

EXPERIMENTOS DE MAGNETISMO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA NAS ÚLTIMAS DUAS DÉCADAS

MAGNETISM EXPERIMENTS FOR BASIC EDUCATION IN THE LAST TWO DECADES

Denise Lughy Medeiros Braga¹, Roseli Constantino Scherz²,

Recebido: fevereiro/2024 Aprovado: abril/2024

Resumo: Este trabalho propõe apresentar o Estado da Arte de publicações com atividades experimentais de Magnetismo na educação básica. As indagações centrais que nortearam esta pesquisa foram: Quais as principais atividades experimentais utilizadas/propostas para o ensino de Magnetismo para educação básica no Brasil? Como os temas relacionados ao Magnetismo são abordados em termos de frequência? Quais são o enfoque, a ênfase matemática e o direcionamento? Que outros elementos relevantes/inovadores trazem? O recorte escolhido foi publicações das últimas duas décadas (2003 a 2022) em periódicos da área de ensino de Ciência ou de Física com estratos A1, A2, A3 e A4 segundo o Qualis/Capes (2017 – 2020). Os artigos foram classificados de acordo com temas do Magnetismo e analisadas suas características como ênfase matemática, direcionamento, enfoque e outros elementos. Foram classificados vinte e oito (28) trabalhos, predominantemente apresentando propostas experimentais que ainda não foram aplicadas em sala de aula, com foco na Lei de Faraday e adotando uma abordagem qualitativa de pesquisa. Identificou-se que alguns temas têm muitas publicações e outros possuem frequência reduzida. Uma característica positiva é que a grande maioria dos artigos apresenta experimentos de baixo custo, acessíveis, possibilitando a aplicação pelos demais docentes.

Palavras-chave: ensino, estado da arte, magnetismo, atividades experimentais.

Abstract: This work proposes to present the State of Art of publications with experimental Magnetism activities in basic education. The central questions that guided this research were: What are the main experimental activities used/proposed for teaching Magnetism for basic education in Brazil? How are themes related to Magnetism involved in terms of frequency? What are the approach, mathematical emphasis, and direction? What other relevant/innovative elements do they bring? The chosen section was publications from the last two decades (2003 to 2022) in journals in the Science or Physics teaching area with strata A1, A2, A3 and A4 according to Qualis/Capes (2017 – 2020). The articles were classified according to Magnetism themes and their characteristics such as mathematical emphasis, direction, focus and other elements. Twenty-eight (28) papers were selected, predominantly presenting experimental proposals that have not yet been applied in the classroom, focusing on Faraday's Law and adopting a qualitative research approach. It was identified that some themes have many publications and others have a reduced frequency. A positive characteristic is that the most articles present low-cost experiments, enabling their application by other teachers.

Keywords: teaching, state of art, magnetism, experimental activities.

1. Introdução

Com o intuito de superar os obstáculos enfrentados no ensino de Física, professores e pesquisadores estão em busca constante de desenvolver e implementar estratégias

¹  <https://orcid.org/0000-0002-8899-215X> - Mestre, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campo Mourão, PR, Brasil. Professora da Secretaria de Educação do Paraná (SEED) e da Secretaria Municipal de Educação e Esportes do Jesuítas, Paraná, Brasil. E-mail: denise.braga@escola.pr.gov.br.

²  <https://orcid.org/0000-0001-5507-3117> - Doutora, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora Associada, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. Via Rosalina Maria dos Santos, 1233 - Vila Carolo, Campo Mourão - PR, 87301-899. E-mail: rconstantino@utfpr.edu.br.

educacionais que sejam aplicáveis em sala de aula. Esse esforço visa contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem. Nessa busca, as atividades experimentais apresentam-se como uma alternativa às tradicionais formas de ensino, as quais geralmente se baseiam em um modo expositivo de conteúdo centrado no professor. Isto vem ao encontro do que é apresentado no documento PCN+, apontando que:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2002, p. 84).

No início do século passado, as atividades experimentais eram apresentadas aos alunos como uma ilustração de determinados fenômenos que normalmente eram desenvolvidas durante a própria aula. Com a evolução da história das Ciências, e o desenvolvimento de várias alternativas envolvendo essas práticas, as atividades experimentais passaram a ser consideradas fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem da Física (GASPAR, 2014). Nesta perspectiva, é importante salientar que “[...] é preciso considerar que o uso dos experimentos, *por si*, não promoverá a superação da pedagogia da transmissão” (RESENDE; FIREMAN, 2014, p. 79). Nestas atividades, o professor deve atuar de modo a orientar, mediar e assessorar os alunos. Isso compreende:

[...]lançar ou fazer emergir do grupo uma questão-problema; motivar e observar continuamente as reações dos alunos, propiciando orientações quando necessário; salientar aspectos que não tenham sido observados pelo grupo e que sejam importantes para o encaminhamento do problema [...] (BATISTA; FUSINATO; BLINI, 2009, p. 4).

As atividades experimentais são ferramentas educacionais empregadas para superar obstáculos encontrados no processo de ensino e aprendizagem. Busca-se desenvolver nos alunos a motivação e o interesse, associando a teoria e a prática (FERREIRA; SILVA; NASCIMENTO, 2016). Essas práticas contribuem para o processo de construção de conhecimento, visto que “reflexões, discussões, elaboração de hipóteses, contextualização do conhecimento, entre outros aspectos [...] são inerentes e possíveis de se contemplar neste tipo de atividade” (GIACOMELLI; SILVA; ROSA, 2020).

Segundo Araújo e Abib (2003), as práticas experimentais podem ter diferentes direcionamentos, como verificação, demonstração e investigação. A *verificação* é quando a atividade é utilizada para confirmar a teoria. Os resultados são previsíveis e geralmente comparados à literatura (teoria) e, desta forma, a prática é considerada bem realizada quando os dados experimentais se aproximam dos dados teóricos. A utilização deste tipo de abordagem é frequentemente utilizada pelos docentes como o intuito de proporcionar “aos alunos oportunidades nas quais possam de fato visualizar fenômenos que obedecem à lógica da teoria apresentada” (OLIVEIRA, 2010, p. 148).

Uma prática experimental de *demonstração* é aquela que o professor conduz o experimento e os alunos o observam, com objetivo de despertar a atenção e curiosidade. Este

tipo de direcionamento é empregado pelos docentes como uma forma de demonstrar os fenômenos estudados, “tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas” (ARAÚJO; ABIB, 2003). Além do mais, quando os equipamentos disponíveis são escassos ou não há espaço adequado para os alunos realizarem a atividade, este tipo de direcionamento é recomendado (OLIVEIRA, 2010).

Por fim, há a atividade de *investigação*, que não prioriza roteiros pré-definidos e visa estimular o levantamento de hipóteses para um determinado problema e, posteriormente, o teste destas hipóteses. Ela pode propiciar “o desenvolvimento da capacidade de observação, de descrição de fenômenos e até mesmo de reelaboração de explicações causais, aspectos que contribuem para facilitar a reflexão e, conseqüentemente, o progresso intelectual dos estudantes” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 9).

Ao desenvolver uma atividade experimental, é essencial que o professor conduza um planejamento prévio. Isso envolve considerar os materiais necessários, o espaço disponível, o tempo disponível para a atividade, assim como o conhecimento prévio dos alunos. Além disso, é fundamental que o professor tenha clareza sobre os objetivos educacionais que deseja alcançar por meio da atividade experimental. Desta forma, um experimento por si só não tem direcionamento determinado e imutável. Cabe ao professor, por meio do planejamento, determinar se a atividade experimental terá direcionamento de verificação, demonstração ou investigação por meio do planejamento.

Dentro dos conteúdos da Física, há o Eletromagnetismo, que muito frequentemente é temido pelos alunos. Devido possivelmente à forma como é abordado tradicionalmente em sala de aula, de modo expositivo e carente de recursos, este tema geralmente é considerado abstrato para os alunos. Além do mais, os próprios docentes muitas vezes acabam priorizando o ensino de mecânica e deixando conteúdos de Eletromagnetismo com tempo insuficiente para ser trabalhado (MELO; CAMPOS; ALMEIDA, 2015). Os alunos comumente não conseguem estabelecer muitas relações do seu conhecimento cotidiano com a teoria que lhe é apresentada. Portanto, é neste contexto que a atividade experimental vem a contribuir, pois “a demonstração prática associada com discussões sobre o assunto colaboram com o desempenho acadêmico dos estudantes” (SANTOS; MAIONCHI, 2021, p. 1).

No entanto, mesmo sendo a atividade experimental um recurso imprescindível da educação em Ciências, o ensino do Eletromagnetismo ainda é muito restrito à sala de aula teórica, geralmente com abordagens puramente expositivas, (ROCHA; CATARINO, 2019). Isto é o oposto ao que é indicado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, os quais destacam que “a compreensão do mundo eletromagnético que permeia nosso cotidiano é indispensável para possibilitar o uso adequado, eficiente e seguro de aparelhos e equipamentos, além de fornecer condições para analisar, fazer escolhas e otimizar essa utilização” (BRASIL, 2002, p.76). Diante do exposto, quais as principais atividades experimentais de Magnetismo (parte integrante do Eletromagnetismo) para a educação básica estão sendo abordadas nas últimas duas décadas em periódicos da área? Quais conteúdos são explorados com maior frequência, quais as lacunas e

quais são as características das publicações, como enfoque, ênfase matemática e direcionamento?

Para responder a estas perguntas, é indispensável desenvolver o Estado da Arte para este tema. O Estado da Arte pode fornecer um panorama das publicações da área de conhecimento e permitir avaliar a frequência de trabalhos desenvolvidos e identificar possíveis carências existentes. Esta análise possibilita ao pesquisador uma visão de seu objeto de estudo no contexto das pesquisas já realizadas. Isto possibilita a ele direcionar seu trabalho de modo a minimizar a possibilidade de “repetir” estudos e direcionar-se para campos carentes de publicações. Neste sentido, para poder-se ter um panorama das publicações nacionais de ensino de Magnetismo para a educação básica, utilizando atividades experimentais, se propõe nesta presente pesquisa um estudo do Estado da Arte das publicações das últimas duas décadas em periódicos da área.

2. Metodologia

A presente pesquisa versa sobre o Estado da Arte das atividades experimentais no ensino de Magnetismo. Os estudos envolvendo Estados da Arte:

[...] procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada (ROMANOWSKI; ENS, 2006, p. 39).

As questões de pesquisa foram estabelecidas inicialmente: (1) Quais as principais atividades experimentais utilizadas/propostas para o ensino de Magnetismo para educação básica no Brasil? (2) Como os temas relacionados ao Magnetismo são abordados em termos de frequência? (3) Quais são o enfoque, a ênfase matemática e o direcionamento? (4) Que outros elementos relevantes/inovadores trazem?

Optou-se por selecionar como fonte documental os periódicos dedicados exclusivamente ao ensino de Ciências ou Física com classificação de periódicos Qualis/Capes (2017-2020) A1, A2, A3 e A4. O recorte temporal foram as últimas duas décadas (2002-2022). Posteriormente, as palavras-chave para a pesquisa foram definidas, como “magnetismo”, “magnético(a)”, “eletromagnetismo”, “eletromagnético(a)”, “induzida” e “Faraday” e utilizadas primeiramente nos buscadores da plataforma *Scielo*. Entretanto, dado que apenas uma minoria dos periódicos está indexada nesta base de dados, a pesquisa foi conduzida individualmente nos sites de cada uma das revistas não indexadas. Inicialmente foi pensado em se utilizar um *string*¹ de busca, contendo todos os termos. No entanto, como em algumas bases de dados não era permitido, as palavras-chaves foram utilizadas de modo individual na pesquisa.

Após a coleta dos artigos identificados na pesquisa eletrônica, inicialmente houve a supressão dos trabalhos duplicados. Em seguida, realizou-se a leitura dos resumos para excluir

¹ Uma sequência de palavras-chave, expressões, termos ou outros símbolos com inserção de conectores.

trabalhos não relacionados ao tema e pré-selecionar as publicações que: (i) utilizavam atividades experimentais; (ii) estivessem relacionadas a conceitos de Magnetismo; e (iii) que fossem direcionadas ao ensino na Educação Básica, excluindo temas/atividades que são identificadas com direcionamento exclusivo ao nível superior.

A próxima etapa da pesquisa foi realizar a classificação dos trabalhos de acordo com os temas (1) Geração de Campo Magnético, (2) Força Magnética e (3) Lei de Faraday. Salienta-se que alguns artigos abordam em seu texto mais de um tema, pois um assunto pode ser pré-requisito para o tema principal. Por exemplo, um trabalho que explora a levitação magnética tem como foco central explorar a indução eletromagnética. No entanto, para compreender todo o processo é preciso abordar o referencial teórico sobre geração de campo magnético por meio de cargas elétricas em movimento. Em outras palavras, a Lei de Faraday é o tema principal do trabalho, mas o processo de geração de campo magnético é um pré-requisito ao tema central. Dessa forma, o artigo é classificado em Lei de Faraday, uma vez que o conteúdo predominante trata desse tema específico.

Após a identificação dos artigos que abordam os três temas, leituras mais detalhadas foram realizadas a fim de identificar certos aspectos metodológicos das publicações, com base em Araújo e Abib (2003), como descritos seguir.

Enfoque: artigos que são (1) relato de experiência, quando o docente desenvolve o experimento em sala de aula e apresenta seus resultados e percepções quanto ao processo de ensino e aprendizagem ou; (2) quando o experimento é uma nova proposta de atividade prática que potencialmente pode ser aplicada ao ensino, mas sem resultados em sala de aula.

Ênfase Matemática: classificados como (1) quantitativos, quando consideramos que o experimento foi explorado, de forma majoritária, pelo formalismo matemático ou (2) qualitativos, quando as análises são realizadas de forma mais conceitual, sem recorrer tanto às expressões matemáticas para extrair informação.

Direcionamento: experimento a ser realizado como forma de (1) verificação da teoria, com roteiro “engessado”, de modo a se comparar os resultados experimentais com a literatura; de (2) demonstração, quando geralmente o professor realiza o experimento para que os alunos possam observá-lo e; de (3) investigação, na qual o aluno atua mais ativamente e há espaço para interpretações e discussões pelos estudantes durante a atividade.

Outros Elementos: relativos às características não exploradas nos temas anteriores, como uso de tecnologias, materiais de baixo custo, abordagem da história do tema ou ainda se apresentam explícita ligação com aplicações do conteúdo com o cotidiano. Os artigos nesta análise podem apresentar mais de um desses elementos ou ainda nenhum deles.

Os resultados foram tabulados e organizados em gráficos. Estes resultados e discussão dos dados obtidos são apresentados na próxima seção.

3. Resultados e Discussão

A busca de artigos que trazem propostas e/ou aplicações de atividades experimentais sobre o Magnetismo direcionadas ao ensino da Educação Básica a partir de 2003 nos periódicos

selecionados resultou vinte e oito (28) artigos. Pode-se ver no Quadro 1 os periódicos que contém uma ou mais publicações selecionadas de acordo com o critério da pesquisa.

Quadro 1 – Periódicos com no mínimo uma publicação selecionada, o seu estrato Qualis.

Periódico	Estrato Qualis	Número de artigos
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A1	12
Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências	A1	1
Física na Escola	A3	6
Investigações em Ensino de Ciências	A1	1
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia - RBECT	A2	2
Revista Brasileira de Ensino de Física	A1	4
Revista Ciências & Ideias	A3	1
Revista de Educação, Ciências e Matemática - RECM	A4	1
Revista de Ensino de Ciências e Matemática - REnCiMa	A2	1

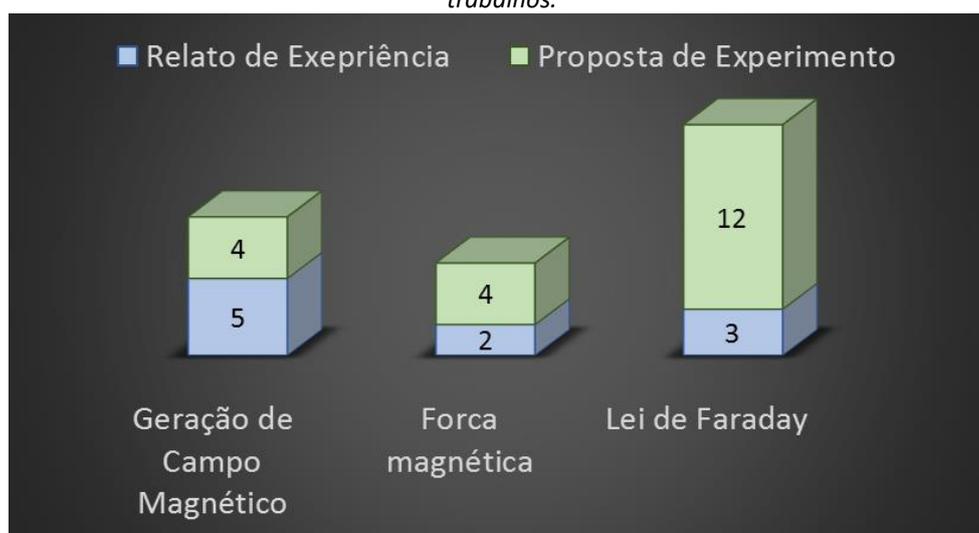
Fonte: Autoria Própria (2024).

Em vinte (20) anos temos uma média de 1,4 trabalho por ano. Além do mais, os arquivos foram encontrados em apenas nove (9) periódicos do recorte escolhido. A apresentação dos gráficos das frequências das publicações e discussão serão realizadas a seguir, iniciando com (A) Tema e Enfoque, posteriormente (B) Direcionamento e Ênfase Matemática e, finalmente, (C) Outros Elementos.

A. Tema e Enfoque

Apresenta-se a seguir, na Figura 1, que indica a quantidade de trabalhos que foram classificados de acordo com o tema e enfoque.

Figura 1 – Número de artigos publicados de acordo com os três temas escolhidos e o direcionamento dos trabalhos.



Fonte: Autoria Própria (2024).

Dos 28 trabalhos selecionados, quinze (15) abordam Lei de indução eletromagnética, seis (6) forças magnéticas e nove (9) geração de campo magnético. Cabe lembrar que um dos artigos

trouxes os três temas em conjunto, sem privilegiar nenhum deles. Por isto, desta forma, um artigo foi classificado nos três assuntos. Neste trabalho, Rocha e Catarino (2019) realizaram uma pesquisa em sala de aula para análise qualitativa das contribuições do produto educacional (kit experimental e sequência didática) proposto. O kit de baixo custo foi utilizado em estudo dos conceitos de geração de campo magnético por corrente, de força magnética e de comprovação da Lei de Faraday e da Lei de Lenz. Único artigo considerado que aborda os três tópicos de física de forma igualitária. Deste modo, ele se enquadra em todos os temas, aparecendo 3 vezes em alguns dados apresentados. Desta forma, mesmo observando na Figura 1 uma frequência total de publicações nos três temas como sendo trinta (30), o número de artigos analisados neste trabalho é vinte e oito (28). Não há descrição detalhada das etapas das atividades práticas, mas os autores mencionam que utilizaram abordagem de verificação, investigação e concepção do experimento. Analisando de modo geral, temos dez (10) artigos com relato de experiência e vinte (20) como proposta de experimento, sem apresentar resultados de seus desenvolvimentos em sala de aula. A seguir, apresentamos brevemente os demais artigos de acordo com o tema principal.

I. Geração de Campo Magnético

A presença no espaço de campo magnético pode ocorrer de duas formas: a intrínseca, que se encontra presente nos ímãs naturais, e a gerada através de um fluxo de corrente elétrica ao percorrer um fio condutor, os chamados de ímãs momentâneos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Nesta pesquisa, foram encontrados mais oito (8) trabalhos (além de Rocha e Catarino (2019)), como descrevemos brevemente logo a seguir.

Lopes, Stein-Barana e Moreno (2009) propõe a construção de um eletroímã com núcleo de ferro (prego) acoplado a um caminhão guincho de brinquedo. Desta forma, os autores utilizam o lúdico para demonstrar como a corrente elétrica gera campo magnético. Souza Filho et al. (2011) também propõe utilização de eletroímãs e sugerem análises das interações entre ímãs por meio de uma atividade investigativa. Outros que também optaram por utilizar os eletroímãs foram Boss et al. (2012) e Soares et al. (2021). O primeiro trabalho é um relato de experiência com alunos do ensino fundamental, sob a teoria de Vigotski, em atividade investigativa e qualitativa. O segundo, Soares et al. (2021) traz uma proposta de experimento utilizando tecnologia, se distinguindo dos demais. Eles sugerem a utilização da plataforma Arduino e sensores Hall para um estudo qualitativo e demonstrativo de polaridade magnética.

A reprodução do experimento histórico de Oersted foi tema de três (3) artigos. Rocha e Catarino (2019) trazem um relato de experiência utilizando a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Lima e Bertuola (2010) trazem a proposta, de baixo custo, de utilizar retroprojektor para exibir as formas das linhas de campo magnético nas proximidades de fios percorridos por correntes elétricas. Pinto, Silva e Ferreira (2017) apresentam relato de experiência no qual o equipamento similar ao utilizado por Oersted é explorado de forma investigativa, quantitativa e abordando a História da Ciência (HC). Segundo os autores, a importância da HC nesta atividade se deve ao fato de ser possível humanizar os cientistas e seus trabalhos, pois, além dos “acertos”, seus equívocos e dificuldades são apresentados (PINTO et al., 2017).

Resende e Fireman (2014) realizaram a “Oficina magnetismo para crianças dos anos iniciais do ensino básico” com estudantes de um curso de Pedagogia. Na oficina os estudantes, em atividades investigativas, exploraram tipos de materiais que são atraídos por ímãs, materiais que podem ser imantados e os polos magnéticos de um ímã permanente. Os autores descrevem que suas atividades priorizam o processo reflexivo, superando a pedagogia tradicional.

Por fim, Pereira et al. (2019) utilizaram materiais de baixo custo para a montagem de atividades experimentais com alunos do 5º ano do ensino fundamental que envolvia situações-problemas do cotidiano dos estudantes. Com caráter investigativo e qualitativo, os alunos utilizaram a força magnética de ímãs sobre moedas no sentido de se opor à ação da força da gravidade de modo a coloca-las em equilíbrio, uma sobre a outra. O experimento foi denominado de “moedas equilibristas” que tem um caráter lúdico que motiva os estudantes.

Uma parcela dos trabalhos (4) traz relatos de experiência da utilização da proposta em sala de aula (BOSS et al., 2012; PINTO, SILVA; FERREIRA, 2017; PEREIRA et al., 2019, ROCHA; CATARINO, 2019), sendo que todos apresentam características qualitativas com foco no experimento por meio da investigação. Além do mais, neste grupo de artigos, identifica-se uma tendência: sete (7) dos oito (8) trabalhos destacam que os equipamentos utilizados são de baixo custo. Esse aspecto é crucial para a viabilidade da reprodução desses experimentos por outros professores em suas salas de aula.

II. Força Magnética

Forças magnéticas atuam sobre cargas elétricas que se movem na presença de campos magnéticos, desde que estes dois vetores não tenham a mesma direção. Desta forma, cargas elétricas em movimento e fios condutores percorridos por correntes elétricas podem estar sujeitos a esta força (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Sobre este tema há seis (6) artigos, levando-se em consideração o trabalho de Rocha e Catarino (2019), que não dão muitos detalhes de como seria realizado o experimento.

Silva et al. (2003) propõe a confecção de um aparato experimental que visa reproduzir um problema clássico encontrado nos livros didáticos: uma barra que conduzindo corrente elétrica se desloca em um espaço com campo magnético. As análises podem ser conduzidas de forma quantitativa e os materiais utilizados consistem em peças reaproveitadas.

A balança de Ampère é explorada em dois (2) trabalhos de forma qualitativa. Weltner et al. (2004) propõem a utilização de um pêndulo simples para, por meio da força restauradora, calcular a força magnética entre fios condutores de correntes elétricas. Leitão, Fernandes e Lage (2018) utilizaram a prática em sala de aula para medidas de força magnética em função da variação da intensidade da corrente elétrica. Por meio das observações, os autores afirmam que os estudantes ao realizar a atividade prática apresentam “surpresa e a curiosidade para compreender os fatos observados” (LEITÃO et al., 2018, p. 310).

A força magnética está presente em alguns dispositivos que utilizamos diariamente, como o braço de um disco rígido de um computador (HD), como exploraram Catelli e Vilas-Boas (2011). As forças magnéticas são as “responsáveis pelo movimento do braço de leitura/gravação” no HD (CATELLI et al., 2011, p. 476). Os autores demonstram a construção de um aparato utilizando

componentes de HD, que permite visualizar a força magnética entre correntes elétricas e explorar a regra da mão direita. Eles destacam a versatilidade do experimento, indicando sua aplicabilidade tanto no ensino médio quanto em cursos introdutórios de Física no nível superior. Além disso, ressaltam a importância de proporcionar aos alunos o contato com materiais tecnológicos presentes em seu cotidiano.

Por fim, o quarto e último artigo, de Neves et al. (2019), traz a proposta de um aparato experimental de custo reduzido para estudo de raios catódicos. Um dos conceitos físicos abordados é a deflexão do elétron pela força magnética resultante do campo magnético gerado por bobinas de Helmholtz. Durante a realização do experimento, são obtidos dados numéricos que permitem uma análise matemática detalhada desse fenômeno.

Dos artigos apresentados, apenas dois relatos de experiência (LEITÃO, FERNANDES; LAGE, 2018, ROCHA; CATARINO, 2019), enquanto os demais consistem em propostas de atividades experimentais que ainda carecem de dados relacionados ao seu desenvolvimento em sala de aula.

III – Lei de Faraday

A indução eletromagnética está intrinsecamente ligada à reação de materiais condutores quando expostos a variações no fluxo de campo magnético. Conforme definido pela Lei de Faraday-Lenz, essa condição desencadeia o surgimento de uma força eletromotriz, cujo efeito é oposto à mudança do referido fluxo. Esse fenômeno conduz à mobilização dos elétrons livres dentro do material condutor, resultando na geração de correntes induzidas.

As correntes induzidas podem seguir caminhos bem definidos, como os fios condutores que formam espiras ou bobinas. No entanto, as correntes induzidas muitas vezes podem ocorrer em metais maciços devido à variação de campo magnético em seu espaço. Estas são correntes fechadas, denominadas de correntes parasitas ou de Foucault. Essas correntes dissipam energia pelo efeito Joule, gerando aquecimento. Na pesquisa, identificou-se quinze (15) publicações (considerando Rocha e Catarino, 2019), que corresponde a (53%) dos artigos. Como forma de organização, separou-se os trabalhos em (a) corrente induzidas em anéis e espiras e (b) corrente de Foucault, com apresentaremos a seguir.

a) Correntes induzidas em anéis e espiras.

O fenômeno de indução em nosso cotidiano está presente em diversos aparelhos elétricos em nosso cotidiano. Nesta perspectiva, quatro (4) trabalhos apresentam as propostas de construção de motores elétricos como atividade prática para o estudo da Lei de Faraday. Silveira e Marques (2012) trazem a proposta do motor de indução e sua importância na história da Ciência, visto que foi desenvolvido por Nikola Tesla, mas, mesmo assim, está ausente nos livros didáticos. Alves et al. (2020) trazem motores elétricos monofásicos e trifásicos e, como Silveira e Marques (2012), apresentam o formalismo matemático a ser utilizado na atividade. A terceira proposta de experimento é de Santos e Maionchi (2021) que desenvolveram uma maleta didática para estudo de circuitos elétricos e indução de Faraday. Os autores trazem uma máquina de corrente contínua (semelhante ao liquidificador) acessível e que pode ser utilizada na aferição de dados e na demonstração de conceitos de indução. Por fim, distinto dos

anteriores, Pires, Ferrari e Queiroz (2013) relatam a aplicação de sala de aula de uma estratégia de ensino baseada nos três momentos pedagógicos para o estudo de motores elétricos e com abordagem problematizadora. Eles usam um gerador de energia (empregando um dínamo obtido de drive de disquete) e um motor elétrico de carrinho de brinquedo, confeccionados com materiais de baixo custo ou reaproveitados.

Explorando aplicações cotidianas, os trabalhos anteriores, Spohr e Garcia (2017) desenvolveram e aplicaram uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de indução eletromagnética. Utilizando-se da teoria construtivista de Ausubel, exploram o funcionamento de alto-falantes e microfones. A pesquisa foi conduzida com alunos do 3º ano do ensino médio, utilizando equipamentos que foram dispostos de maneira que os alunos pudessem desmontá-los. Essa abordagem visava auxiliar no processo de elaboração de hipóteses e conclusões sobre o funcionamento dos equipamentos.

Araújo e Anjos (2006) avaliaram a sensibilidade das bobinas e força eletromotriz induzida com medidas utilizando um gerador de frequências. Os autores analisaram quantitativamente os resultados e fazem comparação com dados da literatura.

Caldas et al. (2017) relatam o desenvolvimento de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) de Difração e Magnetismo com professores de ciências. Foram construídas bússolas caseiras e realizaram de experimentos para demonstrar o efeito de indução em bobinas por meio do movimento de ímãs permanentes (materiais de baixo custo).

Dentre estes trabalhos mencionados, apenas três (3) trazem resultados da utilização dos experimentos em sala de aula (SPOHR; GARCIA, 2017; PIRES; FERRARI; QUEIROZ, 2013; ROCHA; CATARINO, 2019). Os demais apresentam propostas de experimentos.

b) Correntes de Foucault

A análise do movimento do pêndulo simples para estudo de correntes induzidas foi utilizada em três (3) artigos. Pimentel et al. (2004) propõem um modo de explorar demonstrativamente algumas leis de Mecânica e Eletromagnetismo utilizando um pêndulo simples e ímãs de computadores. Uma placa de cobre na extremidade do pêndulo fica sob a ação de um campo magnético oscilante ao se aproximar e afastar do ímã fixo. A força eletromotriz induzida gera um campo magnético oposto à variação de fluxo, fazendo com as forças de repulsão e atração magnética em determinados momentos da trajetória desacelerem o pêndulo. Souza, Silva, e Balthazar (2019) é outro artigo que explora a frenagem magnética, assim como a levitação magnética. Além do mais, os dados são obtidos por meio de vídeo-análise, utilizando o software *Tracker*. Uma terceira forma de utilizar o pêndulo simples para estudo da indução foi encontrada na proposta de Giacomelli et al. (2020). A configuração do experimento é diferente dos anteriores. Neste caso, o ímã permanente faz o papel da massa pendular e ao se mover sobre uma bobina conectada a um diodo e a um voltímetro, com a função de medir a intensidade da força eletromotriz induzida. Desta forma, o experimento permite demonstrar a relação entre a amplitude inicial do pêndulo e a *fem* induzida e o diodo auxilia visualmente, indicando os instantes nos quais há corrente induzida na bobina.

Outros trabalhos que propõe experimento sobre a frenagem magnética são Canalle e Silva Neto (2008) e Catelli e Morales (2021). Canalle e Silva Neto (2008) apresentam uma atividade experimental de caráter qualitativo para demonstração do funcionamento do freio magnético reutilizando materiais acessíveis, como ímã de HD. Eles analisam a queda de um objeto preso à um disco de alumínio que gira na presença do ímã permanente fixo. Catelli e Morales (2021) comparam o intervalo de tempo gasto na queda de um ímã de neodímio e de um pedaço metal não magnético sobre um plano de alumínio levemente inclinado. Os intervalos de tempo encontrados foram bem distintos devido à frenagem magnética e a partir de uma análise quantitativa dos dados é abordada a transformação de energia (força de atrito e efeito Joule). O experimento reutiliza o ímã de HD de computador e materiais acessíveis.

Pimentel e Zumpano (2008) trazem a elaboração de uma atividade experimental com a finalidade de explorar as correntes de Foucault, com auxílio de um rotor ligado a um disco rígido de computador. O disco rígido de alumínio é colocado em rotação e nele, que está próximo de um ímã permanente, verifica-se uma corrente induzida e, conseqüentemente, um campo magnético que interage com o ímã. É possível observar esta interação por meio da movimentação das hélices que estão ligadas ao ímã.

Souza, Gusken e Mundim (2010) propõem experimento para demonstrar a indução de força eletromotriz em corpo metálico sob variações de fluxo de campo magnético. O movimento de um ímã suspenso induz corrente no papel alumínio que flutua sobre a água. A prática é de baixíssimo custo, composta apenas ímã, papel alumínio, linha, água e copo descartável.

Neste grupo de trabalhos apresentados, se nota uma frequência interessante sobre a abordagem da frenagem magnética. Vê-se este assunto em mais da metade das publicações (PIMENTEL et al., 2004; CANALLE; SILVA NETO; 2008; SOUZA; SILVA; BALTHAZAR, 2019; CATELLI; MORALES, 2021). Pêndulos simples são utilizados em dois trabalhos e análise de queda de corpos magnéticos em outros três. Além do mais, de forma geral, nos artigos desta categoria identificou-se que os autores visam utilizar materiais de baixo custo ou reutilizáveis, como os discos rígidos de computadores.

Nenhum relato de experiência sobre a utilização do experimento em sala de aula foi encontrado. Todos trazem propostas de atividades sem dados de pesquisa de aplicação.

B - Direcionamento e Ênfase Matemática

Após apresentação de tema e enfoque, foram avaliados os artigos de acordo com direcionamento e ênfase matemática. O enfoque trata da forma como a atividade é conduzida. Quando há roteiros extremamente engessados que visam encontrar valores para então, muitas vezes, identificar a efetividade do experimento quando comparado com dados da literatura, é classificado o direcionamento como sendo de verificação da teoria. Geralmente não levam em conta os conceitos espontâneos dos alunos, não incentivam a reflexão e frequentemente são utilizados para comprovar a teoria por meio de roteiros formulados previamente (ARAÚJO; ABIB, 2003). Quando a atividade é utilizada como uma forma de observação do fenômeno físico, causas e conseqüências, que geralmente é reproduzida pelo professor de forma qualitativa (na maioria das vezes), tem-se as atividades demonstrativas. E, por fim, quando os alunos realizam

a atividade com mais autonomia, com mais espaço para discussão de possibilidades, construção e testes de hipóteses, se tem uma atividade com caráter mais investigativo.

Na presente pesquisa, foi identificado que alguns trabalhos apresentaram elementos de mais de um direcionamento, principalmente os mais extensos, apresentando sequencias didáticas com mais de uma atividade prática. Nestes casos, buscou-se identificar a presença de uma abordagem mais predominante.

Figura 2 – Número de artigos publicados de acordo o direcionamento e enfoque.



Fonte: Autoria Própria (2024).

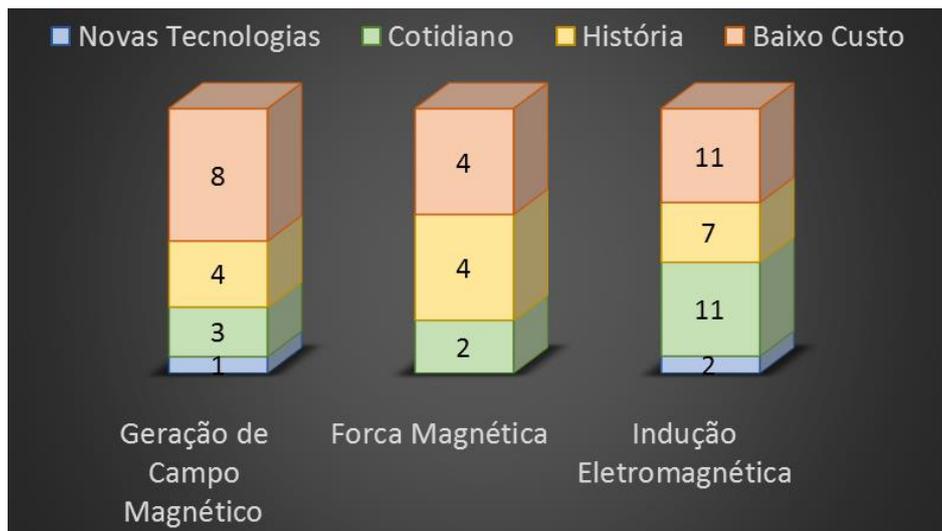
Na presente pesquisa, foi identificado que alguns trabalhos apresentaram elementos de mais de um direcionamento, principalmente os mais extensos, apresentando sequencias didáticas com mais de uma atividade prática. Nestes casos, buscou-se identificar a presença de uma abordagem mais predominante. Observa-se que 39% dos trabalhos trazem como enfoque a demonstração de fenômenos relacionados ao Magnetismo e majoritariamente com abordagem qualitativa. Em segundo lugar (32%) temos os trabalhos com caráter de verificação. Publicações com atividades investigativas são apenas 29% nesta classificação. A conclusão é que as práticas em sua maioria trazem uma ênfase matemática qualitativa. Se preocupam mais com a observação do fenômeno do que com análise de dados numéricos obtidos, como ocorrem em atividades quantitativas.

C – Outros Elementos

Por último, são apresentados alguns outros elementos que se identificou estarem presentes nos trabalhos: utilização de tecnologias, aplicação no cotidiano, abordagem histórica e experimento acessível, de baixo custo para construção.

A Figura 3 mostra a frequência destas características nos artigos selecionados. Nesta classificação, há publicações que possuem mais de um elemento. Por outro lado, alguns artigos podem não apresentar nenhum elemento selecionado.

Figura 3 - Número de artigos considerando alguns elementos identificados nos trabalhos.



Fonte: Autoria Própria (2024).

A seguir, a presença dos elementos nos artigos classificados nesta análise é comentada brevemente.

Tecnologias Educacionais

As atividades experimentais frequentemente enfrentam inacessibilidade devido a problemas na infraestrutura dos laboratórios escolares, como a falta de equipamentos de medida de precisão ou custos elevados. Tais dificuldades podem ser superadas ou reduzidas consideravelmente por meio da utilização de tecnologias acessíveis. Neste sentido, Souza, Silva e Balthazar (2019) e Cattelli e Morales (2021) utilizaram o *Tracker* no estudo de movimento de pêndulos magnéticos, visto que este software gratuito pode ser utilizado na análise de vídeos para obtenção de dados de movimentos, como posição e tempo. Ambos os artigos trazem a utilização do software no estudo da frenagem magnética, explorando a Lei de Faraday e as correntes de Foucault. Já Soares *et al.* (2021) utilizaram uma plataforma Arduino, uma placa de prototipagem eletrônica que permite automatizar processos e comandos. Neste último trabalho, os autores usam plataforma Arduino e sensores Hall para estudar de forma qualitativa a polaridade magnética e efeito Hall, discutindo assim a força magnética envolvida. Cabe lembrar que se buscou identificar a utilização de tecnologias vinculadas diretamente à atividade experimental, e desta forma foram encontrados em apenas três (3) publicações.

Cotidiano

Na busca de se desenvolver um processo de ensino que vise a aprendizagem significativa, o estudante deve se sentir motivado a estudar o tema proposto. Relacionar o conteúdo com situações pertinentes à vida do educando pode aproximar a teoria do aluno (MOREIRA, 2014). Neste contexto, se identificou que 57% dos artigos (16 trabalhos) fazem relação com o cotidiano. Boa parte dos trabalhos, por exemplo, apresenta em algum momento a relação entre a indução eletromagnética e as aplicações em levitação magnética em trens, frenagem magnética, motores elétricos e fornos de indução. (PIMENTEL *et al.*, 2004; ARAÚJO; ANJOS, 2006; PIMENTEL; ZUMPARO, 2008; CANALE; SILVA NETO 2008; SILVEIRA; MARQUES, 2012; PIRES;

FERRARI; QUEIROZ, 2013; SOUZA; SILVA; BALTHAZAR, 2019; ALVES; MOTTA; ZANCANELLA, 2020; GIACOMELLI *et al.*, 2020; CATELLI; MORALES 2021; SANTOS; MAIONCHI, 2021).

Os braços de leitura e gravação nos discos rígidos de computadores e funcionamento das televisões de tubo são abordados em artigos que exploram conceitos de força magnética (CATELLI; VILAS-BOAS, 2011; NEVES *et al.*, 2019). E, por fim, no estudo de geração de campo magnético, encontramos trabalhos sobre o funcionamento dos guindastes eletromagnéticos, das guitarras elétricas e dos autofalantes (LOPES; STEIN-BARANA; MORENO, 2009; PINTO; SILVA; FERREIRA, 2017; SPOHR; GARCIA, 2017).

História

Os contextos sociais nos quais ocorreram os desenvolvimentos científicos, os caminhos não lineares, os erros e acertos presentes no percurso de uma grande descoberta científica podem auxiliar a humanizar o papel do cientista e o tornar mais “semelhante” aos estudantes. Segundo Pinto, Silva e Ferreira (2017), a História da Ciência (HC) possibilita “contextualização, permitindo a inserção de conteúdos científicos em assuntos relacionados à cultura e sociedade [...] bem como explorar os modelos e analogias que surgiram para entender diferentes conceitos” (PINTO; SILVA; FERREIRA, 2017, p. 2).

Durante a pesquisa, foram identificados apenas dois trabalhos que trazem explicitamente em seus objetivos ou resumo o ensino de ciências sob a perspectiva da HC, como sendo um elemento marcante no desenvolvimento das atividades propostas (PINTO; SILVA; FERREIRA, 2017; LIMA; SILVA; NASCIMENTO, 2021). Outros treze (13) artigos apresentam, em algum momento, aspectos históricos do conteúdo como forma de informação ao leitor ou como indicação da abordagem desse aspecto em sala de aula. Entretanto, essa abordagem é muito mais sucinta em comparação com os dois primeiros trabalhos relatados.

Baixo custo

As condições físicas disponíveis nas escolas interferem na escolha da realização de atividades práticas pelos professores (PENA; RIBEIRO FILHO, 2009). Portanto, materiais alternativos, acessíveis economicamente ou reaproveitados, devem ser priorizados ao longo do planejamento de um experimento para viabilizar a prática, assim como popularizá-la. Identificou-se que a maioria dos artigos (75%) foram desenvolvidos com esta perspectiva. Um exemplo de trabalho com baixíssimo custo é Resende e Fireman (2014), utilizando-se de ímãs permanentes e diversos objetos acessíveis, como parafusos, arruelas, borrachas e lacres de alumínio.

Cabe dizer que se considerou nesta categoria os trabalhos que explicitamente declaram o baixo custo de suas propostas. Desta forma, pode ser que outros trabalhos também se enquadrem nesta categoria, no entanto, não foram explícitos em suas considerações.

4. Considerações Finais

A presente pesquisa, dentro do recorte definido, identificou que os artigos que apresentam atividades experimentais para o ensino de Magnetismo ainda são escassos, com média de 1,4 publicações ao ano. A maioria dos trabalhos apresenta propostas sem resultados

sobre sua implementação em sala de aula. Eles abordam principalmente o ensino da Lei de Faraday, optando por uma abordagem qualitativa que visa principalmente verificar teorias ou demonstrar fenômenos físicos.

Nota-se que dentre de cada tema do magnetismo há alguns fenômenos que são mais frequentemente estudados. Em geração de campo magnéticos temos cinco (5) artigos exploram a construção de eletroímã e três (3) reproduzem o experimento de Oersted, representando 56% e 33% das propostas deste tema. A balança magnética é encontrada em duas (2) publicações de força magnética, representando 33%. Para o ensino de Lei de Faraday, os motores elétricos são encontrados em 50% dos artigos sobre correntes induzidas e a frenagem magnética é abordada em 71% das publicações sobre corrente de Foucault. Esses números evidenciam não apenas a prevalência de certos fenômenos em cada área de estudo do magnetismo, mas também sugerem áreas de interesse e foco dentro desses temas específicos.

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse e investimento em pesquisas e desenvolvimento de materiais voltados para o ensino por meio de atividades investigativas. Esta abordagem tem se destacado por sua capacidade de promover o aprimoramento do raciocínio hipotético-dedutivo nos estudantes. Ao se envolverem ativamente com os conceitos apresentados, os alunos não apenas absorvem informações, mas também são desafiados a pensar criticamente e a desenvolver habilidades científicas fundamentais. (LAWSON, 2002, *apud* CARVALHO; SASSERON, 2018). No entanto, apesar do reconhecimento crescente dessa abordagem, constatamos que ainda representa uma parcela relativamente pequena das publicações acadêmicas, compreendendo apenas cerca de 29% do total. Além disso, identificamos uma lacuna significativa no que diz respeito à integração de tecnologias educacionais, as quais têm sido amplamente discutidas e promovidas no cenário educacional contemporâneo.

Duas características positivas identificadas na pesquisa são notáveis: a grande maioria dos artigos apresenta experimentos de baixo custo e acessíveis, além da relação estabelecida com situações do cotidiano. Essas características são particularmente relevantes no contexto escolar, especialmente diante da escassez de laboratórios e equipamentos nas escolas públicas. A ênfase em experimentos de baixo custo e acessíveis desempenha um papel crucial no contexto educacional, pois possibilita a realização de atividades práticas mesmo em ambientes com recursos limitados. Como destacado por Darroz, Rosa e Rosa (2016), "recorrer à construção de equipamentos simples com materiais de fácil aquisição e reposição passa a ser uma alternativa para agregar a experimentação ao ensino, de modo a torná-la um instrumento à disposição e ao alcance do professor" (p. 19). Além disso, a relação estabelecida entre os experimentos e situações do cotidiano contribui para tornar o ensino mais relevante e significativo para os alunos. As relações dos conceitos abordados em sala de aula com o mundo real podem auxiliar os alunos a compreender melhor a aplicação prática da teoria e incentivar o aprendizado.

Almeja-se com esta pesquisa contribuir para a pesquisa na área de ensino de Física como uma forma de conhecimento das estratégias empregadas nas atividades experimentais no ensino de Magnetismo segundo publicações nos periódicos de Ciências/Física, por meio de um panorama dessas publicações ao longo das últimas duas décadas. Também se espera que este

trabalho possa ser uma fonte de informação para os docentes que buscam encontrar atividades práticas que possam contribuir para o processo de ensino de aprendizagem de Magnetismo com seus alunos de forma a alcanças seus objetivos educacionais.

5. Referências

ALVES, A. L.; MOTTA, Y. B. M.; ZANCANELLA, A. C. B. Geradores elétricos monofásicos e trifásicos como suporte didático para o ensino de eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 879-908, 2020.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ARAÚJO, M. S. T.; ANJOS, Q. F. F. Determinação da sensibilidade de bobinas magnéticas utilizando a lei de indução de Faraday. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 277-287, 2006.

BATISTA, M.C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R.B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. PCN+ Ensino Médio. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **BNCC - Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC. 2017.

BOSS, S. L. B.; SOUZA Filho, M. P.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J. J. Inserção de conceitos e experimentos físicos nos anos iniciais do Ensino Fundamental: Uma análise à luz da teoria de Vigotski. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 289-312, 2012.

CALDAS, R. L.; BRANCO, B. B. G.; FERREIRA, T. O. F.; REIS, M. A. M.; TEIXEIRA, M. P. Proposta De Ensino Por Meio De Unidades De Ensino Potencialmente Significativa (Ueps) Sobre Magnetismo. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 3, p. 399-420, 2019.

CANALLE, J. B. G.; SILVA NETO, J. N. Superfreio magnético com ímã de disco rígido. **Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 17-19, 2008.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 43-55, 2018.

CATELLI, F.; VILAS-BOAS, V. Exploração de alguns conceitos do eletromagnetismo no movimento do braço de um disco rígido. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 2, p. 476-489, 2011.

CATELLI, F.; MORALES, A. C. Movimento de ímãs ao deslizar sobre um plano inclinado de alumínio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. 1-7, 2021.

DARROZ, L. M.; ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Experimentos simples para visualização dos fenômenos de difração e interferência da luz. **Revista Thema**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 18-26, 2016.

FERREIRA, E. J. B.; SILVA, A. P. B.; NASCIMENTO, L. F. Fios, Bobinas e Ímãs: Iniciando os Estudos em Eletromagnetismo. **Física na Escola**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 42-47, 2016.

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

GIACOMELLI, A. C.; SILVA, C. J. S.; ROSA, C. T. W. Construção de um pêndulo com ímã e bobina destinado ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n.2, p. 909-924, 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: eletromagnetismo** (10ª ed.). Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LEITÃO, U. A.; FERNANDES, J. A.; LAGE, G. Investigação de perfis conceituais em uma atividade experimental sobre força magnética no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 1, p. 290-315, 2018.

LIMA, A. C.; BERTUOLA, A. C. Retroprojeção do campo magnético. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 40, 2010.

LOPES, D. P. M.; STEIN-BARANA, A. C.; MORENO, L. X. Construção de um guindaste eletromagnético para fins didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 199-207, 2009.

MELO, M. G. A.; CAMPOS, J. S.; ALMEIDA, W. S Dificuldades enfrentadas por Professores de Ciências para ensinar Física no Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologias**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 241-252, 2015.

MOREIRA, M. A. Enseñanza de la Física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. **Revista de Enseñanza de la Física**, Córdoba, v. 26, n. 1, p. 45-52, 2014.

NEVES, D. R. M.; PEREIRA, B. A.; PEREIRA, S. A.; FORATO, T. C. M.; BIANCO, A. A. G. Uma proposta de baixo custo para experimentos com raios catódicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 1, p. 256-286, 2019.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n.1, p. 139-156, 2010.

PENA, F. L. A., & RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2009.

PEREIRA, J. R., MOTA, G. V. S., DEL NERO, J., & SILVA JÚNIOR, C. A. B. Ensinando Ciências Físicas com experimentos simples no 5º ano do Ensino Fundamental da educação básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 175-197, 2019.

PIMENTEL, J. R., & ZUMPANO, V. H. Correntes de Foucault exploradas com um disco rígido de computador. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 160-167, 2008.

PIMENTEL, J. R., SAAD, F. D., YAMAMURA, P., & FURUKAWA, C. H. Novos usos para componentes de um velho disco rígido de computador. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 401-410, 2004.

PINTO, J. A. F.; SILVA, A. P. B.; FERREIRA, E. J. B. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017.

PIRES, C. F. J. S.; FERRARI, P. C.; QUIROZ, J. R. O. A tecnologia do motor elétrico par ao ensino de eletromagnetismo numa abordagem problematizadora. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 29-45, 2013.

RESENDE, T.F.; FIREMAN, E.C. explorando o conceito de magnetismo com alunos do curso de licenciatura em pedagogia a distância da UFAL: reflexões sobre o uso de experimentos didáticos no ensino de ciências da natureza nos anos iniciais da educação básica. **REnCiMa**, v. 5, n. 1, p. 76-91, 2014.

ROCHA, C. H.; CATARINO, G. F. C. Kit Experimental Para Ensino Do Eletromagnetismo: Uma Proposta De Produto Educacional. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 225-237, 2019.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “estado da arte” em educação. **Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 6, n.19, p.37-50, 2006.

SANTOS, M. A.; MAIONCHI, D. O. Maleta Didática - máquina de corrente contínua no ensino do eletromagnetismo para o nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. 1-8, 2021.

SILVA, R.; MACEDO, R. P.; SOUZA, M. G.; CHIQUITO, A. J. A Força Magnética Sobre Correntes Elétricas: Um Motor Linear. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 7-9, 2003.

SILVEIRA, F. L.; MARQUES, N. L. R. Motor elétrico de indução: “uma das dez maiores invenções de todos os tempos”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 114-129, 2021.

SOARES, A. A.; PEREIRA JÚNIO, J. B. P.; MOREIRA, A. P. F.; CHIAVINI, L. C. Polaridade magnética e sensor Hall: uma proposta de experimento para os ensinoss fundamental e médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. 1-5, 2021.

SOUZA, R. R.; GUSKEN, E.; MUNDIM, A. G. Brincando com as correntes induzidas. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 1-3, 2010.

SOUZA FILHO, M. P. S.; BOSS, S. L. B.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J. J. Sugestão de experimentos referentes à eletricidade e magnetismo para utilização no Ensino Fundamental. **Física na Escola**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-4, 2011.

SOUZA, P. V. S.; SILVA, C. J. V.; BALTHAZAR, W. F. O arrasto magnético e as correntes de Foucault: um experimento de baixo custo com vídeo-análise. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 1-6, 2019.

SPOHR, C. B.; GARCIA, I. K.; SANTAROSA, M. C. P. Identificando a evolução conceitual no ensino de eletromagnetismo, através de uma UEPS baseada num sistema de som automotivo gerador de energia. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 162-175, 2017.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WELTNER, K.; ESPERIDIÃO, A. S. C.; MIRANDA, P.; ROCHA, J. F. M. O Pêndulo Gravitacional Usado Como Dinamômetro sensível para medir forças eletromagnéticas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, ed. Especial, p. 227-238, 2004.