



Aldeires de Sousa Alves
Ana Cláudia Carvalho Sousa
Michael Monteiro Matos
Pâmella Gonçalves Barreto Troncão*
Regina Lélis de Sousa
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, Universidade Federal
do Tocantins, Araguaína, TO, Brasil.

RESUMO

A tentativa de aproximar o ensino de física do cotidiano dos discentes, a busca por aprendizagem significativa dos conceitos físicos e a interação interdisciplinar com outras áreas de conhecimento constituem desafios para o sistema escolar. Docentes têm almejado estratégias de ensino que sejam alternativas viáveis às aulas tradicionais de física e, que permitam levar os alunos ao debate, propiciando, assim, a discussão, a argumentação e a reflexão. Neste artigo, apresentamos uma proposta para trabalhar conceitos de eletromagnetismo ancorados na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e na filosofia de Paulo Freire. Entre as atividades propostas, destaca-se a criação de uma oficina que utiliza as características do funcionamento do motor de uma impressora acoplado a uma roda de bicicleta para explorar conceitos físicos que permitam a concepção de uma fonte de energia suficiente para carregar a bateria de um celular. Esta foi uma atividade prática concebida com o intuito de trabalhar a habilidade de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, além de permitir discussões acerca de conceitos de eletromagnetismo e da importância da reciclagem de equipamentos eletrônicos. Todas as atividades experimentais foram realizadas com material de baixo custo e, como resultado, observou-se que os discentes se apropriaram de conceitos, leis e teorias que foram discutidos ao mesmo tempo que tiveram oportunidade de empreender discussões reflexivas sobre a destinação do lixo eletrônico, que é cada vez mais abundante.

Palavras-chave: ensino de física; eletromagnetismo; conservação da energia; lixo eletrônico; BNCC

*Pâmella Gonçalves Barreto Troncão E-mail: pamellagbarreto@mail.uft.edu.br.

1. Introdução

É fácil identificar equipamentos eletrônicos inutilizados ou quebrados na rua, em casa ou no trabalho, como teclados de computadores, impressoras, celulares e carregadores. Com isso, grande quantidade destes equipamentos são descartados diariamente em locais impróprios, como no lixo comum, embora eles devam ser depositados em locais específicos, como enfatiza a Organização das Nações Unidas.

“Menos de 20% do lixo eletrônico é formalmente reciclado, com os 80% restantes indo para aterros ou sendo informalmente reciclados – em grande parte manualmente em países em desenvolvimento, expondo trabalhadores a substâncias perigosas e cancerígenas como mercúrio, chumbo e cádmio. A presença de lixo eletrônico em aterros contamina o solo e os lençóis freáticos, colocando em risco sistemas de fornecimento de alimentos e recursos hídricos.” [1]

Esse descarte em locais indevidos pode ocasionar prejuízos à saúde e ao meio ambiente e, por isso, é importante conhecer a Lei n° 12.305 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que define as normas e condutas de responsabilidade do descarte e recolhimento de dispositivos

eletrônicos. Esta Lei preconiza que

(...) a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado) [2].

Schmidt e Koehler [3] complementam, ainda, que o descarte de equipamentos tecnológicos diretamente no meio ambiente causa danos à natureza e aos seres humanos em razão das substâncias químicas altamente tóxicas que os compõem. Porém, há empresas responsáveis para fazer a correta reciclagem desses equipamentos.

Como proposta pedagógica, buscamos despertar nos alunos o desejo de aprender a física por meio de atividades práticas, fomentando e sensibilizando-os para a importância da reciclagem de equipamentos eletrônicos, mostrando também que a física escolar está

no nosso cotidiano e tem uma relação direta com a tecnologia.

Com a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em 2018, foram regulamentados os saberes fundamentais que os estudantes precisam alcançar na educação básica, bem como as competências

Menos de 20% do lixo eletrônico é formalmente reciclado, com os 80% restantes indo para aterros onde provocam a contaminação do solo e dos lençóis freáticos

estudantes precisam alcançar na educação básica, bem como as competências

e habilidades a serem adquiridas em cada área de conhecimento. Nesse sentido, a área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias, em particular, propõe:

(...) um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias [4].

Propomos aos alunos da terceira série do Ensino Médio da rede pública de ensino o desafio de desenvolver um experimento com base nas leis do eletromagnetismo, mas empregando materiais que fossem obtidos a partir de lixo eletrônico. Para isso, a escola já contava com um Laboratório Didático de Física com vários materiais de ensino, inclusive com uma variedade de peças eletrônicas descartadas que os próprios alunos recolheram para usar nas atividades práticas. Considerando que estes discentes já estavam habituados a desenvolverem experimentos de física com esses equipamentos, a realização da proposta foi favorecida.

A BNCC enfatiza o desenvolvimento do raciocínio do estudante, que deve ser feito por meio de várias estratégias privilegiando o questionamento, a análise crítica e a busca por soluções criativas e inovadoras. Por isso, a atividade prática realizada no segundo momento com a reutilização de materiais eletrônicos buscou desenvolver a competência geral intitulada como “Pensamento Científico, Crí-

tico e Criativo”, por meio da dimensão “Criatividade” e subdimensão “Execução”, o que significa possibilitar ao estudante meios de ter acesso a atividades práticas e ainda fazê-lo

exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas [4].

A atividade consistiu em tentar solucionar um problema: como construir um carregador de celular utilizando o lixo eletrônico? Para isso, propôs-se a utilização do motor de uma impressora como gerador elétrico, ou seja, um sistema que consegue converter energia mecânica em energia elétrica, possibilitando ao discente explorar vários conceitos do eletromagnetismo discutido nas aulas daquele bimestre.

O experimento foi confeccionado pelos alunos e com a mediação do professor. Foi possível construir um carregador de celular utilizando a energia mecânica fornecida pelo movimento da roda de uma bicicleta, a qual era transmitida para o motor que estava acoplado à roda, ocasionado o seu funcionamento, ou seja, convertendo energia mecânica em energia elétrica.

A bicicleta consiste em um meio de transporte muito utilizado pelos estudantes para se deslocarem até a escola. Nesse contexto, esta atividade prática de física possibilitou a aplicabilidade dos conceitos eletromagnéticos no cotidiano daqueles que a utilizam [5] ou vivenciavam o uso desse meio de transporte, além de viabilizar a

construção de um dispositivo que poderia ser empregado como fonte de energia para obter carga para os telefones celulares. Considerando que as bicicletas operam com uma velocidade média de, aproximadamente, 20 km/h, a energia associada ao movimento das rodas

pode ser convertida em energia elétrica valiosa, possibilitando, portanto, o carregamento da bateria dos telefones celulares.

Em geral, as bicicletas não estão equipadas com acessórios como carregadores para celulares, além disso, estes equipamentos têm custo elevado. Caso a bicicleta estivesse equipada com este dispositivo, ela poderia carregar o celular quando estivesse em movimento. Dessa forma, a proposta foi desafiar os estudantes a usarem o lixo eletrônico articulado às suas necessidades.

De acordo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, fundamentada na aprendizagem cognitiva, o ensino deve considerar os conhecimentos prévios do estudante. Com base nesta teoria, o processo de aprendizagem demanda que o aluno assumira papel ativo, sendo o protagonista na investigação, na exploração e na criação do conhecimento. Nesse cenário de ensino-aprendizagem, o professor atua como mediador: a ele cabe a tarefa de identificar o que o aprendiz traz no seu cognitivo e de incentivá-los a associar esses conhecimentos ao mundo da física e a observar a sua funcionalidade no mundo real.

Consideramos também que a interação social é imprescindível na construção do saber, de forma que a dialogicidade entre os pares torna o conhecimento mais rico, oportunizando-lhes a troca de vivências e, tornando-o mais significativo, em acordo com as ideias de Paulo Freire sobre o processo educacional. Os teóricos citados neste trabalho ajudaram a entender o processo de ensino-aprendizagem e a conceber e organizar a sequência de atividades práticas, além de fornecer o embasamento teórico que permitiu compreender os resultados obtidos com a atividade prática.

Nesse sentido, o presente artigo tem como enfoques apresentar e discutir a atividade prática realizada em sala de aula como proposta para estimular a criatividade dos alunos, despertar vocações, estabelecer laços de confiança e conscientizá-los sobre os impactos da poluição no meio ambiente.

2. A Aprendizagem Significativa de David Ausubel

A teoria de David Ausubel está direcionada aos aspectos da aprendizagem cognitiva e estuda o armazenamento organizado de informações na mente daquele que aprende, ou seja, em sua estrutura cognitiva. Essa estrutura é

Este artigo tem como enfoques apresentar e discutir a atividade prática realizada em sala de aula como proposta para estimular a criatividade dos alunos, despertar vocações, estabelecer laços de confiança e conscientizá-los sobre os impactos da poluição no meio ambiente

considerada um conjunto de informações, ideias e conceitos existentes de forma hierárquica. Nela, ancoram-se as novas ideias que são internalizadas e apreendidas.

A aprendizagem amplia a estrutura cognitiva através da incorporação de novas ideias, em um processo que varia do modo mecânico para o significativo. Ausubel enfatiza a Aprendizagem Significativa na qual as novas ideias se relacionam com as já existentes na estrutura cognitiva, ação essa que não ocorre de forma arbitrária ou mecânica, mas de forma lógica: as informações são ancoradas em estruturas já existentes.

Segundo Moreira [6, 7], Ausubel denomina Aprendizagem Significativa como a relação existente entre conhecimentos prévios, isto é, aqueles que o indivíduo tem na sua bagagem e informações (conceitos, leis e aplicações) que são identificadas como algo novo, novas ideias.

De acordo com a teoria de Ausubel, para que ocorra uma aprendizagem significativa, o professor poderá iniciar o processo identificando o conhecimento prévio dos alunos, intitulado como “subsunçor”. Estes subsunçores permitem que o conhecimento seja assimilado. Além disso, o aluno pode, nesse estágio, criar novos conhecimentos ou, ainda, modificar os velhos, pois a aprendizagem é dinâmica. Segundo Moreira [6, p. 26]:

a clareza, a estabilidade e a

organização do conhecimento prévio em um dado corpo de conhecimentos, em um certo momento, é o que mais influencia a aquisição significativa de novos conhecimentos nessa área, em um processo interativo no qual o novo ganha significados, se integra e se diferencia em relação ao já existente que por sua vez, adquire novos significados fica mais estável, mais diferenciado, mais rico mais capaz de ancorar novos conhecimentos.

Como consequência, o ensino de física torna-se prazeroso quando há uma motivação, interação e assimilação de conceitos e, com isso, o aluno é capaz de ancorar novas ideias aos seus respectivos subsunçores.

3. A filosofia de Paulo Freire

A interação em sala de aula entre professor e aluno, dois sujeitos participativos no processo de ensino-aprendizagem, acontece através do diálogo, que, por sua vez, pode ser definido, segundo Paulo Freire [8], como:

(...) o encontro entre os homens, intermediado pelo mundo, para nomear esse mundo. Se é por meio da palavra, ao nomear o mundo, que os homens o transformam, o diálogo se impõe co-

mo o caminho pelo qual os homens encontram o significado de serem homens. Logo, o diálogo se constitui como uma necessidade existencial (...) não pode se limitar ao fato de uma pessoa “depositar” ideias em outra, como também não pode se tornar uma simples troca de ideias, que “seriam consumidas” por aqueles que estão conversando. Também não consiste numa discussão hostil [...] na imposição da própria verdade [8, p. 135–136].

O diálogo do professor com o aluno não pode ser construído de maneira autoritária, pois o conhecimento não é meramente transferido ou aceito como uma única verdade. Este é um momento de discutir, conhecer a ideia do outro, criar possibilidades de novos conhecimentos, fazer o novo e recriar o velho. Em sala de aula, os dois lados aprenderão juntos um com o outro e, para isso, é necessário que as relações sejam afetivas e democráticas, garantindo a todos a possibilidade de se expressarem.

A Tabela 1 foi retirada da dissertação de Mestrado de autoria de Itevaldo Pereira [9] e contém um comparativo entre as ideias centrais da filosofia de Paulo Freire e da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, bem como as suas implicações para o processo de ensino-aprendizagem.

Salienta-se que a teoria de Ausubel

Tabela 1: Olhar de Ausubel e de Freire sobre o processo de ensino-aprendizagem. Fonte: Ref. [9].

Ausubel	Paulo Freire
Ponto de partida para o ensino	
<ul style="list-style-type: none"> • Considerar os conhecimentos prévios dos educandos. • O professor deve levar em consideração o que o aluno já sabe para ensiná-lo adequadamente; • O material utilizado pelo aluno deve ser “potencialmente significativo”; • O novo material de ensino deve encontrar “ancoradouro” na estrutura cognitiva do educando; • Importância da linguagem; • Considera a aprendizagem mecânica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura de mundo: conhecimento adquirido ao longo da vida; • Levar os estudantes a se posicionarem criticamente em relação à sua realidade; • Proporcionar mudança de postura dos educandos frente a problemas do contexto; • O novo material, para ser significativo, precisa ser relacionado à experiência de vida do educando; • Atribui importância ao diálogo; • Desconsidera a aprendizagem mecânica.
Modelo de Educação	
<ul style="list-style-type: none"> • Baseado na aprendizagem cognitiva; • Considera o que o sujeito já apresenta de “subsunçor”; • Associa os subsunçores ao novo conteúdo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baseia-se na problematização entre sujeito e sua relação com o mundo; • Concepção dialógica no processo ensino-aprendizagem; • Parte da relação social do educando; • Educador e educando aprendem juntos.
O Aprender Significativamente	
<ul style="list-style-type: none"> • Relacionado ao processo cognitivo, segundo o qual a organização e integração do conhecimento se processam; • Ocorre no ambiente escolar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alicerçado em base humanista relacionada às experiências de mundo, como culturais, políticas, históricas e sociais; • Ocorre no ambiente escolar e no meio social.

admite que a aprendizagem mecânica pode ser uma ferramenta útil, por exemplo, para criação de subsunçores que possibilitem a ancoragem de novos conhecimentos. Esta não é uma possibilidade que encontre amparo nas ideias de Paulo Freire.

Em ambos os olhares, tanto de Paulo Freire como de Ausubel, o aluno torna-se sujeito na busca e na compreensão do seu próprio conhecimento quando o professor cria possibilidades e permite o protagonismo do discente.

4. Materiais e métodos

Para a realização da atividade prática, foi crucial a identificação de subsunçores que os estudantes já tinham em suas estruturas cognitivas. Neste caso, os subsunçores eram os objetos de conhecimentos trabalhados durante as aulas de física, tais como: tipos de energia e suas transformações, força elétrica, corrente elétrica, campos elétrico e magnético, força eletromagnética, força magnética sobre cargas elétricas, força magnética sobre condutores retilíneos conduzindo correntes elétricas e força magnética sobre espiras inseridas em campo magnético uniforme e conduzindo correntes elétricas.

A proposta foi desenvolvida no Ensino Médio regular da rede estadual de ensino do TO, com 18 alunos que cursavam o segundo semestre do ano letivo de 2018 e teve por finalidade explorar a aplicação prática dos tópicos de eletromagnetismo discutidos em sala de aula.

4.1. Primeiro momento

A atividade prática buscou, inicialmente, trabalhar a habilidade EM13CNT106 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias conforme a BNCC, de forma que os alunos conseguissem adquirir a competência geral “Conhecimento”, ou seja, descrever o movimento de uma partícula carregada em um campo magnético e calcular a força de um campo magnético em um fio condutor de corrente. Segue o roteiro da aula:

Modalidade: Ensino Médio

Série: 3º

Área de conhecimento: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Componente curricular: Física

Competência geral: Conhecimento

Competência específica: 1 - Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e

melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Habilidade: (EM13CNT106) - Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

Objetivo(s) de conhecimento: Força magnética sobre carga elétrica (regra da mão esquerda); força magnética sobre um condutor retilíneo; motores e geradores elétricos.

Recursos didáticos e tecnológicos: Livro, retroprojektor, *notebook*, quadro e pincel.

Duração sugerida: 2 horas/aula

Metodologia/Procedimento

1º passo: É importante, quando se inicia a aula, demonstrar aos alunos que, no cotidiano, estão presentes motores elétricos em inúmeros aparelhos. E para conhecer o funcionamento dos motores elétricos, é necessário lembrar do conceito de ímãs e de materiais magnéticos, o qual já deve ter sido discutido. Os discentes devem estar familiarizados com representações por desenhos ou imagens das linhas de indução de campo, as quais podem, inclusive, serem visualizadas por meio do uso de limalhas de ferro.

A Fig. 1 representa a regra da mão esquerda que indica a força magnética (F_m) por meio do dedo polegar, que é perpendicular ao campo magnético (B) representado pelo dedo indicador e fazendo um ângulo θ com a direção do vetor velocidade (v), o qual está associado ao dedo médio.

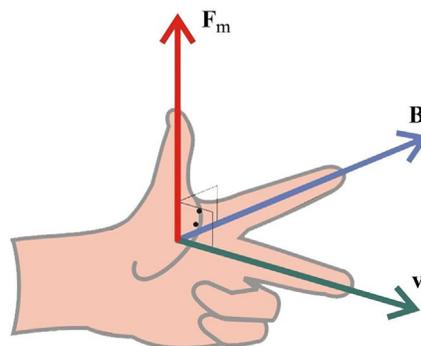


Figura 1 - Imagem da regra da mão esquerda. Fonte: Disponível em: <https://pir2.forumeiros.com/t136668-regras-da-mao-esquerda>.

Matematicamente, o módulo da força magnética é representado pela Eq. (1).

$$F_m = |q| v B \text{ sen } \theta. \quad (1)$$

Nesse momento, busca-se conceituar a força magnética atuando em uma carga elétrica, por exemplo, aquela que atua na deflexão de um feixe de elétrons. O que se intitulou como regra da mão esquerda permite obter a direção e o sentido da força magnética atuando em uma partícula carregada. Note-se que ela é sempre perpendicular ao plano definido pelos vetores campo magnético e a velocidade da partícula.

Um outro exemplo interessante para mencionar está relacionado à área da saúde. Especificamente, pode-se discutir o funcionamento das máquinas de ressonância magnética, que têm um forte campo magnético que permite criar imagens para diagnósticos sem prejudicar a saúde da maioria dos pacientes. Sugerimos que o professor discuta o uso da regra da mão esquerda, muito utilizada na visualização do produto vetorial e cujo módulo está representado na Eq. (1), mas está aplicada na análise da direção da força magnética que permite a formação das imagens em um exame de ressonância magnética. Com esse aprendizado, os estudantes conseguem, de forma contextualizada, compreender os conceitos da força magnética em um condutor com corrente, assim como explorar os fenômenos físicos relativos à força em um fio condutor de corrente.

Para determinar a força magnética atuando em um fio condutor, é necessário saber a quantidade de carga movendo-se através dele. Neste momento, é oportuno revisar os conceitos por meio de questionamentos como: “Quais são as cargas que estão se movendo no fio?”. Para essa resposta, em um fio condutor normal, os portadores de carga são os elétrons. Especificamente, para o cálculo da força magnética (ver Eq. (2)), é preciso conhecer o valor associado à carga (q) de um elétron, o número (n) de elétrons livres, a velocidade de desvio na qual eles se movem ao atravessarem o fio condutor de comprimento (l) e em um intervalo de tempo (Δt). Com isso, a expressão que permite obter o módulo da força magnética atuando no fio condutor fica dada por:

$$F_m = n e \frac{l}{\Delta t} B \text{ sen } \theta, \quad (2)$$

sendo que a corrente elétrica é dada por

la expressão (ver Eq. (3))

$$i = \frac{n e}{\Delta t} \quad (3)$$

Substituindo a Eq. (3) na Eq. (2), obtém-se a expressão final para a intensidade da força magnética em um condutor retilíneo, como mostra a Eq. (4).

$$F_m = i l B \sin \theta. \quad (4)$$

2º passo: O professor deve exemplificar o uso das expressões obtidas no 1º passo com atividades, possibilitando aos discentes a compreensão, de forma conjunta, da parte operacional e dos conceitos físicos envolvidos.

3º passo: O docente deve interagir com os alunos e iniciar um diálogo acerca dos tipos de motores mais comuns no cotidiano. Questões como: “Alguém pode pensar em itens diferentes que têm motores?” são bem-vindas para conduzir as discussões. Os princípios físicos envolvidos no funcionamento de motores elétricos devem ter destaque.

O uso de exemplos de aplicações em equipamentos com os quais os discentes têm contato diário também é importante. Neste ponto, deve-se mencionar que, muitas vezes, estes motores estão sendo descartados de forma inadequada e esclarecer aos discentes que é desejável que esses materiais sejam reutilizados.

Avaliação: Sugere-se, aqui, que o processo de avaliação ocorra durante a interação com os discentes. Enquanto ministram-se as aulas, o uso de perguntas específicas consiste em uma boa ferramenta para sondar a compreensão dos assuntos abordados. Como exemplo, sugerem-se questões como: “Quais itens da sua casa operam utilizando motores elétricos?”; “Que papel o motor desempenha em cada dispositivo? O que o faz girar?”; “Um ímã em movimento pode criar uma corrente elétrica?”; “A corrente elétrica não cria um campo magnético?”; entre outras.

4.2. Segundo momento

Nesse segundo momento, buscou-se trabalhar com a mesma habilidade, EM13CNT106, e a competência geral da BNCC “Pensamento Científico, Crítico e Criativo” de forma que consiga aplicar

o conhecimento adquirido para construir modelos embasados no uso da criatividade com o intuito de conseguir executar a construção de um carregador de celular a partir de lixo eletrônico.

Competências geral: Pensamento Científico, Crítico e Criativo

Competência específica: 1 - Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Habilidade: (EM13CNT106) - Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

Objeto(s) de conhecimento: Força magnética sobre carga elétrica (regra da mão esquerda); força magnética sobre um condutor retilíneo; espira regular em campo magnético uniforme.

Recursos didáticos e tecnológicos: Computador, lixo eletrônico da escola, *smartphone* e internet.

Duração sugerida: 2 horas/aula.

Metodologia/Procedimento

1º passo: após os alunos terem contato com conceitos físicos relativos à ação do campo magnético sobre as cargas elétricas, será lançado uma proposta como desafio e que tem por objetivo despertar a curiosidade dos alunos e motivá-los a pôr em prática os conhecimentos adquiridos. A interferência do professor deve ser reduzida, visando proporcionar eles a possibilidade de serem protagonistas do saber, colocando-os em uma situação na qual podem se tornar confiantes e possibilitar a aquisição de liberdade para inventar e criar seu próprio material de estudo.

Para desenvolver a atividade prática, contou-se com o apoio da escola, a qual tem, em seu projeto político-peda-

gógico, um projeto de reciclagem de lixo eletrônico. Os equipamentos eletrônicos descartados são a fonte para obtenção de componentes eletrônicos que podem ser utilizados em experimentos de física. O local de armazenamento destes equipamentos é o Laboratório Didático de Física.

Possibilitar aos alunos o envolvimento com as práticas experimentais e promover alguma autonomia intelectual durante as aulas de física é uma estratégia interessante para a promoção de Aprendizagem Significativa. Dar aos discentes a possibilidade de investigar e, ao mesmo tempo, criar estratégias para tentar solucionar algum problema proposto foram metodologias adotadas para o desenvolvimento das atividades da oficina, que é objeto de discussão deste artigo.

O desafio proposto aos alunos foi a solução de uma problemática que, eventualmente, seria comum no cotidiano, ou seja, projetar e construir um carregador de celular feito com um motor elétrico de impressora em conjunto com um carregador móvel veicular.

A estratégia didática consistiu em dividir os 18 alunos em grupos, os quais deveriam, no máximo, 6 estudantes, de forma a viabilizar as tarefas de pesquisa e busca pelos componentes necessários para construir o carregador de celular utilizando o depósito de lixo eletrônico da escola. A lista dos materiais necessários para a realização da atividade era:

- um motor elétrico de impressora (deve ser usado para gerar energia ao carregador);
- um cabo USB veicular (usado para carregar o celular);
- fios para circuitos (usados para ligar o carregador USB ao motor elétrico);
- um pedaço de madeira com dimensão entre 10 e 15 cm (usado para fixar o motor elétrico na parte traseira do quadro da bicicleta);
- abraçadeira de *nylon* (usada para fixar o motor e a madeira na parte traseira do quadro da bicicleta);
- multímetro (usado para testar os componentes elétricos e assegurar que estão em condições de uso);
- um cabo USB (usado para conectar o carregador USB ao celular);
- celular (equipamento que irá receber a carga gerada);
- solda para a placa e os fios (para conexão do motor elétrico à placa do carregador USB veicular);
- uma bicicleta.

O professor deverá ser um mediador dessa atividade, proporcionando aos alunos a possibilidade de conceberem estratégias convenientes que permitam criar o carregador e acoplá-lo à bicicleta. Caso seja necessário, o docente poderá revisar conceitos, porém, se os alunos tiverem acesso à internet, recomenda-se deixá-los coletar informações e utilizá-las para tentar solucionar o problema proposto.

Avaliação: deverão ser avaliados o engajamento e a interação dos alunos para a realização da atividade, bem como o projeto concebido para tal fim, que são as ações planejadas e que permitiram construir o carregador de celular empregando apenas componentes eletrônicos retirado do lixo eletrônico disponível. É fundamental que o professor esteja atento à descrição do processo de conversão de energia que ocorre na operação do dispositivo e verificar se os discentes são capazes de realizar a correta associação com conhecimentos apresentados na aula anterior.

5. Resultados e discussões

No decorrer de todas as etapas do projeto, estávamos interessados em estimular a curiosidade dos estudantes a respeito dos fenômenos físicos e da relação deles com a vida cotidiana. Após a aplicação da oficina, avaliou-se que o resultado obtido era satisfatório: os discentes foram capazes de planejar e executar o experimento proposto e, somado a isso, obtiveram sucesso em explicar o funcionamento do dispositivo construído com os conceitos físicos que foram discutidos nas aulas tradicionais [10, 11]. Além disso, eles tiveram a oportunidade de debater a preocupação com a preservação do meio ambiente e, a utilização de lixo eletrônico e, principalmente, desenvolveram alternativas de baixo custo e que são eficientes para geração de energia elétrica, o que pode beneficiar pessoas que não têm condições financeiras para comprar o acessório produzido.

Inicia-se aqui a discussão dos detalhes relativos ao desenvolvimento da oficina proposta. Conforme relatado anteriormente, a confecção do carregador de celular foi realizada com materiais pertencentes ao lixo eletrônico armazenado no Laboratório Didático de Física. Neste espaço, os discentes encontraram uma impressora desativada e na qual existia um motor elétrico, como mostrado na Fig. 2. Eles foram responsáveis por todas as manipulações técnicas necessárias para extrair o componente

eletrônico de interesse.

Ressalta-se aqui que, nesse momento, em decorrência das aulas teóricas, os participantes da oficina já sabiam que o motor retirado da impressora era capaz de converter energia elétrica em energia mecânica. Segundo Calçadas [12, p. 101], “qualquer dispositivo elétrico que, ao ser atravessado pela corrente elétrica, transforma a energia elétrica em outra forma de energia, que não seja exclusivamente a térmica, é denominada receptor elétrico”. Neste momento, houve interação dialógica entre os grupos e, algumas vezes, com o professor. Exemplos de diálogos estabelecidos foram:

1 *De que formas essa energia pode ser aproveitada?*

A resposta a que chegaram foi que a maioria decidiu confeccionar um carregador de celular.

2 *Como gerar energia usando o motor?*

Sabendo que o motor gera energia com a rotação em seu eixo, eles decidiram, em maioria, utilizar uma bicicleta, onde o motor será fixado na parte traseira do quadro e a roda teria a função de fazer o eixo girar.

3 *Quais materiais necessariamente teriam que encontrar para construir o carregador?*

Os alunos tiveram de pesquisar em vários sites e na plataforma de compartilhamento de vídeos YouTube, para saber quais materiais são necessários para confeccionar um carregador de celular e, conseqüentemente, tiveram que procurar no lixo eletrônico os elementos necessários para realizar o projeto.

Os questionamentos foram norteadores das discussões e permitiram que os alunos chegassem ao resultado final, ou seja, a construção do carregador de celular. Entretanto, no momento dos questionamentos, o professor, como mediador, apresentou estratégias alternativas e contribuiu, de forma relevante, para que os grupos pudessem chegar a um consenso e solucionar o problema proposto. Acreditamos que o experimento constitui uma boa estratégia pedagógica que pode contribuir para a solidificação dos conceitos físicos estudados, como defende Moreira [6]. Segundo ele, a Teoria de Aprendizagem



Figura 2 - Alunos desmontando a impressora.

de Ausubel preconiza que os conhecimentos prévios dos alunos têm o potencial de possibilitar que o processo de aprendizagem seja mais rico e os torna capazes de fundamentar novos significados.

Depois de removido o motor elétrico, utilizou-se um multímetro digital, ou seja, um dispositivo que pode medir valores de tensão e corrente elétrica para testar se o motor elétrico estava em condições de ser manipulado. Os discentes averiguaram que ele estava em condições adequadas e que seria possível empregá-lo como peça fundamental do dispositivo que planejam construir.

Dando sequência aos trabalhos, utilizou-se, para o circuito, um carregador de celular veicular USB, que foi testado com o multímetro para se certificar do estado de uso dele. O dispositivo estava em boas condições e foi, posteriormente, conectado a dois fios do motor, sendo soldado e isolado para que não houvesse contato entre os fios, como mostra a Fig. 3.

O motor elétrico da impressora foi fixado com uma abraçadeira de nylon a uma plataforma de madeira e preso à parte traseira do quadro da bicicleta e nas proximidades da localização da roda traseira. Feito isso, os discentes, empregando abraçadeiras de nylon, montaram o carregador novamente e o fixaram na plataforma. Foi crucial garantir que a engrenagem do eixo do motor estava em contato com o pneu e que não houvesse nenhuma vibração para não danificar a estrutura montada, como mostra a Fig. 4.

Finalmente, o cabo USB do celular foi conectado ao carregador e, com o movimento do pedal da bicicleta, foi possível exercer uma força e, conseqüentemente, gerar energia cinética responsável por produzir a rotação do motor e, como desfecho, obteve-se uma



Figura 3 - Motor elétrico da impressora conectado ao carregador de celular veicular USB. Peça de madeira utilizada para fixar o conjunto à parte traseira do quadro da bicicleta.



Figura 4 - Motor elétrico fixado na plataforma de madeira acoplado na roda traseira.

quantidade de carga suficiente para alimentar a bateria do celular. Os detalhes podem ser visualizados na Fig. 5.

Os discentes tiveram contato prático com conceitos físicos discutidos durante as aulas teóricas e, experimentalmente, viabilizaram o comportamento do motor da impressora como um gerador: recebendo energia mecânica e ge-



Figura 5 - Carregamento do celular utilizando o dispositivo confeccionado pelos discentes.

rando energia elétrica. Uma corrente elétrica tem sempre um campo magnético associado a ela e, se criarmos uma variação do fluxo magnético, gera-se corrente elétrica, princípio básico que embasa o funcionamento do motor e do gerador elétrico.

Durante toda a execução do experimento, os alunos demonstraram interesse e motivação. Possivelmente, o entusiasmo foi proveniente da função de protagonismo assumida por eles ao manusearem e desenvolverem o próprio experimento. Esta dinâmica, em nossa opinião, foi o que despertou o interesse e a curiosidade deles pela física e pelos seus fenômenos presentes no cotidiano e tão próxima das vivências e experiências mundanas de cada deles.

Como professores, ao final do projeto, observamos que há alternativas

produtivas e muito mais eficazes para o processo de ensino-aprendizagem se comparado ao tradicional papel de professor detentor de todo o conhecimento com uma verdade única e absoluta, colocando o docente na posição de um mero detentor de todo o saber. Esta experiência com a oficina corrobora com a hipótese de não plausibilidade da

aprendizagem bancária na qual o aluno é um receptor de conhecimento. O que existiu e o que deve sempre existir é uma relação cooperativa, uma troca de experiências e conhecimentos entre o professor e o aluno como dois sujeitos participativos no processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, avaliamos que a oficina foi uma atividade proveitosa e que permitiu uma discussão de conceitos físicos de forma contextualizada, aproximando a física discutida em sala de aula da atividade cotidiana dos discentes. Acreditamos que esta é uma estratégia eficaz na busca por uma aprendizagem significativa, considerando os discentes como membros ativos do diálogo.

6. Conclusões

Com as atividades teóricas e práticas apresentadas no decorrer deste trabalho, buscou-se incentivar e desafiar o aluno, por meio da interação e da investigação, a desenvolver e criar possibilidades e aplicabilidades técnicas estando apoiado nos conhecimentos previamente discutidos em sala de aula. O discente é convidado a aperfeiçoar e melhorar seus modelos de comportamento da natureza e a ele cabe o papel fundamental na construção do próprio saber. Ao professor está associada a importante tarefa da mediação entre o saber científico e o saber escolar, além de possibilitar um ambiente favorável para o aprender.

Nosso julgamento é de que a execução proveitosa do projeto demonstrou que os discentes se apropriaram de conceitos, leis e teorias apresentadas, o

que pode ser um forte indício de aprendizagem significativa.

Outro ponto a se destacar é uma mudança na práxis docente: o professor deu aos alunos a autonomia necessária para que resolvessem o problema proposto usando criatividade e aperfeiçoando um novo conhecimento de física. O discente deixa de ser passivo e se torna ativo na procura do saber científico, o que só se concretiza a partir do momento que o professor consegue abandonar a práxis do tradicionalismo e adere a um formato de aulas mais dinâmicas e interativas. A experiência nos permite avaliar que a metodologia utilizada foi satisfatória, porque possibilitou aos alunos uma compreensão dos conteúdos que culminou na utiliza-

ção prática. A cooperação entre eles é outro ponto de destaque e permitiu a eles que interagissem e traçassem estratégias de soluções de problemas com a mínima interferência do professor.

Um dos objetivos da atividade proposta era discutir com os discentes sobre a importância de contribuir com a preservação do meio ambiente por meio da utilização de lixo eletrônico. Este é um tópico importante e o ensino de ciências preconiza a conscientização e a preservação ambiental, considerando que os alunos possam ser multiplicadores dessa informação, fazendo uma ponte entre meio científico e social.

O que esta experiência de sucesso

nos mostra é que o ensino de física pode ser mais atrativo através de experimentos com materiais acessíveis e de baixo custo e que permitam aos alunos desenvolverem habilidades com o uso de conceitos físicos discutidos em sala de aula, além de debaterem e refletirem sobre problemas importantes para a vida em sociedade. Se a física está envolvida na solução de questões comunitárias importantes, a escola está cumprindo o papel de formar um cidadão atuante e com conhecimento para intervir na realidade que o cerca, encarregando-se, assim, de um dos seus papéis de destaque.

Recebido em: 21 de Outubro de 2005

Aceito em: 9 de Março de 2022

Referências

- [1] Onu, *Mundo produzirá 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano até 2050, diz relatório*. Disponível em <https://nacoesunidas.org/mundo-produzira-120-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-por-ano-ate-2050-diz-relatorio/>, acessado em 19/06/2020.
- [2] Brasil, *Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm, acessado em 09/05/2020.
- [3] A.E.F. Schmidt, M.D. Koehler, in *Anais do III Encontro Nacional de Computação dos Institutos*, Porto Alegre, 2020, p. 13-16. doi
- [4] Brasil, *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf, acessado em 06/05/2022.
- [5] R.L. Almeida, *Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos: Contextualizando de Forma Significativa o Estudo da Eletricidade*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- [6] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa: A Teoria e Textos Complementares* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2011), 1st ed.
- [7] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa* (Editora da Universidade de Brasília, 1998), 1st ed.
- [8] P. Freire, *Conscientização* (Tradução de Tiago José Risi Leme) (Editora Cortez, São Paulo, 2016), 1st ed.
- [9] I. Pereira, *Elementos de Eletrodinâmica Associados aos Aspectos Gerais do Lago Paranoá*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Brasília, Brasília, 2016.
- [10] M.S. Morais, *Avaliação da Aprendizagem em Disciplinas Experimentais: Uma Proposta*. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química, Universidade Federal Brasília, Brasília, 2016.
- [11] M. Ludke, M. André, *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 2013), 1st ed.
- [12] C.S. Calçada, J.L. Sampaio, *Eletricidade - Física (Ensino Médio)* (Editora Atual, São Paulo, 1998), 1st ed.