

## Experimentos científicos como ferramentas de aprendizagem para o ensino de física

### RESUMO

**Kaua Estevam Cardoso de Freitas**

[kaescarf@gmail.com](mailto:kaescarf@gmail.com)

[orcid.org/0000-0001-5581-1431](https://orcid.org/0000-0001-5581-1431)

Instituto Federal de São Paulo,  
campus Caraguatatuba, Brasil.

**Ricardo Roberto Plaza Teixeira**

[rteixeira@ifsp.edu.br](mailto:rteixeira@ifsp.edu.br)

[orcid.org/0000-0001-7124-1774](https://orcid.org/0000-0001-7124-1774)

Instituto Federal de São Paulo,  
campus Caraguatatuba, Brasil.

Este trabalho tem como objetivo investigar a inserção de experimentos como ferramentas auxiliares para o processo de aprendizagem do ensino de Física. As etapas de pesquisa observaram a seguinte ordem: uma revisão bibliográfica para a fundamentação teórica do trabalho didático com experimentos no ensino de física, o desenvolvimento de experimentos de baixo custo com potencial de serem inseridos em aulas de física, a aplicação dos experimentos desenvolvidos em sala de aula, a sistematização dos dados obtidos, a interpretação dos resultados e as conclusões que foram possíveis tirar a respeito. O ponto de partida desta investigação foram ações de divulgação científica realizadas para alunos de escolas públicas do litoral norte paulista. Foram elaboradas, implementadas e analisadas oficinas didáticas permeadas pelo uso de atividades experimentais envolvendo conteúdos de física para alunos do ensino médio e superior. As atividades realizadas foram examinadas do ponto de vista do processo de aprendizagem que promoveram, a partir de registros elaborados pelos presentes. Os resultados apontam para a importância da realização de atividades experimentais no ensino de física, mesmo quando estruturadas a partir do uso de materiais considerados de fácil acesso.

**PALAVRAS-CHAVE:** experiências de física com materiais de baixo custo; ensino de física; aparatos experimentais; fenômenos físicos; história da ciência e da tecnologia.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho visa investigar as formas como a inserção de experimentos, inclusive com o uso de materiais de baixo custo, pode auxiliar e colaborar para o processo de aprendizagem do ensino de Física.

Após a introdução, com uma sucinta descrição das seções que constituem este artigo, é apresentada a fundamentação teórica que norteou a investigação realizada, sobretudo no que se relaciona às possibilidades de atividades experimentais em aulas de Física de modo a colaborar com a aprendizagem dos conceitos científicos trabalhados. A seguir, são descritas e discutidas as atividades realizadas no âmbito desta pesquisa, em específico as oficinas para estudantes universitários de um curso de Licenciatura em Matemática e para alunos do ensino médio. Ao término são feitas as considerações finais com reflexões sobre o trabalho de investigação realizado.

A Física é uma ciência que ao longo da história tem sistematicamente apresentado um grande potencial de ser usada em aplicações tecnológicas, de modo que os seus conceitos e leis possam ser utilizados para produzir inovações e criar produtos que atendam, da melhor forma possível, às necessidades humanas. O estudo dos princípios da Física permite compreender os fenômenos existentes no cotidiano dos cidadãos; de maneira complementar, entender, por meio da Física, a realidade do mundo em que se vive, pode colaborar decisivamente para a construção de uma compreensão mais profunda da complexidade envolvida na evolução tecnológica.

Objetos comuns presentes no nosso dia a dia que são usados nos experimentos analisados neste artigo – tais como canudos de plástico, colchetes metálicos, copos de plástico, bexigas, formas de alumínio e placas de PVC – são, de diferentes modos, frutos do desenvolvimento tecnológico da humanidade. Deste modo, utilizá-los em experimentos que auxiliem na compreensão da Física envolvida, por meio da aplicação de seus conceitos em situações reais, permite entender, sob diferentes perspectivas, diversas tecnologias desenvolvidas pelo ser humano. O trabalho didático no ensino de Física com materiais de fácil acesso ou de baixo custo é justificado, deste modo, pelo seu potencial em colaborar para uma aprendizagem mais efetiva, mais palpável e mais contextualizada. Por conseguinte, a reflexão sobre o funcionamento de uma lâmpada fluorescente e sobre como é possível acendê-la (algo que ocorre em um dos experimentos analisados neste trabalho acadêmico) é um exemplo de aplicação da Física na Tecnologia. Assim como ocorre neste caso, há diversas outras aplicações da Física usadas no nosso cotidiano, cujo entendimento, pode ajudar a alavancar a aprendizagem desta ciência.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A preocupação com a qualidade no Ensino de Física nas escolas se intensificou durante o transcorrer do século XX, sobretudo com os avanços verificados em várias áreas da Física. Com o início do movimento chamado Escola Nova, na primeira metade do século XX, intensificaram-se as críticas às metodologias utilizadas no ensino tradicional, que reforçavam a passividade do aluno durante o processo de aprendizagem, pois ele estaria sujeito apenas a assimilar conteúdos e memorizar definições, fórmulas e operações. Nesta mesma

época, o filósofo e educador estadunidense John Dewey alertava para a importância das relações estabelecidas entre as disciplinas escolares e as experiências vividas concretamente pelos alunos para o sucesso da aprendizagem (SANTOS, 2011). Basicamente, no ensino tradicional, o aluno obedeceria ao “*magister dixit*”, expressão em latim que significa, “o mestre disse”, termo popularizado pelos comentadores de Aristóteles e associado à concepção de que o professor detém a autoridade sobre o saber e o aluno deve simplesmente acatar as ideias ensinadas sem senso crítico e sem a liberdade para fazer questionamentos a respeito da veracidade delas (GASPAR, 2014).

A ciência de forma geral — e a Física em particular — é um modo de olhar para o mundo e uma forma de interrogar acerca da natureza das coisas, por meio da experimentação ou pela leitura acerca de experiências realizadas (MANDELL, 1959): a experimentação é parte é parte inerente de qualquer processo de produção de conhecimento nas Ciências Naturais (WESENDONK; TERRAZZAN, 2020). Após a 2ª Guerra Mundial e com os desdobramentos da corrida nuclear e espacial entre Estados Unidos da América (EUA) e União Soviética, a preocupação com a qualidade do ensino de física no mundo todo se intensificou, pois passou a estar relacionada a questões de segurança nacional. Muitos programas foram elaborados para tentar viabilizar soluções adequadas para uma melhoria dos níveis da educação científica em diversos países. Por exemplo, o “*Physical Science Study Committe*” (PSSC), que contou com a participação de físicos norte-americanos ilustres, que desenvolveram propostas com o objetivo de reformular o ensino de Física nos EUA. Mesmo com seu curto tempo de vida, o PSSC contribuiu intensamente para a educação científica, sendo considerado um dos principais fatores da renovação nas metodologias de ensino de física a partir da década de 1960. Ele desencadeou o surgimento de outros projetos semelhantes, como é o caso do “*Harvard Project Physics*”, também criado nos EUA e do “*The Nuffield Physics Project*”, sediado na Inglaterra (NARDI, 2005; MOREIRA, 2000). No Brasil, surgiu neste mesmo contexto, o “Projeto de Ensino de Física” (PEF), desenvolvido no âmbito do Instituto de Física da USP, em conjunto com a “Fundação Nacional de Material Escolar” e o “Programa de Expansão e Melhoria do Ensino” (GARCIA; GARCIA; HIGA, 2007), projetos estes que discutiam também, no seu bojo, com destaque, a questão da experimentação na ciência.

Mas as formas como os conhecimentos são abordados nas aulas de Física em uma parcela considerável de escolas de ensino médio brasileiras, muitas vezes apenas com o uso do quadro negro, não se ajustam ao caráter experimental intrínseco da Física. A metodologia tradicional de ensino de física baseada geralmente apenas na memorização de conceitos e de técnicas de resolução de problemas algébricos, torna-se sem sentido para muitos alunos, pois não se preocupa com a “leitura de mundo” relacionada às experiências de vida destes estudantes. O que ocorre em uma parcela considerável de aulas de Física é uma ênfase exacerbada no uso de fórmulas, com pouca reflexão sobre os motivos pelos quais elas são usadas e sobre os conceitos científicos associados: os professores que realizam atividades experimentais com seus estudantes em aulas de Física são ainda uma minoria (SANTOS; PIASSI; FERREIRA, 2004).

É difícil encontrar um professor ou pesquisador da área de física que discorde da importância da realização de atividades experimentais e práticas no ensino, porém, a realização de experiências científicas em aulas regulares costuma ser ainda muito esporádica, assistemática e sem metodologia definida

(GASPAR, 2014). As principais causas alegadas para a não realização de práticas experimentais no ensino médio são: falta de material, falta de interesse do aluno pelo estudo, ausência de laboratórios de Ciências (ARAÚJO *et al.*, 2019), ausência de tempo para preparo de equipamentos (DIAS *et al.*, 2020), número insuficiente de aulas na carga horária, profissionais mal remunerados e falta de conhecimentos por parte dos professores para a realização dos procedimentos e dos métodos adequados para as aulas experimentais (BARBOSA *et al.*, 2020). Portanto, é importante que os cursos de formação de professores de Física na sua estrutura curricular, confirmem a ênfase necessária para a importância da existência de disciplinas que estimulem o trabalho experimental em laboratórios destinados à realização de atividades práticas de ensino de física. Um problema adicional existente no Brasil é que muitos dos professores que lecionam a disciplina de Física nas escolas públicas são graduados em Matemática, com pouca formação em Física Experimental, o que acaba levando a uma abordagem excessivamente algébrica em suas aulas.

Uma possibilidade para a superação dos problemas descritos anteriormente é a estruturação de experimentos conforme as necessidades e conhecimento dos alunos, bem como, de acordo com os equipamentos que se encontram disponíveis em cada instituição de ensino (SUTTON, 1938; NEVES; FORATO; VIEIRA, 2019). Há muitas evidências, na literatura acadêmica, de que as atividades experimentais são fundamentais no ensino de disciplinas científicas (GALIAZZI, 2001).

Atividades experimentais colaboram decisivamente para o ensino de Física, pois aproximam a aula de uma atividade de investigação científica, proporcionando uma maior participação do aluno em sala de aula, possibilitando a criação de conflitos cognitivos, permitindo uma melhor percepção das concepções espontâneas e valorizando a interação do aluno com o objeto de estudo e a aprendizagem de atitudes (AZEVEDO, 2004).

A realização de atividades experimentais no ensino de física, em articulação com o uso de tópicos de história da ciência relacionados a cada experimento em particular, pode contribuir significativamente para um processo educacional que seja ativo e que faça sentido para a vida dos aprendizes (ZANETIC, 2005). Nesta abordagem é importante pensar o educador não com o papel de transmitir conhecimentos, mas sim de ser um agente mediador entre o educando e a realidade (FREIRE, 1987), que mediatiza as consciências em torno das questões postas pela realidade material.

É possível compreender conceitos profundos de física experimentalmente por meio da utilização de materiais de fácil acesso e de baixo custo (PEREIRA *et al.*, 2019), que possibilitam a construção dos aparatos experimentais propostos, nas escolas ou nas próprias residências de cada aluno, o que por consequência enriquece a aprendizagem dos estudantes, dado que eles terão a possibilidade de participar de maneira ativa de todo o processo (ASSIS, 2010).

O Ensino de Física com uma abordagem mais experimental e por meio do uso ferramentas tecnológicas pode também ser visto como um fator positivo, pois a tecnologia pelo fascínio que produz é uma ferramenta bastante útil para despertar a curiosidade de diversas pessoas. É importante pensar no desenvolvimento mental de um aluno em analogia com uma edificação. Quando as novas ideias são construídas sobre alicerces sólidos, o conhecimento

produzido torna-se robusto e consistente permitindo uma melhor compreensão do mundo: a experimentação, quando realizada de modo planejado, é capaz de produzir bons resultados no ensino de física. Dentre algumas das possíveis fontes de ideias para trabalhar a experimentação no ensino de física estão o livro “Física mais que divertida” de E. C. Valadares (2012), os vídeos sobre experimentos científicos desenvolvidos por Iberê Thenório em seu canal do YouTube “Manual do Mundo”<sup>1</sup> que conta com muitas sugestões de atividades experimentais para serem usadas em sala de aula (THENÓRIO; MATEUS, 2014) e a dissertação de mestrado “Proposta de laboratório para a escola brasileira” de Norberto Cardoso Ferreira (1978), que refletem sobre diferentes concepções de aprendizagem com base no uso de atividades experimentais (PEREIRA *et al.*, 2019): para ilustrar aspectos teóricos, como estratégia de descoberta individual, como forma de introduzir os métodos da ciência, etc.

A UNESP mantém um banco extenso com propostas didáticas bem estruturadas de experimentos científicos na internet (“Experimentos de Física para o Ensino Médio e Fundamental com materiais do dia-a-dia”) que pode ser encontrado facilmente no site da própria instituição<sup>2</sup>. Da mesma forma, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física<sup>3</sup> (GREF), desde 1984 produz excelentes materiais e textos didáticos que são muito úteis para professores que desejam implementar atividades práticas de Física em sala de aula, vinculadas às experiências cotidianas dos alunos. Por sua vez, a Experimentoteca do CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural) desenvolvido no campus de São Carlos da USP pela equipe do professor Dietrich Schiel, nos anos 1980, tornou os experimentos científicos mais acessíveis para as escolas da sua região (MORI; CURVELO, 2014).

De maneira complementar, as ferramentas digitais disponíveis e a democratização do acesso à internet permitem que simulações de uma situação prática ou de certas experiências científicas possam ser utilizadas pelo aluno fora do ambiente escolar de modo que ele seja incentivado a adotar uma postura investigativa a respeito do seu próprio conhecimento, retirando-o, portanto, de uma postura passiva (SOUSA; MOITA; CARVALHO, 2011). Talvez o projeto mais conhecido com este viés seja o “PhET Simulações Interativas”, desenvolvido no âmbito da Universidade do Colorado, nos EUA, e com inúmeras simulações de experimentos físicos que estão disponíveis gratuitamente (traduzidas para o português) na internet para serem usadas em aula<sup>4</sup>.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa investigou algumas possibilidades de uso de experimentos científicos no ensino de física, os obstáculos que há para que práticas de experimentação sejam implementadas, as justificativas para a sua realização e algumas possíveis formas para superar as dificuldades existentes. Os resultados da utilização de estratégias de experimentação em aulas de física foram avaliados levando em consideração o grau de abstração dos conceitos físicos abordados e procuraram sondar as melhores maneiras de inserir atividades de experimentação para auxiliar no processo de aprendizagem de conteúdos físicos. As ações educacionais que foram planejadas e realizadas envolveram o uso de experimentos de física de fácil acesso e de brinquedos (artefatos) científicos que foram escolhidos tendo em vista a facilidade ao seu acesso e as possibilidades

educacionais no que diz respeito à aprendizagem de diferentes conceitos e leis da física.

No início desta pesquisa foi feita uma revisão da literatura acadêmica sobre como o uso de experimentos no ensino de Física pode colaborar para uma efetiva aprendizagem dos conceitos e princípios científicos envolvidos. Isto teve também o intuito de compreender a forma como as aulas de física acontecem hoje na maioria das escolas do Brasil. Para a investigação das possibilidades de uso de experimentos de baixo custo no processo de aprendizagem de conceitos de física, foram implementadas ações em dois formatos:

- Atividades de divulgação científica mediadas por experimentos de demonstração: esta estratégia possibilita apresentar fenômenos e conceitos de Física, cuja explicação se fundamenta na utilização de modelos físicos, priorizando uma abordagem qualitativa (GASPAR; MONTEIRO, 2005). Ela pode ser utilizada quando não existe à disposição do professor material em número suficiente ou quando há pouco tempo para trabalhar o conteúdo. Neste caso é proposto um problema aos alunos que deve ser analisado após a demonstração do experimento em questão pelo professor para toda a classe: os estudantes devem se debruçar sobre as observações dos fenômenos apresentados com o intuito de encontrar uma solução para o problema proposto.

- Oficinas didáticas com caráter de laboratório investigativo: a partir de um processo de problematização sobre uma dada questão, esta estratégia incentiva os estudantes a criarem hipóteses explicativas, a debaterem sobre as questões envolvidas, a manusearem os experimentos, a observarem os fenômenos físicos abordados, a coletarem dados, interpretarem as informações obtidas e a discutir sobre as suas conclusões (SASSERON; MACHADO, 2017).

Tendo em vista os objetivos traçados para essa pesquisa, foram estruturadas inicialmente apresentações de divulgação científica com demonstrações experimentais sobre temas relacionados à física e voltadas para alunos da educação básica. Estas atividades com duração média de cerca de 30 minutos foram realizadas de forma a trabalhar com conhecimentos científicos por meio de demonstrações experimentais de física. Elas aconteceram no segundo semestre de 2018, junto a estudantes de duas escolas públicas do litoral norte paulista no dia 27 de setembro de 2018 para 54 estudantes de ensino fundamental com faixa etária entre 11 a 13 anos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Maria Aparecida de Carvalho e no dia 23 de outubro de 2018 para 33 estudantes de ensino médio com faixa etária entre 16 a 19 anos da Escola Estadual Avelino Ferreira; ambas as escolas estão localizadas no município de Caraguatatuba-SP.

Essas ações que aconteceram no início desta pesquisa permitiram conhecer melhor o público estudantil da região, de modo a obter um perfil dos alunos no que diz respeito a diversos temas, como por exemplo, sobre: quantas horas eles dedicam aos estudos por dia; quais as ferramentas mais utilizadas em sua aprendizagem (livros, apostilas, computador, celular, etc.); quais os locais que usam para estudar (escola, biblioteca, *lan house*, a própria casa, etc.); quais os canais do *YouTube* que eles mais assistem; se existe a utilização de experimentos nas aulas em que eles participam.

## ATIVIDADES REALIZADAS

A partir da experiência prévia com atividades de divulgação científica envolvendo demonstrações experimentais, foram planejadas e realizadas duas oficinas didáticas com experimentos de física para dois públicos distintos: para estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual localizada no município de Caraguatatuba (SP) e para discentes de uma turma da licenciatura de matemática do campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP).

Durante estas oficinas os estudantes participantes elaboraram textos com registros sobre a execução dos experimentos, as características dos fenômenos observados e as possíveis explicações científicas para estes fenômenos. Para a interpretação dos registros foram também considerados os diálogos estabelecidos, durante as atividades, tanto entre os estudantes, quanto do professor com eles. Os registros foram então classificados de modo a respeitar regras de objetividade (codificadores distintos têm como objetivo chegar em resultados iguais), pertinência (adaptados ao conteúdo), exclusividade (um certo elemento do conteúdo não pode ser classificado em duas categorias diferentes aleatoriamente), exaustividade (de modo a esgotar a totalidade do texto) e homogeneidade (devem existir critérios precisos) visando à criação de categorias adequadas no âmbito desta pesquisa (BARDIN, 1977).

Para implementar as oficinas de modo estruturado, foi elaborado um roteiro didático contemplando diversos conceitos de eletrostática (ALVARENGA, 2000), tais como o processo de eletrização (quando um corpo perde ou recebe elétrons, apresentando-se então positivamente ou negativamente eletrizado), a equação da Lei de Coulomb (força de interação entre duas cargas, proporcional ao produto destas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas) e aos conceitos de condutores e isolantes (classificados de acordo com a facilidade ou resistência que as cargas elétricas encontram para se movimentar nos respectivos materiais).

Este roteiro didático serviu como guia nas oficinas que foram implementadas e que tiveram o intuito de que os participantes fossem agentes ativos do processo de aprendizagem. Em ambas as oficinas, os estudantes foram orientados a registrar, por escrito, a compreensão que tinham a respeito das observações fenomenológicas que fizeram durante os experimentos. Estes registros serviram como dados para tentar compreender o processo de aprendizagem destes estudantes. A análise realizada teve um caráter diagnóstico, pautado no processo dialógico que existiu entre o professor/mediador da aprendizagem e os estudantes, para identificar os diferentes estágios de aprendizagem em que os alunos se encontravam em relação a um nível considerado aceitável (LUCKESI, 1999).

## OFICINA PARA ALUNOS DA LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Na manhã do dia 29 de março de 2019, sexta-feira, entre 11h e 12h15, foi aplicada uma oficina para os estudantes da disciplina “Interface da Matemática com a Física 3” do 7º semestre da Licenciatura em Matemática do IFSP-Caraguatatuba, disciplina esta que tem como tema central o estudo do eletromagnetismo. Esta oficina teve como intuito discutir fenômenos

relacionados à área da eletrostática, utilizando-se de experimentos de baixo custo, vídeos com situações cotidianas sobre eletrostática e estratégias de contextualização possibilitada pela história da ciência. Basicamente foram realizados quatro tipos de experiências: experimentos com o versório de Gilbert feito com um colchete metálico; experimentos com o versório de Gilbert feito com um canudo plástico; experimentos com bexigas de ar; experimentos usando uma placa de PVC.

Esta atividade foi aplicada em uma das salas de aula da instituição, tendo sido utilizados uma lousa, computador, *datashow* e materiais de baixo custo (água, agulha, bexiga, canudos plásticos, colchetes, copos descartáveis, detergente, fita isolante, forma de alumínio, garrafas plásticas, imãs, lâmpadas fluorescentes, latinhas de refrigerante, massinha de modelar, papel, palitos de dente, placa PVC e tecido). Participaram desta oficina 13 estudantes, sendo que aproximadamente 62% eram homens e 38% eram mulheres. Os participantes demonstraram interesse nos experimentos e um espírito proativo. A surpresa dos alunos diante das observações dos fenômenos relacionados aos experimentos gerou em diversos momentos uma euforia que acabou até dificultando o andamento da oficina na forma como ela foi previamente planejada, sobretudo nos momentos em que era necessário mudar para um novo assunto, o que evidenciou uma surpreendente característica de descoberta à atividade realizada.

Previamente foram exibidos dois vídeos curtos: “A magia da eletricidade estática”<sup>5</sup>, com 3 minutos e 23 segundos de duração, e “Choque no escorregador part.2”<sup>6</sup>, com 15 segundos de duração. Eles foram usados como elementos “propulsores” para um debate a respeito do que os estudantes participantes da oficina conheciam previamente sobre eletrostática. Alguns estudantes mencionaram situações parecidas com as que foram exibidas no vídeo, sobretudo relacionadas com as antigas televisões de tubo e com experimentos que presenciaram em feiras de ciência, como por exemplo, aqueles envolvendo o Gerador de Van der Graaff.

Um dado relevante é que alguns estudantes, nos registros feitos, apontaram a eletrostática como responsável por promover a atração entre os corpos; no entanto, nenhum dos alunos pesquisados relacionou a eletrostática com a repulsão entre corpos, mesmo que nos vídeos exibidos existissem exemplos claros de repulsão, tal como no caso dos fios de cabelo (de uma criança) que ficavam arrepiados e espalhados devido à interação de repulsão entre corpos (fios) com cargas de mesmo sinal. Portanto os alunos não perceberam este fenômeno do “arrepio dos fios de cabelo” como a manifestação de uma força de repulsão entre estes fios de cabelo.

Em um momento posterior, os alunos construíram com uso de materiais de baixo custo (um copo de plástico, um palito de dente e um colchete de ferro), réplicas do chamado versório de Gilbert (1544-1603), como proposto por André Assis (2010). O versório é um instrumento que foi primeiro elaborado pelo cientista William Gilbert e que pode girar em torno de um eixo (OLIVEIRA; PEREIRA, 2018), com o potencial de mensurar um pouco da fenomenologia da eletrostática. Ele consiste de duas partes: uma estrutura vertical (um palito de dente, por exemplo), que age como um suporte fixo em relação à Terra, e uma estrutura aproximadamente horizontal (um colchete metálico, por exemplo, funcionando de modo similar que a “agulha” de uma bússola) capaz de girar livremente e detectar forças elétricas produzidos por objetos carregados (**Figura**

1). Ele é similar a uma bússola magnética em sua construção, exceto pelo fato de que a parte horizontal não é magnetizada como ocorre com a bússola. A habilidade da parte horizontal poder girar livremente implica que este instrumento é sensível a torques externos pequenos, podendo, portanto, ser usado para detectar estes torques da mesma forma como a bússola detecta o torque magnético produzido pela Terra.

Figura 1: Versório construído com colchete metálico, palito de dente e copo de plástico



Fonte: Elaborada pelos autores.

Estes aparatos experimentais foram utilizados para que os alunos explorassem quais os fenômenos que ocorrem quando um corpo eletrizado (canudo de plástico atritado) se aproxima de um corpo neutro (colchete de ferro). Os alunos também testaram a interação entre o canudo plástico e pequenos pedaços de papéis, bem como repetiram estas análises com um ímã, aproximando-o do colchete horizontal (ferromagnético) do versório e dos pequenos pedaços de papéis. Estes testes tinham como intuito permitir que os alunos constatassem experimentalmente a diferença entre a interação eletrostática e a interação magnética. A maioria dos alunos (77%) pesquisados, conseguiu demonstrar uma compreensão acerca da diferença entre os dois tipos de interações. O obstáculo epistemológico novamente indicado pelos textos dos alunos nesta etapa foi quanto à repulsão eletrostática. Em um dos textos escritos foi mencionado que: *“A diferença é que a força magnética tanto atrai quanto repele já a eletrostática só atrai. Podemos perceber que a eletrostática consegue atrair tudo mesmo não sendo magnético, já o ímã só atrai metais magnéticos”*. Isto indica que a concepção espontânea de que a interação eletrostática só ocorre associada à atração entre corpos está de fato presente de modo intenso em parte dos alunos pesquisados.

A atividade seguinte também utilizou o versório de Gilbert, porém com algumas alterações em sua construção: o colchete metálico (neutro) foi trocado por um canudo plástico que por sua vez foi atritado em um papel para que ficasse eletricamente carregado (**Figura 2**). Assim quando foi aproximado de outro canudo também eletricamente carregado pelo atrito com o papel, isto

possibilitou observar o fenômeno de repulsão que foi indicado em 77% dos textos escritos pelos alunos, apontando para uma superação da concepção prévia de que a interação eletrostática só ocorria mediante atração. Outro ponto de relevância encontrado nos textos referentes a esta etapa é que 46% dos estudantes indicaram ideias quanto à direção ou sentido da interação, dando subsídios para construções vetoriais de representação do fenômeno estudado.

Figura 2: Versório construído com canudo de plástico, palito de dente e copo de plástico



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na penúltima atividade desta oficina os estudantes encheram bexigas com ar e as atritaram (os grupos variaram o material atritado, como no cabelo, na roupa e em folhas de papel); eles então aproximaram estas bexigas eletrizadas em bolhas de sabão que também foram produzidas durante a experiência, com o objetivo de encontrar uma distância em que a bolha de sabão ficasse estática “boiando” no ar, ou seja, em uma posição de equilíbrio na qual a interação eletrostática se igualava à interação gravitacional. Após isto, era apresentado aos alunos na lousa a equação que rege a Lei de Coulomb,  $F_e = (K \cdot Q_1 \cdot Q_2) / R^2$ , e era pedido para que eles elaborassem um texto relacionando o experimento realizado com essa equação. Estes textos apontaram que 85% dos estudantes conseguiram abstrair a ideia de que a distância entre as cargas influencia no valor da força eletrostática, porém notou-se que este experimento não permitiu perceber se a força eletrostática era inversamente proporcional à distância ou ao quadrado da distância: 69% dos alunos externaram a ideia de que a força eletrostática era inversamente proporcional à distância, enquanto apenas 15% indicou que ela era inversamente proporcional ao quadrado da distância. Não foi possível determinar o motivo pelo qual os outros 15% não conseguiram perceber a dependência entre a força eletrostática e a distância.

A última atividade experimental realizada nesta oficina teve como intuito contribuir com o processo de ensino-aprendizagem dos alunos quanto à ideia de que alguns materiais são isolantes enquanto outros são condutores. Para isto foi utilizado uma placa de PVC que era atritada com lã, o que por consequência a deixava eletricamente carregada. Foi solicitado que os alunos tocassem somente

as extremidades da placa, para refletirem sobre o fato de que se a placa realmente estivesse carregada e fosse condutora, as cargas iriam ser descarregadas pelos dedos dos respectivos estudantes. Um outro objeto usado neste experimento foi uma forma de alumínio (para assar bolo) que possuía uma alça feita com fita isolante para ser segurada, de forma que ela não seria descarregada quando o aluno a manejasse. Os alunos deveriam então tocar essa forma de alumínio na placa de PVC que tinha sido atritada anteriormente com lã. Na sequência, uma lâmpada fluorescente tocava a superfície da placa de alumínio e piscava (produzindo luz) quando era encostada na forma, provando que existiam cargas na forma de alumínio oriundas do processo de atrito entre a lã e a placa de PVC.

Notou-se com os registros feitos pelos alunos para este experimento que 100% deles conseguiram abstrair os conceitos de material isolante e de material condutor. Os alunos usaram diversos caminhos para explicar estes conceitos; 46% dos alunos deram respostas associadas a definições, como: *“Os materiais condutores conduzem energia, já os isolantes não conduzem ou conduzem pouca energia”*. Outros buscaram explicar suas ideias fazendo referência ao comportamento atômico: *“Condutor, material em que o fluxo de elétrons tem facilidade em percorrer o corpo; isolante, material em que o fluxo de elétrons é dificultado pela composição, pela resistência elétrica”*. Dois alunos deram respostas com um grau maior de complexidade, indicando que isolantes podem conduzir cargas elétricas, desde que exista uma tensão (diferença de potencial) suficientemente grande para isto, pois não existem isolantes perfeitos.

## OFICINAS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Na manhã do dia 24 de abril de 2019, quarta-feira, entre 07h e 12h00, foram realizadas três oficinas para alunos de três turmas do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Colônia dos Pescadores, localizada no bairro Indaiá do município de Caraguatatuba (SP). Essas oficinas foram similares à oficina aplicada anteriormente no IFSP-Caraguatatuba, porém com algumas alterações: foi realizada uma menor quantidade de experimentos, devido ao estágio de andamento dos conteúdos já trabalhados na disciplina de física e também porque a oficina agora estava sendo feita para turmas de ensino médio que ainda não tinham tido um contato tão intenso com conceitos de física mais complexos, como no caso anterior.

Estas atividades foram aplicadas em três salas de aula da instituição, tendo sido utilizados para isto apenas a lousa, um notebook e os materiais de baixo custo necessários para os experimentos. A primeira turma contava com 30 alunos divididos em 7 grupos, a segunda turma com 28 alunos divididos em 6 grupos e a terceira com 23 alunos divididos em 4 grupos; no total, portanto, ocorreram 17 grupos nas três oficinas com um total de 81 alunos.

A atividade teve seu início por meio de um debate junto aos alunos e mediado por um dos autores deste artigo que se encontrava na posição de professor: neste momento foi discutido se as pessoas presentes já teriam passado por alguma experiência ou brincadeira que envolvesse algum fenômeno de eletrostática. Ocorreram diversas manifestações por partes dos alunos que mencionavam sempre brincadeiras, como por exemplo, a caneta atraindo

pedaços pequenos de papéis. Outras atividades de eletrização também foram mencionadas, tal como o experimento em que após alguns tipos de materiais serem friccionados (atritados) com outros materiais, os primeiros poderiam ficar “grudados em uma parede vertical” sem cair: alguns alunos, para exemplificar, chegaram a eletrizar canetas que foram mantidas de modo estático nas paredes verticais da sala de aula sem cair.

Posteriormente foi apresentada uma contextualização histórica, abordando um pouco sobre a contribuição para a eletrostática dada pelo cientista inglês William Gilbert, sobretudo quanto ao instrumento denominado versório, cujo funcionamento foi explicado aos alunos. Na sequência, foi proposta a construção deste aparato experimental – o versório – com o objetivo de observar o comportamento do fenômeno da força eletrostática que se manifesta entre materiais de diferentes composições.

Antes que os alunos construíssem os experimentos foi pedido que eles explanassem um pouco a respeito das suas ideias acerca das características da força eletrostática, o que permitiu compreender melhor as concepções existentes por parte dos alunos presentes. Mas os alunos demonstraram uma resistência em criar um texto sobre cada observação que faziam. Foi possível notar que os alunos conseguiam falar sobre as brincadeiras feitas em sala de aula, mas apresentavam dificuldades em escrever a respeito de uma explicação dos fenômenos observados. Mas o desenvolvimento dos experimentos causou um impacto positivo na maioria dos alunos, pois eles observaram fenômenos que aconteciam com um instrumento criado por eles: houve uma certa “comoção”, um alvoroço positivo, um sentimento de realização, com momentos de exaltação de ânimos. No momento de observação de alguns fenômenos, os alunos ficavam felizes e externavam comentários do tipo: “Olha que legal, parece mágica”; a este respeito, é importante lembrar que, no passado, estas propriedades eram usadas por mágicos para fazerem truques e mágicas. Pela interpretação dos textos escritos pelos grupos, foi possível perceber duas grandes categorias de apropriações de conceitos de eletrostática: as que tinham relação com o atrito entre materiais e as que estavam associadas à “troca de elétrons” entre corpos diferentes.

Posteriormente foi proposto que os alunos aproximassem do colchete metálico do versório uma pedra de imã, observando a interação do imã com o ferro e depois a interação do imã com os pedaços de papéis que eram atraídos pelo canudo. O objetivo desta etapa do experimento era que os alunos conseguissem comparar a interação que o imã tem com os materiais que interagem por meio da eletrostática, de forma que eles notassem que enquanto a força eletrostática interage com uma amplitude maior de objetos, o imã interage apenas com materiais ferromagnéticos. Neste caso específico, a força eletrostática atrai tanto o colchete (ferro) quanto os papéis (celulose), enquanto a força magnética do imã atrai somente o colchete.

É importante ressaltar que novamente alguns alunos não escreveram suas reflexões como foi solicitado. Isto pode indicar que os alunos podem estar encontrando dificuldades mais básicas relacionadas simplesmente à capacidade de conseguir registrar de forma escrita sobre aquilo que estão observando e de conseguir descrever por meio de um texto escrito a explicação que dão para o que foi observado.

Uma parte majoritária dos grupos de alunos entrevistados, cerca de 53%, compreendeu as propriedades ferromagnéticas de alguns materiais e conseguiu diferenciar as interações eletrostáticas e magnéticas. Provavelmente eles conseguiram abstrair este tipo de diferenciação a partir dos debates que foram feitos, bem como a partir das dúvidas que foram tiradas junto ao professor durante a oficina. Cerca de 24% dos alunos indicaram a força eletrostática como sendo dependente do atrito e a força magnética como sendo independente desta ação.

O último experimento, que foi muito apreciado pelos alunos, foi a atividade com o objetivo de compreender na prática a equação da Lei de Coulomb,  $F_e = (K \cdot Q_1 \cdot Q_2) / R^2$ . As bexigas cheias de ar foram carregadas eletricamente por meio de atrito e estas bexigas eram então posicionadas acima de bolhas de sabão produzidas para este experimento. A força gravitacional  $F_g$  agindo sobre as bolhas de sabão, as atrai para a Terra abaixo delas, enquanto a força eletrostática  $F_e$  exercida pelas bexigas atrai as bolhas de sabão para cima. Foi então explicado que a bexiga era uma das cargas elétricas ( $Q_1$ ) da equação da Lei de Coulomb e a bolha de sabão (situada abaixo da bexiga e atraída eletrostaticamente pela bexiga) era a segunda carga elétricas ( $Q_2$ ): conforme a distância entre essas duas cargas mudava, ou a bolha seria atraída pela bexiga ( $F_g < F_e$ ) e ficaria “parada” no ar ou a bolha iria se movimentar e cair no chão ( $F_g > F_e$ ); em uma situação de equilíbrio há uma igualdade entre as duas forças existentes ( $F_g = F_e$ ). Foi proposto para os alunos que eles encontrassem uma distância ( $r$ ) entre as cargas elétricas em que as duas forças se igualassem ( $F_g = F_e$ ), de modo que eles compreendessem melhor a influência da distância entre as cargas nesta equação.

Foi possível notar pela análise dos textos escritos referentes a este experimento que a grande maioria dos grupos (em torno de 76% dos grupos) manifestou ter dificuldades com a abstração matemática utilizada nesta atividade (equação da Lei de Coulomb), sendo, portanto, necessária uma ação efetiva do professor no sentido de estruturar propostas de atividades com a finalidade de trabalhar com esta ferramenta de cálculo. Não foram notadas diferenças significativas nos desempenhos dos alunos das três diferentes turmas junto às quais foram realizadas as atividades.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com a experimentação sendo uma parte importante do trabalho científico realizado nas universidades e em outras instituições de pesquisa, ela tem sido uma prática ainda muito pouco explorada em espaços escolares (SARTORI, 2012): a realidade tem mostrado que, em específico, o ensino de física que ocorre na maioria das escolas brasileiras, ainda não incorporou no seu cotidiano, de modo minimamente satisfatório, a realização de atividades de experimentação envolvendo conceitos e leis da física. Assim sendo, esta pesquisa teve como objetivo investigar e analisar diferentes possibilidades de uso de experimentos no ensino de física, em particular por meio de materiais considerados mais acessíveis do ponto de vista dos alunos, com o intuito de desenvolver habilidades de observação e interpretação científica dos fenômenos físicos que ocorrem no dia a dia.

A estruturação de experimentos científicos a partir de materiais de fácil acesso pode ajudar a superar o quadro de ausência de práticas experimentais dentro de sala de aula no ensino de física no Brasil. As atividades de divulgação científica utilizando práticas de demonstração experimental apresentou bons resultados, pois facilitou a compreensão dos fenômenos envolvidos, em especial, quando os experimentos foram elaborados com materiais de fácil acesso para os alunos, pois isto além de torná-los mais próximos dos ambientes de estudo nos quais os estudantes vivem, também servia como incentivo para que os alunos reproduzisse os experimentos em casa. A familiaridade com os materiais utilizados aproximou os alunos dos assuntos científicos abordados, possibilitando que eles testassem hipóteses motivados por sua curiosidade sobre o fenômeno que estavam observando. O estudo e análise do trabalho de divulgação científica realizado apresentou evidências de que as demonstrações experimentais realizadas colaboram significativamente para o ensino de física e ajudam a tornar mais palpáveis os conceitos trabalhados em salas de aula.

As duas oficinas realizadas revelaram resultados importantes. A oficina com alunos do ensino superior indicou que algumas concepções espontâneas prévias influenciam no processo de ensino-aprendizagem, sendo que os experimentos de baixo custo são uma forma eficaz de elucidar certos conceitos de física e auxiliar os alunos a construírem explicações científicas a respeito dos conteúdos abordados. Ela indicou também a importância de destacar que forças eletrostáticas podem ser tanto atrativas quanto repulsivas. Ao longo da História, foi Charles Du Fay (1698-1739) quem primeiro reconheceu que a repulsão, assim como a atração, era um fenômeno característico das interações elétricas (ASSIS, 2010).

Na oficina com alunos do ensino médio, as atividades produziram indicadores que fortalecem a hipótese de que as habilidades de leitura e escrita destes alunos ainda é restrita, o que por consequência influencia em suas ferramentas de expressão na forma escrita tanto acerca dos fenômenos observados quanto acerca das possíveis explicações para estes fenômenos. Esta oficina indicou também a importância de experimentos que diferenciem a força eletrostática da força magnética. Finalmente, foi notada, na pesquisa envolvendo alunos de ensino médio, uma grande dificuldade deles no que diz respeito às ferramentas matemáticas para compreender uma equação como aquela presente na Lei de Coulomb, sendo, portanto, necessárias ações educacionais com o intuito de desenvolver estas habilidades.

Pela pesquisa desenvolvida, notou-se que existem dificuldades no ensino da física, em geral, devido ao fato de esta ser uma área que envolve conceitos que são considerados muito abstratos por muitos alunos. Sendo assim, a inserção de atividades experimentais com materiais de uso corrente possibilita superar este obstáculo e permite ampliar o interesse de jovens por assuntos científicos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao fomento da FAPESP para a realização desta pesquisa.

# Scientific experiments as learning tools for teaching physics

## ABSTRACT

This work aims to investigate the insertion of experiments as auxiliary tools for the learning process of teaching Physics. The research steps observed the following order: a bibliographic review for the theoretical foundation of didactic work with experiments in teaching physics, the development of low-cost experiments with the potential to be inserted in physics classes, the application of experiments developed in classroom, the systematization of the data obtained, the interpretation of the results and the conclusions that were possible to be drawn about it. The starting point of this investigation was scientific dissemination actions carried out for students of public schools on the north coast of São Paulo. Didactic workshops were elaborated, implemented and analyzed, permeated by the use of experimental activities involving physics content for high school and college students. The activities carried out were examined from the point of view of the process of learning that they promoted, based on records prepared by those present. The results point to the importance of carrying out experimental activities in physics teaching, even when structured based on the use of materials considered to be easily accessible.

**KEYWORDS:** physics experiments with low cost materials; physics teaching; experimental apparatus; physical phenomena; history of science and technology.

# Experimentos científicos como herramientas de aprendizaje para la enseñanza de la física

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo investigar la inserción de experimentos como herramientas auxiliares para el proceso de aprendizaje de la enseñanza de la Física. Las etapas de la investigación observaron el siguiente orden: una revisión bibliográfica para la fundamentación teórica del trabajo didáctico con experimentos en la enseñanza de la física, el desarrollo de experimentos de bajo costo con potencial para ser insertados en las clases de física, la aplicación de los experimentos desarrollados en aula, la sistematización de los datos obtenidos, la interpretación de los resultados y las conclusiones que fue posible extraer al respecto. El punto de partida de esta investigación fueron las acciones de divulgación científica realizadas para alumnos de escuelas públicas del litoral norte de São Paulo. Se elaboraron, implementaron y analizaron talleres didácticos permeados por el uso de actividades experimentales que involucran contenidos de física para estudiantes de secundaria y universitarios. Las actividades realizadas fueron examinadas desde el punto de vista del proceso de aprendizaje que promovían, a partir de actas elaboradas por los presentes. Los resultados apuntan a la importancia de realizar actividades experimentales en la enseñanza de la física, aun cuando se estructuren a partir del uso de materiales considerados de fácil acceso.

**PALABRAS CLAVE:** experimentos de física con materiales de bajo costo; enseñanza de la física; aparato experimental; fenómeno físico; historia de la ciencia y la tecnología.

## NOTAS

1. Disponível em: <<https://www.youtube.com/user/iberethenorio>>. Acesso em: 23 jul. 2022.
2. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.
3. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.
4. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)>. Acesso em: 23 jul. 2022.
5. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iMFmjMfa2L0>>. Acesso em: 23 jul. 2022.
6. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=MqoGyDJ1ipA>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física, Volume 3**. São Paulo: Scipione, 2000.

ARAÚJO, Josiney F. de *et al.* Projeto Mundial: Aulas de Física por meio de experimentos simples. **Revista Iluminart**, v.17, p. 68-80, 2019.

ASSIS, Andre Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010.

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências: Unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BARBOSA, Milena Pinheiro *et al.* Proposta de atividades com materiais alternativos na Educação básica e superior. **A Física na Escola**, v. 18, n. 2, p. 1-11, 2020.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

DIAS, Vivaldo Júnior Progênio *et al.* Proposta de ensino de ciência e tecnologia para alunos do 9º ano do ensino fundamental: rádio e painel solar caseiro. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 284-302, 2020.

FERREIRA, Norberto Cardoso. **Proposta de laboratório para a escola brasileira: Um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física**. São Paulo: Dissertação de Mestrado (Instituto de Física / Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo), 1978.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GALIAZZI, Maria do Carmo *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 7, n. 2, p. 250, 2001.

GARCIA, Nilson Marcos Dias; GARCIA, Tânia Maria F. Braga; HIGA, Ivanilda. O projeto de Ensino de Física (PEF): um modo brasileiro de ensinar física na década de 1970. **Atas do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, São Luís (MA), 2007.

GASPAR, Alberto. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. São Paulo: Editora Cortez, 1999.

MANDELL, Muriel. **Physics experiments for children**. New York: Sterling Publishing, 1959.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MORI, Rafael Cava; CURVELO, Antonio Aprigio da Silva. A Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP): 30 Anos de Contribuições ao Ensino de Ciências. **Revista Cultura e Extensão (USP)**, n. 11, p. 51-63, mai. 2014.

NEVES, Defferson Rodrigues Martins das; FORATO, Thaís Cyrino de Mello; VIEIRA, Rui Manoel de Bastos. Tecnologia cotidiana, materiais de baixo custo e o ensino de física. **Anais do XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, Salvador (BA), 2019.

OLIVEIRA, Ronaldo Furtado de; PEREIRA, Marcia Regina Santana. Utilizando o versório de Gilbert magnetizado para verificar o comportamento da força elétrica entre duas cargas em repouso em função da distância entre elas. **A Física na Escola**, v. 16, n. 2, p. 28-32, 2018.

PEREIRA, Jefferson Rodrigues *et al.* Ensinando Ciências Físicas com experimentos simples no 5º ano do Ensino Fundamental da educação básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 116-138, 2019.

NARDI, Roberto. Memórias da educação em ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de física. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

SANTOS, Maria Cristina Ferreira dos. A noção de experiência em John Dewey, a educação progressiva e o currículo de ciências. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Campinas (SP), 2011.

SANTOS, Emerson Izidoro dos; PIASSI, Luís Paulo de Carvalho; FERREIRA, Norberto Cardoso. Atividades Experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: Uma experiência em formação continuada. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)**, Jaboticatubas (MG), 2004.

SARTORI, Paulo Henrique dos Santos. **O processo de experimentação promovendo aprendizagens e competências científicas**. Santa Maria, RS: Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabricio. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SOUSA, Robson Pequeno de; MOITA, Filomena M. C. da S. C.; CARVALHO, Ana Beatriz Gomes (orgs.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande, PB: EDUEPB, 2011.

SUTTON, Richard M. **Demonstration Experiments in Physics**. New York: McGraw-Hill, 1938.

THENÓRIO, Iberê; MATEUS, Alfredo Luis. **Manual do Mundo: 50 experimentos para fazer em casa**. São Paulo: Sextante, 2014.

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2012.

WESENDONK, Fernanda Sauzem; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Condições acadêmico-profissionais para a utilização de experimentações por professores de física do ensino médio. **ENCITEC - Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 10, n. 1., p. 39-55, 2020.

ZANETIC, João. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

**Recebido:** 16 de junho de 2022.

**Aprovado:** 26 de julho de 2022.

**DOI:**

**Como citar:** DE FREITAS, K E C; TEIXEIRA, R R P, Experimentos científicos como ferramentas de aprendizagem para o ensino de física, **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, Ponta Grossa, v. 9, n.2, p. 28-47, dez. 2022.

**Contato:** Ricardo Roberto Plaza Teixeira: [rteixeira@ifsp.edu.br](mailto:rteixeira@ifsp.edu.br)

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

