

O lifter como experimento didático sobre propriedades elétricas

The lifter as a didactic experiment on electrical properties

Alana Bibiane Prudente Gama¹ - alanabibiane@unifei.edu.br

Adhimar Flávio Oliveira¹ – adhimarflavio@unifei.edu.br

Agenor Pina da Silva¹ – agenor@unifei.edu.br

¹ Universidade Federal de Itajubá, Avenida BPS, 1303 – Pinheirinho, Itajubá- MG, 37500-903

Recebido em 22 de Março de 2023; Aprovado em 14 de Maio de 2023

RESUMO: O objetivo deste trabalho é descrever a aplicação de uma atividade experimental realizada em uma escola de ensino médio de Itajubá, MG. O experimento em questão é um Lifter – levitador elétrico – que permite discutir fenômenos elétricos além de ilustrar o mecanismo de levitação, que desperta muita curiosidade dos estudantes. O experimento Lifter é uma demonstração de física que utiliza um alto potencial elétrico e um campo elétrico de alta frequência para gerar força de levitação. Esse experimento pode ser contextualizado como uma aplicação do conhecimento da física para criar dispositivos que utilizam as propriedades dos campos elétricos para gerar forças. Além disso, ele apresenta um fenômeno interessante que pode ser observado e medido, permitindo que estudantes e pesquisadores aprofundem sua compreensão da física e desenvolvam habilidades experimentais. O experimento Lifter também pode ser contextualizado dentro do contexto da exploração espacial, uma vez que o dispositivo de levitação pode ser usado para mover objetos sem a necessidade de combustível ou propulsão mecânica. A levitação é ocasionada por forças que surgem quando capacitores assimétricos são submetidos a altas tensões. O experimento foi de natureza demonstrativa e o trabalho desenvolvido ocorreu com a apresentação e discussão dos conceitos físicos envolvidos na atividade experimental. A atividade foi gravada em áudio e as falas foram analisadas após as transcrições. Verificou-se o grande interesse dos participantes, que relacionaram o voo provocado pelo movimento das moléculas ionizadas com diversos exemplos do cotidiano, como transformadores, carregadores de celular, transporte utilizando levitação e outros assuntos que foram levantados no desenvolvimento do trabalho.

Palavras-chave: Experimentação, Atividade demonstrativa, levitação, capacitor assimétrico, Lifter

ABSTRACT: This work aims to describe the application of an experimental activity carried out in a high school in Itajubá, MG. The experiment in question is a Lifter – an electric levitator – which allows discussion of electrical phenomena and illustrates the mechanism of levitation, arousing a lot of curiosity among students. The Lifter experiment is a physics demonstration that uses a high electric potential and a high-frequency electric field to generate levitation force. This experiment can be contextualized as an application of physics knowledge to create devices that use the properties of electric fields to generate forces. Furthermore, it introduces an interesting phenomenon that can be observed and measured, allowing students and researchers to deepen their understanding of physics and develop experimental skills. The Lifter experiment can also be contextualized within the context of space exploration, as the levitation device can be used to move objects without the need for fuel or mechanical propulsion. Levitation is caused by forces that arise when asymmetric capacitors are subjected to high voltages. Levitation is caused by forces that arise when asymmetric capacitors are subjected to high voltages. The experiment was demonstrative in nature and the work carried out involved the presentation and discussion of the physical concepts involved in the experimental activity. The activity was recorded in audio and the speeches were analyzed after transcription. There was great interest from the participants, who related the flight caused by the movement of ionized molecules with several everyday examples,

such as transformers, cell phone chargers, transport using levitation, and other issues that were raised in the development of the work.

Keywords: Experimentation, Demonstration activity, levitation, asymmetric capacitor, Lifter

INTRODUÇÃO

No início da década de 70 do século XX começaram a surgir museus e centros de ciências que têm por característica a apresentação de demonstrações experimentais aos seus visitantes (GASPAR, 2002). Isto resgatou e valorizou a abordagem de demonstrações experimentais em sala de aula, uma vez que elas eram vistas como sem relevância pedagógica pela abordagem de ensino tradicional, pois há indícios de que elas têm um impacto¹ na aprendizagem de conceitos e no desenvolvimento cognitivo, assim sendo validadas como pedagogicamente relevantes. As atividades experimentais são relevantes uma vez que possibilitam a troca e a interação entre os próprios alunos, através do trabalho em equipe, desenvolvendo os conceitos de forma ativa (BENETTI et al. 2013). O uso de atividades experimentais contrapõe-se ao ensino expositivo, em que o aluno é um sujeito passivo e o professor é o detentor de todo o conhecimento, onde são valorizados a memorização, a repetição e a realização de exercícios (MONTEIRO et al. 2021).

Entende-se como “atividade de demonstração” toda e qualquer atividade realizada que não se utilizasse do meio tradicional de aula expositiva, seja por uso de experimentos, exibição de filmes e documentários ou por uma simples apresentação de slides. As atividades de demonstração em museus podem ser apresentadas em outros locais além da sala de aula, como museus, conferências e palestras (GASPAR, 2005).

De acordo com Pinho Alves Filho (2002), a função básica das atividades demonstrativas é ilustrar tópicos trabalhados em sala de aula. No entanto, não se excluem outras funções, tais como complementares conteúdos tratados em aulas teóricas; facilitar a compreensão; tornar o conteúdo agradável e interessante; auxiliar o aluno a desenvolver habilidades de “observação” e “reflexão” e apresentar “fenômenos físicos”

Para Bassoli (2014), o professor tem um papel central na atividade, pois cabe a ele problematizar as demonstrações práticas de modo a propiciar o engajamento intelectual dos alunos com os objetos e

¹http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Ciencias/Artigos/9_experimentais_sala_aula.pdf

fenômenos apresentados. Os alunos podem ser organizados em grupos para discutir determinadas questões que envolvam os objetos de estudo, favorecendo, assim, a interatividade social (BASSOLI, 2014, p. 582).

Considerando-se a importância da atividade experimental, pode-se lançar o seguinte questionamento a professores e alunos: "A atividade experimental é importante?", e de fato a resposta que será dada é "sim". Nota-se, então, que há um consenso da importância da experimentação, porém poucas são ações concretas neste sentido, uma vez que quase ninguém a realiza. Então, por que quase nenhum deles a utiliza? Dentre as dificuldades mais comuns, pode-se citar a falta de tempo suficiente porque são poucas as aulas de Física, os materiais disponíveis são escassos ou até inexistentes, as escolas não dispõem de espaço físico adequado à experimentação, falta de equipamentos, dentre outras. Em concordância com a consideração tem-se o que foi descrito por Borges (2002):

Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre às quais cabe mencionar

o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para aquisição de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção. São basicamente as mesmas razões pelas quais os professores raramente utilizam os computadores colocados nas escolas. Muitos deles até se dispõem a enfrentar isso, improvisando aulas práticas e demonstrações com materiais caseiros, mas acabam se cansando dessa tarefa inglória, especialmente em vista dos poucos resultados que alcançam (BORGES, 2002, p.294).

Diversas pesquisas já vêm investigando sobre a viabilidade da utilização de experimentos de demonstração para o ensino de Física no ensino básico, como é o caso da pesquisa realizada por Erthal e Gaspar (2006) que realizou atividades experimentais de demonstração para avaliar a possibilidade do ensino de corrente alternada no currículo de Física. Para isso, eles utilizaram as concepções prévias dos alunos sobre corrente alternada, seguindo a teoria sócio histórica de Vygotsky. Ao final da pesquisa os autores verificaram que os alunos adquiriam conhecimento sobre o tema.

Em uma investigação por Passos e Vasconcelos (2022) verificaram que mesmo com todas as dificuldades enfrentados por

professores da componente curricular Química, das escolas públicas do ensino médio, foi possível realizar experimentos para demonstrar os temas abordados em aula. Os autores verificaram que as atividades experimentais de demonstração auxiliam os alunos a construir o conhecimento escolar, a partir de questionamentos, discussões e validações de seus argumentos.

Atualmente, existe um grande desafio de tornar o ensino mais atrativo para os alunos, principalmente em disciplinas com a matemática e a física. Devido a esta busca, muitas pesquisas têm se dedicado a tornar a aprendizagem de conceitos de física mais significativo (BOTARI et al 2022), ou seja, que a aprendizagem deixe de ser apenas um mecanismo mecânico de resolução de problemas abstratos e passe a se relacionar com o cotidiano do aluno. Dentre os focos dessas pesquisas está o uso de tecnologias na experimentação para o Ensino de Física (HECK, 2016). Que envolve a utilização de ferramentas modernas, metodologias ativas de aprendizagem e também a experimentação que é uma atividade que atrai a atenção do aluno (LOVATO et al. 2018).

Jesus et al. (2021) desenvolveram um espectrômetro digital visando suprir atividades experimentais no período de pandemia de Covid 19. Neste trabalho foi

apresentada a construção de um espectrômetro digital a partir de materiais reaproveitados e o uso software Theremino que é gratuito para aquisição de dados, visualização em tempo real e análise posterior. O experimento construído foi concebido com o objetivo de ser utilizado em aulas experimentais demonstrativas no formato remoto e ou presencial em atividades multidisciplinares que envolvam o estudo do espectro eletromagnético de diferentes fontes de radiação e os fenômenos da interação com a matéria. O espectro eletromagnético traz inúmeras informações em pesquisas nas áreas de astronomia, física, química e biologia. O espectrômetro digital auxilia os alunos a entenderem o comportamento da radiação eletromagnética.

Moreira et al. (2018) realizaram uma revisão teórica sobre o uso de experimentos utilizando Arduino no ensino de Física. A pesquisa apresentou uma classificação dos trabalhos nas categorias de propostas didáticas testadas em sala de aula, e propostas didáticas para aplicação em sala de aula e em subcategorias inovação dos laboratórios didáticos, interdisciplinaridade e contextualização, potencializar a aprendizagem dos conceitos físicos, tornar as aulas atraentes e motivadoras, obtenção de dados e difusão do Arduino. Em sua conclusão, verificou-se que nas práticas

experimentais abordadas foram obtidos resultados de pesquisa satisfatórios.

Hachmi et al. (2022) criaram um sistema educacional para demonstrar a difração da luz laser e visualizar graficamente a distribuição da intensidade da luz no espaço. Eles utilizaram uma placa microcontroladora Arduino UNO, o sensor BH1750 e o motor NEMA17 e seu driver A4990. O gráfico dos resultados exibe em tempo real no computador usando o suplemento Data Streamer. O feedback dos participantes na atividade de teste do dispositivo mostrou que eles estavam satisfeitos com seu funcionamento e sua contribuição para o entendimento da difração. Segundo o autor, o dispositivo apresentado pode desempenhar um papel muito importante no aprendizado do fenômeno de difração devido à sua alta precisão e confiabilidade nas medições.

Ferreira et al. (2022) realizaram a aplicação de uma sequência de ensino investigativo sobre as propriedades do ar, no formato remoto, com alunos dos sétimos anos do ensino fundamental em uma escola pública de Goiânia. Para isso, os alunos foram apresentados a três atividades experimentais de baixo custo, de forma a compreender conceitos físicos de forma simples e acessível. A elaboração dos experimentos promoveu discussões, que levaram em consideração conceitos prévios

e observações durante a atividade experimental.

Enfim, diversos outros trabalhos podem ser apresentados para destacar a importância da utilização de atividades experimentais em sala de aula. Como um aspecto comum a todas elas, leva a concluir que a utilização de experimentos em sala de aula torna a aprendizagem significativa, tornando o ensino mais atrativo para os alunos. Neste manuscrito são apresentadas as etapas de construção de um experimento de física que demonstra fenômenos elétricos, que é nomeado como Lifter, e os resultados da aplicação deste em uma turma piloto que evidenciaram durante a experimentação o efeito elétrico denominado "vento elétrico" (MARTINS e PINTO, 2009, BERG 1990). Vale destacar que este trabalho foi realizado no âmbito do projeto PET Formação de professores em Ciências Exatas da UNIFEI e que procurou incorporar algumas características relacionadas às atividades experimentais demonstrativas enfatizadas por autores indicados no texto, como, por exemplo, auxiliar o aluno a desenvolver habilidades de "observação" e "reflexão" e apresentar "fenômenos físicos", trabalhar de forma a promover a interatividade social (aluno-aluno e aluno-professor), permitindo que sejam construídos questionamentos, discussões e validações de seus argumentos

e, com recomendado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), estimular os alunos a interpretar informações, relacionando conhecimento científico com aspectos do seu cotidiano, isso é, permitir que os alunos relacionem o conhecimento apresentado com situações vividas fora da sala de aula, permitindo que eles utilizem informações prévias, do seu cotidiano, na construção do conhecimento.

METODOLOGIA

Construção do experimento

O Lifter (levitador) é um capacitor assimétrico constituído por dois eletrodos de geometrias diferentes (Figura 1), um com grande área (uma placa metálica) e outro com área muito pequena (um fio). Quando aplicamos uma alta tensão aos terminais desses eletrodos ocorre o impulso iônico devido a interação de íons com o meio, chamado efeito Biefeld-Brown (KUHLEN et al, 2007). Este efeito gera uma força que é a responsável por fazer o capacitor flutuar em pleno ar (SISWANTO e NGUI, 2011, HUANG et al. 2022). Esta força tem o sentido do eletrodo de dimensão maior para o de menor dimensão (Figura 1). O efeito foi nomeado pelo inventor Thomas Townsend Brown que afirmou ter feito uma série de experimentos com o professor de astronomia Paul Alfred Biefeld, um ex-professor na Denison University em Ohio

(CHEN et al. 2013, CATTANI et al. 2015, EINAT e KALDERON, 2014).

Na Figura 1 é apresentado o esquema que foi seguido para a montagem do Lifter utilizado neste trabalho. A geometria utilizada na construção do Lifter é triangular (triângulo equilátero) e os eletrodos são formados por papel alumínio e fio de cobre esmaltado de diâmetro 0.0799 mm. O fio de cobre foi retirado de um transformador em desuso. Capacitores assimétricos como o lifter são caracterizados pelo tamanho dos lados do triângulo, pela separação entre os eletrodos e pela largura do eletrodo inferior (neste caso a placa de papel alumínio). A força entre os eletrodos depende dessas variáveis e também da diferença de potencial entre eles (KUHLEN et al, 2007). Um aspecto importante que deve ser salientado aqui é que o lifter não flutua em equilíbrio, isso se deve ao fato da construção do lifter não ser uniforme, o que faz com que o campo elétrico não seja o mesmo ao longo de todo o lifter.

O eletrodo formado pelo fio, que aqui será nomeado como emissor, que está ao mais alto potencial elétrico, ioniza as moléculas de ar ao seu redor. Estas moléculas ionizadas são aceleradas na presença do campo elétrico na direção do eletrodo formado pela placa de papel alumínio indicada por (B), que aqui será

nomeada como coletor. Com isso, ocorre transmissão de momento das moléculas aceleradas para o ar externo. Na configuração apresentada na Figura 1, em que o eletrodo positivo da fonte é conectado ao emissor e o negativo ao coletor, tem-se a ionização do ar formando cátions, que serão acelerados na direção do coletor, transmitindo o momento das partículas positivas aceleradas na direção do coletor. Em uma configuração inversa, negativo conectado ao emissor e positivo ao coletor, tem-se a formação de ânions que serão acelerados na direção do coletor. O momento é transmitido das partículas negativas aceleradas na direção do coletor. Como pode-se verificar o momento sempre é transmitido na direção do coletor. A estrutura é sustentada por canudos plásticos. Na Figura 2 é apresentado o Lifter construído para este trabalho. Na Figura 2 pode-se verificar a presença de uma fonte de alta tensão, cuja tensão varia de 0 a 40 kV.

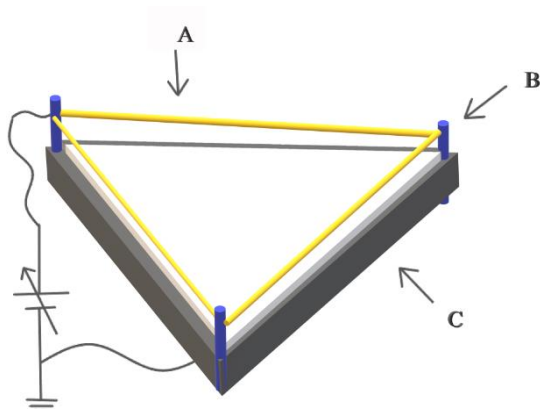
Figura 1: Esquema de construção do Lifter: (A) indica a localização do fio de cobre que é conectado ao potencial positivo da fonte de alta tensão; (B) são as hastes de sustentação do Lifter; e (C) é uma placa de papel alumínio, que é conectada ao potencial negativo da fonte de alta tensão.



Fonte: De autoria própria, 2023

Segundo Werkhazer et al (2014), no estudo de capacitores assimétricos podem ser abordados os seguintes temas: capacitores, efeitos da geometria dos condutores sobre campos elétricos, ionização/vento iônico, descarga de corona, efeito Biefeld-Brown, alta tensão e arcos elétricos. Na seção de análise serão indicados os assuntos abordados neste trabalho.

Figura 2: Lifter construído no Laboratório de Instrumentação para o Ensino de Física da UNIFEI. Na parte superior da Imagem está localizada a fonte de alta tensão utilizada e na parte inferior o Lifter



Fonte: De autoria própria, 2023

Aplicação do experimento em uma turma piloto.

O experimento foi levado para uma escola particular do Sul de Minas Gerais. A todos os alunos foi enviado um termo de livre consentimento para ser assinados pelos pais, visto que todos eles eram menores de idade. Neste termo, foi explicado a proposta da pesquisa e que a atividade experimental envolvia a utilização de altas diferenças de potencial. Explicava também que os alunos não iriam operar a fonte de alta tensão, que ficaria a cargo apenas dos professores que aplicaram a atividade. Além disso, a atividade foi realizada em uma sala de aulas da escola. Esses cuidados foram tomados para diminuir os riscos envolvidos na realização do experimento. Participaram voluntariamente da pesquisa 7 alunos do

primeiro ano, 6 alunos do segundo ano e 2 alunos do terceiro ano do ensino médio. A atividade ocorreu fora do horário tradicional de aulas da escola. Os 15 participantes foram identificados no texto como A1, A2, ..., A15. Antes da realização da demonstração experimental, utilizado o Lifter, a pesquisa foi apresentada aos voluntários e eles foram alertados que seria gravado um áudio de suas falas para utilização apenas nesta pesquisa, não sendo indicado nomes e que ao termino dos estudos o áudio seria destruído. Após todos concordarem a atividade experimental se deu início com a apresentação do experimento, de seu funcionamento e também de alguns testes, como variação da tensão aplicada, aproximação de um ímã e outros detalhes que serão discutidos nos resultados. O áudio foi transcrito no formato de texto e em seguida foram realizadas diversas leituras flutuantes para realizar uma análise qualitativa das falas (BARDIN, 1991, PEREIRA et al. 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação do funcionamento do experimento

Nas Figuras 3 e 4 são mostradas fotos do experimento que foi construído para ser aplicado na turma piloto. Na Figura 3 é apresentado o experimento sobre a bancada

do laboratório. Na imagem é possível verificar que ele é formado por canudos plásticos, papel alumínio e um fio fino de cobre. Tanto a folha de papel alumínio quanto o fio de cobre estão conectados a uma fonte de alta tensão, que pode variar a diferença de potencial entre 0 e 40 kV. A melhor forma de fixar os componentes do lifter foi obtida utilizando supercola.

Na Figura 4(A) é possível ver a presença de descargas elétricas entre o fio de cobre e a folha de papel alumínio. Para evitar este problema foi necessário esticar um pouco mais o fio de cobre, aumentando a distância deste da folha de alumínio. Após esta correção, o Lifter foi elevado pela propulsão das moléculas ionizadas pela grande diferença de potencial aplicada entre os eletrodos. Na Figura 4(B) é possível verificar o Lifter em voo, que ocorreu com uma diferença de potencial de aproximadamente 20 kV. Na Figura 4(B) é possível visualizar fitas adesivas na lateral do experimento. Estas fitas foram utilizadas para limitar a altura e estabilizar o voo do experimento.

Durante o voo foi possível sentir o "vento elétrico" provocado pelo movimento das moléculas ionizadas e aceleradas pela grande diferença de potencial. Todas as ocorrências apresentadas aqui ocorreram ao longo da apresentação com a turma piloto. Tais fenômenos tornaram a atividade

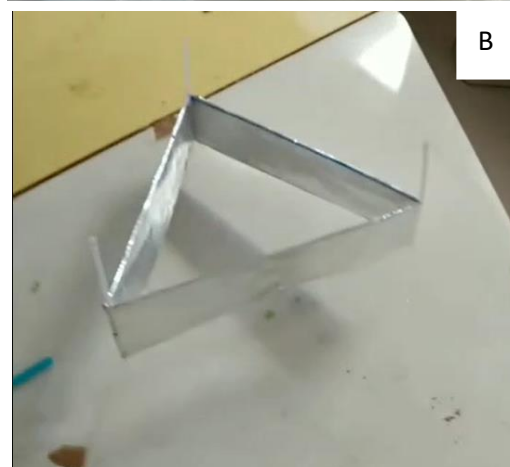
experimental significava na formação dos alunos.

Figura 3: (A) Lifter após sua montagem e preparação para a sequência de testes no laboratório.



Fonte: De autoria própria, 2023.

Figura 4: (A) Lifter, após a aplicação de uma tensão de 20 kV entre o fio superior e a folha de alumínio. É possível verificar na imagem descargas elétricas ocorrendo devido à alta diferença de potencial. (B) Imagem superior do Lifter durante seu voo. Nas laterais é possível verificar as linhas laterais e fitas para limitar a altura e ajudar na estabilização do experimento.



Fonte: De autoria própria, 2023.

Aplicação do experimento em uma turma piloto

De acordo com Mortimer (2006), a aprendizagem dos estudantes é influenciada pelas concepções prévias que eles trazem para a sala de aula. Para esse autor, elas desempenham um papel importante no processo de ensino aprendizagem e, talvez por isso, elas sejam alvo de tantas pesquisas. Além disso a importância da utilização das concepções prévias também se faz presente nos documentos oficiais da educação nacional.

De acordo com a BNCC (2018), a aprendizagem só é possível se os estudantes conseguirem dar sentido e significado a aprendizagem de conceitos de maneira contextualizada. Neste sentido, é importante que o docente tente levar em conta o conhecimento prévio que eles trazem de sua vivência para o ambiente escolar. Diversos trabalhos já discutiram e ainda discutem a importância de se utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes no processo ensino-aprendizagem. Para alguns desses autores, a introdução de questionamentos no início da atividade visa a seguir as ideias de Vygotsky, em que ele busca os conceitos prévios dos alunos, baseando nas experiências vividas. Segundo Schroeder (2007):

Vygotsky sempre esteve preocupado com a dimensão metacognitiva da aprendizagem, isto é, o domínio das operações intelectuais necessárias à utilização dos conceitos como instrumentos para a interlocução com a realidade, a partir de uma arquitetura conceitual já construída.

Ainda nesta linha, podem ser citados, por exemplo, Ausubel (2003) e Moreira (2016). Para esses autores, a aprendizagem deve conseguir mobilizar conhecimentos prévios, relevantes, dos alunos, e causar uma modificação na estrutura cognitiva deles, para que, assim, seja ancorado o novo conhecimento ao anterior, estrutura está conhecida como subsunção. Para Medeiros et al (2018), as concepções devem ser levadas em consideração não apenas no momento de preparo, mas também durante o desenrolar do conteúdo, para que a aprendizagem possa ser significativa e os estudantes possam criar relações conceituais entre os seus conhecimentos prévios e os que estão sendo adquiridos. É nesta linha que este trabalho foi desenvolvido, isso é, em todas as etapas da aplicação nos preocupamos em procurar verificar as concepções prévias dos alunos sobre os temas que foram desenvolvidos.

O experimento foi apresentado aos alunos e iniciou-se uma discussão sobre tal. A pesquisadora iniciou a discussão mostrando os componentes do experimento.

Ao apresentar a fonte alta tensão para a alimentação elétrica do Lifter, os alunos foram questionados sobre a função de tal equipamento no cotidiano deles. Os excertos a seguir ilustram alguns dos exemplos apresentados pelos alunos:

"Aqueles transformadores nos postes de energia". (A1)

"O carregador do celular"(A7)

Aproveitando o exemplo do carregador de celular, a pesquisadora explicou o funcionamento de transformadores utilizados para aumentar e diminuir a tensão, deixando claro a função do transformador no carregador de celular e o transformador no experimento Lifter, que estava sendo apresentado em sala.

Seguindo na explicação do experimento, a pesquisadora detalhou os componentes que compõe do experimento Lifter. Ela explicou que a tensão de saída no transformador utilizado no experimento podia variar de 0 e 40 kV. Após essa explicação a aluna A8 explicou que já tinha feito uma fonte parecida utilizando material de televisores velhos para a construção de um gerador de ozônio, demonstrando interesse em construir um experimento semelhante na escola. Novamente, foi possível verificar que ao apresentar uma atividade experimental os alunos conseguem relacionar com suas experiências vividas, de acordo com as

ideias de Vygotsky. A pesquisadora detalhou todo o funcionamento do experimento, explicando que os altos valores da diferença de potencial aplicada entre a folha de alumínio e o fio de cobre provocava a ionização de moléculas do ar em regiões próximas e que estas moléculas eram aceleradas pelo campo elétrico, dando propulsão ao Lifter. Além disso, a pesquisadora também explicou que o Lifter tem o comportamento de um capacitor assimétrico, explicando o funcionamento de capacitores. Nesta etapa da discussão foi possível perceber que este assunto não era um tema conhecido pelos estudantes participantes, ou, preferiram de manter calados durante a discussão deste assunto.

Seguindo na apresentação do experimento, a pesquisadora questionou o que poderia ocorrer com o capacitor assimétrico ao ligar a fonte de alta voltagem? Eles não conseguiram propor uma consequência. Em seguida a pesquisadora comentou sobre as moléculas de ar na proximidade do fio de cobre e também da placa de papel alumínio que estariam submetidas a uma alta voltagem. O aluno A7 levantou o seguinte questionamento:

"O ar poderia ser carregado?" (A7)

A pesquisadora explicou que as moléculas seriam ionizadas e em seguida o

participante comentou que “se as cargas forem iguais, vai ocorrer repulsão” A pesquisadora explicou que as cargas estariam sobre a ação do campo elétrico criado pela diferença e potencial entre os eletrodos.

Em seguida a pesquisadora informou que iria ligar o experimento e alguns alunos se ofereceram para auxiliá-la. O experimento foi ligado e os alunos participaram ajudando a ajustar os fios que estabilizavam o experimento e também relataram que durante o funcionamento do experimento eles conseguiram sentir o chamado "vento elétrico". O aluno A3 questionou:

“são os elétrons em movimento” (A3).

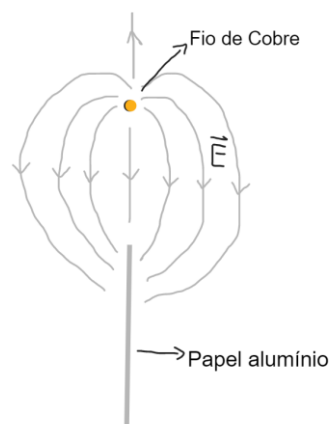
Seguindo a atividade, a pesquisadora colocou uma vela acesa próxima ao experimento em funcionamento e todos perceberam que a chama da se movia em função da presença do “vento elétrico”. Os alunos A1 e A3 pediram uma melhor explicação sobre o “vento elétrico”. A pesquisadora foi ao quadro desenhou um esquema explicando a forma como as moléculas eram ionizadas e aceleradas de forma a colidirem com as outras moléculas de ar e gerar a propulsão do experimento. Após uma discussão, todos concluíram que eram as moléculas de ar carregadas que estavam em movimento devido ao campo

elétrico gerado pela grande diferença de potencial aplicada.

Ao longo da experimentação verificou-se também o surgimento de descargas elétricas. A pesquisadora explicou que em baixos valores de tensão, o ar é um bom isolante elétrico, mas para grandes valores ocorre a ruptura da rigidez dielétrica do ar (meio dielétrico – não condutor - isolante). A pesquisadora salientou que um meio dielétrico pode se tornar um meio condutor, sendo que isso acontecerá quando a intensidade do campo elétrico aplicado for maior do que a intensidade de campo elétrico que determinado dielétrico é capaz de suportar sem tornar-se condutor. Com base nessa intensidade de campo elétrico, o meio torna-se ionizado e os seus portadores de carga passam a ser conduzidos, fazendo com que esse perca sua propriedade isolante temporariamente. Para o ar, irá ocorrer a ruptura da rigidez dielétrica do ar para um campo elétrico de intensidade aproximadamente 1000V/mm (para uma umidade relativa média do ar de 50%). De acordo com Werkhaizer et al. (2014), quando a rigidez dielétrica do ar é rompida, um arco elétrico é formado, estabelecendo assim um curto circuito. Na Figura 5 é apresentada uma ilustração do desenho utilizado para a pesquisadora para explicar a direção do campo elétrico e também sua ação nas moléculas carregadas. Em um

ambiente controlado, caso o operador pare de aumentar a diferença de potencial entre os condutores pouco antes do ponto em que a rigidez dielétrica do ar é rompida, se estabelece uma descarga de corona. O efeito se dá da seguinte maneira: a alta tensão entre os condutores faz com que os elétrons livres presentes no meio sejam atraídos ou repelidos, a movimentação desses elétrons eventualmente ocasiona choques com as moléculas do ar, gerando assim íons. Assim que um íon é formado ele libera elétrons, que também colidem com as moléculas vizinhas, estabelecendo-se um efeito avalanche que acaba por ionizar toda a vizinhança do condutor. Assim que um íon é gerado em um dos condutores ele é acelerado em direção ao outro, pois possui carga igual à do condutor onde foi gerado. Dessa forma, um transporte de cargas é estabelecido entre os dois condutores, ou seja, um circuito é fechado entre eles. O transporte de cargas entre dois condutores separados por um meio não condutor é denominado descarga de corona.

Figura 5. Ilustração da presença de campo elétrico entre o fio de cobre e a folha de papel alumínio do lifer.



Fonte: De autoria própria, 2023.

Apesar deste tema ter despertado a atenção deles (e até assustado) nenhum deles manifestou nenhum conhecimento prévio sobre esses assuntos.

Outras questões interessantes foram colocadas por alguns alunos. O A7 questionou se seria possível elevar objetos utilizando o experimento. A pesquisadora explicou que é possível e que existiam inclusive vídeos com montagens maiores transportando até mesmo ratinhos de laboratório. O estudante A5 perguntou “Se era possível transportar uma pessoa e se levaria choque elétrico?” A pesquisadora explicou que o suporte onde a pessoa ou o objeto seria colocada estaria conectado a um potencial elétrico. Como não existiria diferença de potencial, não ocorreria a presença de campos elétricos e também de correntes elétricas. Ela ainda explicou que, a princípio, seria muito difícil construir um dispositivo que utilizasse esta propulsão,

seria necessário o fornecimento de muita energia para uma nave funcionar. O estudante A4 comparou o experimento apresentado com a repulsão entre ímãs. A pesquisadora explicou que o experimento apresentado utiliza o campo elétrico para realizar a propulsão do Lifter e os ímãs experimentam uma força devido ao campo magnético. Explicando que a origem da força elétrica é devido a presença de cargas elétricas e a força magnética ocorre devido a presença de campos magnéticos, que podem ser gerados, por exemplo, como ímãs permanentes.

Também foi explicado que o movimento de cargas em um condutor, devido a presença de um campo elétrico, provoca o surgimento de um campo magnético. E que também a variação do campo magnético nas proximidades de um condutor também provoca o surgimento de uma corrente elétrica. Salientando que este é o princípio de funcionamento dos geradores elétricos e que este é conhecido como Lei de Faraday e Lenz.

Ao final da atividade experimental os alunos mostram interesse em construir seus próprios Lifter e a pesquisadora se prontificou a ajudar na realização dos testes e também levar a fonte para que a experimentação possa ocorrer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento Lifter foi construído utilizando materiais com custo reduzido e apresentou bom funcionamento durante a fase de testes em laboratório e também na apresentação para a turma piloto. Por existir a necessidade de ser construído com material leve, sua estrutura é frágil, necessitando de um cuidado maior durante seu transporte.

A realização de atividades como a apresentada neste trabalho tem como aspecto positivo o fato de despertar grande interesse nos alunos. Neste caso, a aplicação de uma atividade envolvendo o Lifter foi bastante gratificante, pois o efeito da levitação e a escolha por realizar uma atividade em que os conteúdos importantes para o entendimento do fenômeno foram apresentados de forma dialogada proporcionou uma atividade com grande participação dos estudantes. No decorrer da atividade, conforme a pesquisadora ia descrevendo o experimento e seu funcionamento, os alunos apresentaram exemplos de seu cotidiano, como transformadores e carregadores de celular. Mesmo o tema de propulsão a partir desta tecnologia não tenha sido colocada entre os objetivos deste trabalho, o transporte usando a levitação também foi um ponto apresentado pelos estudantes. O transporte

usando a levitação é um assunto que já é discutido na literatura e também já apresentado em diversos meios de comunicação, sendo o principal deles o transporte via levitação magnética.

Os temas discutidos no decorrer da aplicação da atividade permitiram verificar que a maioria dos estudantes não tinham conhecimento (ou não tinham ouvido falar em sala de aula) sobre alguns deles, como, por exemplo, capacitores, efeito corona e campo elétrico. Apesar disso, uma das alunas já tinha construído uma fonte de alta tensão na escola.

Dada o grande interesse o dos alunos durante a apresentação do Lifter, pretende-se realizar novos testes com uma nova turma nos mesmos moldes desta e também, resolvido o problema de segurança, passar a utilizar este experimento nas atividades de divulgação científica realizadas pelo grupo envolvido neste projeto. Em especial, faer demonstrações no centro di divulgação científica da UNIFEI, o Espaço InterCiências, buscando caracterizar a participação do público em geral que frequenta o Espaço, para no futuro utilizar o equipamento no acervo de experimentos disponíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao espaço InterCiências e o Programa de Educação Tutorial (PET) Conexão de Saberes da

Universidade Federal de Itajubá. Agradecem também a Revista Científic@ Universitas juntamente com o Centro Universitário de Itajubá.

REFERÊNCIAS

BASSOLI, Fernanda. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência (s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, p. 579-593, 2014.

BARDIN, Laurence. Análisis de contenido (Vol. 89). **Ediciones Akal**, p. 7-46, 1991.

BENETTI, Bernadete; RAMOS, Eugenio Maria De França; DA SILVA, André Luís. Escolas e seus laboratórios didáticos: estudo sobre espaços e possibilidades experimentais do ensino de física no nível médio. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 01348-1351, 2013.

BERG, Richard E. Van de Graaff generators: Theory, maintenance, and belt fabrication. **The Physics Teacher**, v. 28, n. 5, p. 281-285, 1990.

BOTARI, A. et al. Ferramentas Educacionais e Análise Intervencional da Aprendizagem Significativa: Estudos de Casos Aplicados no Ensino da Física Acústica na Disciplina de Conforto Ambiental. 2022.

- BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- CATTANI, M.; VANNUCCI, A.; SOUZA, V. G. Lifter-High voltage plasma levitation device. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 3307-1-3307-5, 2015.
- CHEN, Ma; RONG-DE, Lu; BANG-JIAO, Ye. Surface aerodynamic model of the lifter. **Journal of Electrostatics**, v. 71, n. 2, p. 134-139, 2013.
- DE JESUS, Jaykel Joana; OLIVEIRA, Adhimar Flávio; DA SILVA, Agenor Pina. Espectrômetro digital. Uma proposta de construção de um experimento de Física Moderna para o ensino remoto. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e51410817786-e51410817786, 2021.
- DE PINHO ALVES FILHO, Jose. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.
- EINAT, Moshe; KALDERON, Roy. High efficiency Lifter based on the Biefeld-Brown effect. **AIP Advances**, v. 4, n. 7, p. 077120, 2014.
- ERTHAL, João Paulo Casaro; GASPAR, Alberto. Atividades experimentais de demonstração para o ensino de corrente alternada ao nível do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 346-360, 2006.
- FERREIRA, Marcello et al. Investigação no ensino de ciências: as propriedades físicas do ar com atividades experimentais nos anos finais do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 93-118, 2022.
- GASPAR, Alberto. A educação formal e a educação informal em ciências. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência**, p. 171-183, 2002.
- GASPAR, Alberto; DE CASTRO MONTEIRO, Isabel Cristina. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- HACHMI, Ali et al. Development of an educational device, based on Arduino, to facilitate the understanding of light diffraction. **Physics Education**, v. 57, n. 4, p. 045032, 2022.
- HECK, Carine et al. Experiência de Integração da Experimentação Remota No Ensino De Física Do Ensino Médio:

- Percepção dos Alunos. **RENOTE**, v. 14, n. 2, 2016.
- HUANG, Ping et al. Ionic Wind Simulation of Wire-Aluminum Foil Electrode Structure Lifter in 2-D Space. **IEEE Transactions on Plasma Science**, v. 50, n. 3, p. 566-573, 2022.
- LOVATO, Fabricio Luís; MICHELOTTI, Angela; DA SILVA LORETO, Elgion Lucio. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.
- MEDEIROS, Miguel Araujo, et al. Inércia no Ensino de Física. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, 2018, 5.1: 46-59, 2018.
- MONTEIRO, Paula Cavalcante et al. Percepção de licenciandos sobre o papel da experimentação no ensino de química. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 5, n. 1, p. 72-88, 2021.
- MOREIRA, Michele Paulino Carneiro et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.
- MARTINS, A. J.; PINTO, H. M. van de Graaff generator. **Dictionary of Gems and Gemology**, p. 901-901, 2009.
- PASSOS, Blanchard Silva; VASCONCELOS, Ana Karine Portela. O laboratório didático e a formação docente: investigando o contexto e as concepções dos professores de química. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e220111436376-e220111436376, 2022.
- PEREIRA, Adriana Soares et al. Metodologia da pesquisa científica. 2018.
- SCHROEDER, Edson. Conceitos espontâneos e conceitos científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky. **Atos de pesquisa em educação**, v. 2, n. 2, p. 293-318, 2007.
- SISWANTO, Waluyo Adi; NGUI, Kevin. Performance of Triangular and Square Ionic Lifter Systems. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 9, p. 1433-1438, 2011.
- WERKHAIZER, Fernando E., et al. CAPACITOR ASSIMÉTRICO, COBEGE, 2014