prender a base de cartolina no chão com a fita adesiva
2	Fixar o suporte central
3	Prender o pincel atômico (com a ponta para baixo) destampado ao lado do carro com a fita adesiva
4	Medir a massa do conjunto carro e pincel acoplados
5	Amarrar com o barbante uma ponta do dinamômetro e a outra ponta ficar no carro
6	Ligar o carro
7	Ligar o controle remoto
8	Acionar o controle remoto

Quadro 2 - Procedimentos durante a montagem.

Fonte: autores, (2025).

Este produto educacional voltado para o ensino de física é cabível para diferentes faixas etárias (14-18), porém mais aconselhável para alunos cursando o primeiro ano do ensino médio regular. Uma vez que nessa etapa estudantil eles estarão vendo situações envolvendo força e velocidade, ou seja, mecânica newtoniana de modo geral, assim um experimento de baixo custo que explicita e melhore o entendimento do movimento circular é essencial para enriquecer esse aprendizado.



Figura 02: carro realizando um movimento circular.

Fonte: autores, (2025).

Em sequência, após a montagem do experimento, vem acompanhado dos seus procedimentos de aplicação junto aos estudantes. Essa etapa é tão importante para o aprendizado quanto a montagem, pois nela o professor de física vai direcionar seus estudantes para determinadas perguntas. Dando em sua aula o maior ou menor grau de investigação científica.

1	Acionar ao máximo o controle e observar a trajetória, descreva a trajetória.
2	Conta quanto tempo o carro leva para dar 5 voltas e daí calcular o período e a frequência.
3	Aumentar o comprimento do barbante e calcular o período e frequência
4	Diminuir o comprimento do barbante e calcular período e frequência
5	Observar o valor no dinamômetro e a partir daí calcular a velocidade linear
6	Cortar o barbante em movimento e descrever a trajetória

Tabela 3 - Procedimentos durante a aula experimental.

Fonte: autores, (2025).

No final desses procedimentos deve-se entender e relacionar os conceitos de período, frequência e velocidade. Ou seja, a partir da interação, o estudante ao montar e manipular o experimento já deve ser apto de dizer se a aceleração e a força centrípeta são capazes de modificar algumas características da velocidade.

O segundo produto educacional consiste no uso de materiais de baixo custo e visa evidenciar a ação da gravidade em gotículas suspensas recém-saídas de um recipiente com uma determinada energia potencial gravitacional. Veremos o comportamento dessas gotículas conforme a situação idealizada para fins didáticos.

ITEM	Quantidade
Arame	20 cm
Base de cartolina	02
Corda	01 m
Garrafa Pet com um furo (com raio suficiente apenas para gotejar no fundo(2L)	01
Líquido(água)	02 L
Roldana	01(raio 5 cm)
Suporte de madeira: compensado de 1m de altura com 25 cm na horizontal)	01

Quadro 4 - materiais necessários para o segundo experimento.

Fonte: autores, (2025).

Com a obtenção de todos os materiais mencionados na tabela 04, o estudante pode montar este segundo experimento nas formas indicadas na figura 03 A) e B) que segue a seguir.

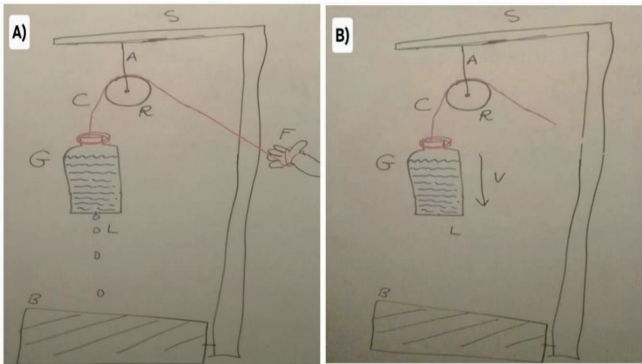


Figura 03: A) garrafa em repouso. B) garrafa em queda livre.

Fonte: autores, (2025).

A aprendizagem dos conceitos físicos ao qual o experimento se propõe vai além da montagem. Para atingir com essa montagem a prática observacional empírica, bem como sua investigação científica, devemos seguir gradualmente os passos citados na tabela 05.

Uma vez que nessa etapa estudantil eles estarão vendo situações envolvendo força, quedas, lançamentos, ou seja, mecânica newtoniana de modo geral, assim um experimento de baixo custo que explicita e melhore o entendimento da gravidade é essencial para enriquecer esse aprendizado.

1	Posicionar a garrafa numa altura de 90 cm e amarrar no suporte ou segurar estaticamente.
2	Observar os gotas e a base cartolina.
3	Desamarrar o fio do suporte e segurando o fio descer(40 cm) a garrafa lentamente.
4	Observar os gotas e a base cartolina.
5	Segurando o fio subir(40 cm) a garrafa lentamente.
6	Observar os gotas e a base cartolina.
7	Trocar a cartolina da base.
8	Soltar o fio e deixar a garrafa em queda livre.
9	Observar se no momento da queda alguma gota chegou na cartolina.

10	Fazer as anotações das observações e explicar o fenômeno.
----	-----------------------------------------------------------

Tabela 5 - Procedimentos durante a aula experimental.

Fonte: autores, (2025).

No final desses procedimentos deve-se entender e relacionar os conceitos de estática, inércia, forças de tração e força peso. Ou seja, a partir da interação, o estudante ao montar e manipular o experimento já deve ser apto de dizer se a gota d'água cai com aceleração diferente da própria garrafa da qual ela se desprende, estando ambas em queda livre.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela natureza lúdica do experimento ele pode até ser exposto para alunos com menos amadurecimento cognitivo, embora mais no sentido de intrigá-los e despertar neles uma sensação de curiosidade.

Na realização dos experimentos sobre o movimento circular, os alunos mediram períodos e calcularam frequências, utilizando as relações $T=1/f$ e $\omega=2\pi/T$. Para dar fundamentação a estes cálculos, foram retomadas conceituações geométricas sobre a circunferência, concebida como o conjunto de todos os pontos de um plano com a mesma distância fixa R (raio) de um ponto fixo O , tal concepção permitiu que eles ligassem ao comprimento da circunferência ($C=2\pi R$) o espaço percorrido numa volta completa, facilitando fazer o cálculo da velocidade linear a partir da leitura do dinamômetro e da relação $F_{cp}=m(v^2/R)$. Embora simples, estes cálculos passaram a servir de intermediário entre a observação empírica e a modelagem física, demonstrando aos alunos a ideia de que a matemática traduz uma linguagem própria para descrever e prever comportamentos da natureza.

Inicialmente, respeitando o método científico, serão separados dois grupos com o mesmo número de alunos, de mesma faixa etária e série escolar. No primeiro grupo não faremos a intervenção com o projeto e a este chamaremos de grupo de controle, no segundo grupo serão submetidos a participação no experimento, o segundo grupo será intitulado grupo experimental. Após a aplicação do produto educacional, faremos um debate entre os dois grupos para avaliação diagnóstica.

Essa avaliação diagnóstica terá caráter qualitativo, uma vez que na observação entre os grupos notaremos as nuances dos modelos mentais recém-modificados de um grupo com o modelo mental do outro grupo. As respostas dadas pelos alunos dos grupos de controle e experimental serão comparadas de modo a descobrir a eficácia didática do produto.

Os escopos do projeto foi desenvolver experimentos de baixo custo e aplicados em sala de aula para compreensão e fixação dos conceitos relacionados ao movimento circular e as temáticas concatenadas a isso.

A estratégia de ensino para a criação de novos modelos mentais foi facilitar a aprendizagem através da interação dos alunos durante a aula experimental na deliberação dos conceitos associados facilitando a concepção de movimento circular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de atividades que articularam observação, medição e cálculo se revelou bem-sucedida não só para ilustrar fenômenos, mas para organizar o raciocínio físico-matemático dos alunos. A matematização dos experimentos possibilitou que os educandos transcendessem a mera descrição qualitativa. Nesse sentido a física não passa a ser entendida apenas como um conjunto de fórmulas abstratas, mas a ser percebida como uma construção lógica e reforçando a importância da modelagem matemática na formação dos modelos mentais do campo científico.

O presente trabalho propôs a implementação de práticas experimentais de baixo custo, visando mitigar o possível deficit no ensino de física causado pela redução da carga horária decorrente da reforma do ensino médio de 2017. Ao abordar temas como queda livre e movimento circular uniforme, o artigo ofereceu procedimentos de montagem de dois produtos educacionais perfeitamente aplicáveis pelo professor. Estas práticas se encaixam idealmente em disciplinas do novo ensino médio, como trilhas de aprofundamento e eletivas, que, por terem maior carga horária, são adequadas para o desenvolvimento de oficinas e projetos experimentais.

Portanto, a estratégia didática adotada enfatiza a importância de auxiliar os alunos na construção de modelos mentais adequados, reconhecendo que eles frequentemente trazem concepções incompletas ou incorretas sobre os temas de física. A facilitação da aprendizagem ocorreu através da interação dos estudantes durante a aula experimental, promovendo a deliberação dos conceitos associados ao movimento circular, utilizando uma abordagem que, na psicologia, se define como construtivista.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, Z. Vieira, A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia, VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2011.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L.C. Uma revisão sobre aspectos fundamentais da teoria de Piaget: possíveis implicações para o ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 2, 2301 (2009).

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física. Vol. 1. 9 ed. Editora LTC, 2009.

LAKOMY, Ana Maria, Teorias Cognitivas da Aprendizagem- 2ª edição.rev.- Curitiba: Ibpx, 2008.

REDISH, Edward F. The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics, American Journal of Physics, 62(6), 796-803 (1994);

REJOWSKI, Mirian (Org.). Turismo no Percurso do Tempo. 2. ed. São Paulo: Aleph, 2002

GOMES, L.C. Uma revisão sobre aspectos fundamentais da teoria de Piaget: possíveis implicações para o ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 2, 2301 (2009).

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física. Vol. 2. 8 ed. Editora LTC, 2009.

MAXIMO, A.; ALVARENGA, B., Física: volume único. Scipione.