

## **EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO E ENSINO DE FÍSICA: CONSTRUINDO HABILIDADES A PARTIR DA APRENDIZAGEM COLABORATIVA NO ENSINO MÉDIO**

*Low-Cost Experiments and Physics Teaching: Building Skills Through Collaborative Learning in High School*

**Rodrigo Baldow** [rodrigobaldow@gmail.com]

*Escola Cidadã Integral Professor Paulo Freire*

*Rua Marli do Nascimento Souza, 57, João Paulo II, João Pessoa, PB, CEP: 58076-117*

**Emanuel Gomes Soares** [emanuel280699@gmail.com]

*Universidade Federal da Paraíba*

*Av. Cidade Universitária, Campus I Lot. Cidade Universitária, João Pessoa, PB, CEP: 58051-900*

**Everaldo Nunes de Farias Filho** [everaldo.farias@ufrpe.br]

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

*Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas da UFRPE*

*Av. Dr. Francisco Corrêa, 643, Centro, São Lourenço da Mata-PE, CEP: 54735-000*

**Ademar Virgolino da Silva Netto** [ademar@cear.ufpb.br]

*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Energias Alternativas e Renováveis - Departamento de Engenharia Elétrica*

*Av. Cidade Universitária, Campus I Lot. Cidade Universitária, João Pessoa, PB, CEP: 58051-900*

*Recebido em: 19/08/2023*

*Aceito em: 16/03/2024*

### **Resumo**

A produção de resíduo eletrônico é uma problemática mundial, assim como a falta de recursos para o desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Física em escolas públicas. Diante disto, o objetivo deste estudo é apresentar as habilidades construídas pelos estudantes do ensino médio durante a elaboração de experimentos colaborativos nas aulas de Física em uma escola da Paraíba. As técnicas utilizadas para a coleta dos dados foram a observação participante e a gravação em áudio e vídeo dos diálogos durante a aplicação de oficinas para a construção de protótipos usando materiais de baixo custo. Para a constituição dos resultados foi realizada uma análise interpretativa de trechos das falas dos participantes à luz da Teoria da Aprendizagem Colaborativa. Os principais resultados revelaram que, além do reaproveitamento de materiais eletroeletrônicos que seriam descartados no lixo, a montagem dos artefatos criou possibilidades em que os estudantes puderam criar hipóteses, fazer testes e encontrar soluções para os problemas que foram aparecendo durante o desenvolvimento dos experimentos. Além disso, a valorização do trabalho em equipe, o reconhecimento de que se pode aprender com os pares e a partir da superação dos erros e a legitimação da construção colaborativa do conhecimento de forma significativa foram habilidades que emergiram durante as aulas de Física.

**Palavras-Chave:** Experimentos de Baixo Custo; Resíduos Eletroeletrônicos; Aprendizagem Colaborativa; Ensino de Física.

### **Abstract**

The production of electronic waste (e-waste) is a global concern, as well as the lack of resources for hands-on experimental activities in Physics education in public schools. In light of this, the study's

objective is to present the skills developed by high school students during the creation of collaborative experiments in Physics classes at a school in Paraíba, Brazil. Data collection techniques included participant observation and audio and video dialogues recording during workshops for constructing prototypes using low-cost material. The analysis of the collected data is conducted through the lens of Collaborative Learning Theory with an interpretative analysis of excerpts from participants' statements. The main findings revealed that, in addition to reusing electro-electronic materials that would otherwise be discarded as waste, the assembly of artifacts created opportunities for students to generate hypotheses, conduct tests, and find solutions to the problems that arose during the development of the experiments. Moreover, the teamwork appreciation, the recognition that one can learn from peers and from overcoming mistakes, and the validation of collaborative knowledge construction in a meaningful manner were skills that emerged during the Physics classes.

**Keywords:** Low-Cost Experiments; E-Waste; Collaborative Learning; Physics Education.

## INTRODUÇÃO

O aumento na produção e venda de eletroeletrônicos tem levado a preocupações globais devido à crescente geração de Resíduos Eletroeletrônicos (REEs). Segundo Forti *et al.* (2020), aproximadamente 50 milhões de toneladas de REEs foram produzidas globalmente em 2020, com o Brasil sendo o maior produtor da América Latina, gerando cerca de 1,5 milhão de toneladas e uma média per capita de 9,1 kg por habitante. Esses resíduos apresentam alto valor agregado e podem ser reciclados, mas a falta de um adequado sistema de logística reversa tem resultado em descarte inadequado, representando um desafio ambiental.

A falta de estruturação e divulgação adequada do sistema de logística reversa tem levado ao desconhecimento da população sobre onde descartar os REEs. Diante disso, surgem alternativas para o reaproveitamento desses equipamentos, como a reciclagem dos materiais para a criação de decorações, brinquedos, atividades didático-pedagógicas e um banco de peças que podem ser recondicionadas e reutilizadas em outros equipamentos similares, prolongando a vida útil desses componentes. A implementação da Lei nº 12.305/2010 no Brasil trouxe a responsabilidade compartilhada e a logística reversa para o tratamento adequado dos resíduos, contudo, a promoção de maior conscientização e acesso a locais de descarte apropriados são importantes para mitigar os impactos ambientais dos REEs.

As escolas têm um papel crucial na conscientização dos estudantes e da comunidade sobre os riscos do descarte inadequado de REEs e na abordagem do consumo desenfreado de eletroeletrônicos, enfatizando a importância do descarte correto. Além disso, o reaproveitamento dos REEs nas escolas pode reduzir custos, promover a criatividade dos alunos e contribuir para a sustentabilidade e conscientização ambiental. O uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física pode superar a falta de laboratórios em muitas escolas, aproximando os estudantes da ciência através de materiais cotidianos e experimentos reproduzíveis (SILVA; SALES, 2018; DUARTE, 2012).

Trabalhos com experimentos criados a partir do REEs podem permitir benefícios aos estudantes ao utilizar um instrumento tecnológico em atividades pedagógicas. Gebran (2009) destaca benefícios que podem acontecer em ambientes pedagógicos que utilizam materiais tecnológicos, como: 1. Promove um ambiente de aprendizado que oportuniza a criatividade dos estudantes; 2. São atividades que possibilitam os estudantes terem que resolver problemas tendo que tomar decisões; 3. Propicia uma prática pedagógica que os estudantes poderão testar e verificar ideias com o intuito de contribuir com o desenvolvimento da atividade e da aprendizagem.

A proposta desenvolvida neste trabalho visa buscar diversas formas qualitativas para reverter a situação precária, desenvolvendo experimentos com materiais recicláveis, em especial, os REEs,

com objetivo de influenciar e auxiliar os estudantes a aprenderem, podendo melhorar as aulas de Física. O tema escolhido para a atividade foi o de eletricidade básica e os conceitos associados, como eletromagnetismo, geração de energia e circuitos elétricos. Este tema foi escolhido por ser uma área em que muitos estudantes enfrentam dificuldades em seu entendimento (RODRIGUES *et al.*, 2014; BERNHARD; CARSTENSEN, 2015), devido a abstração envolvida, pois a energia elétrica não é visível. Segundo Barbosa e Andreato (2014), as aulas de Física frequentemente seguem uma abordagem expositiva e tradicional, em que os professores não exploram os diversos recursos didáticos disponíveis para torná-las mais atrativas. Isso resulta em estudantes que veem a Física como uma mera aplicação de fórmulas, sem desenvolver habilidades de interpretação, análise teórica ou experimentação de fenômenos físicos.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi apresentar as habilidades construídas pelos estudantes do ensino médio durante a elaboração de experimentos colaborativos nas aulas de Física em uma escola da Paraíba, com base na Teoria da Aprendizagem Colaborativa. O desenvolvimento do projeto contou com a parceria e o suporte do projeto de extensão TREE-UFPB, que disponibilizou os REEs para o desenvolvimento dos experimentos.

## 1 APRENDIZAGEM COLABORATIVA

Quando se propõe uma atividade aos estudantes com o intuito de desenvolver um experimento, formar grupos para realizar essa tarefa pode ser importante, diante da contribuição que os participantes podem dar um ao outro, auxiliando na construção do experimento e na aprendizagem de cada um. Sobre realizar uma atividade com a Aprendizagem Colaborativa, Silva e Soares (2011, p. 2) afirmam que:

...exige o engajamento de todos no processo de construção do conhecimento, pois é assim que os sujeitos se desenvolvem fundamentados em uma base autônoma e crítica. Ele é constantemente incitado a colocar seu conhecimento à prova, pois necessita compartilhar seus posicionamentos e concepções para que possa ser avaliado e se avaliar no processo de construção do conhecimento.

Atividades desenvolvidas com base na Aprendizagem Colaborativa podem promover ambientes que estimulam a aprendizagem ativa, o pensamento crítico e a interação entre os participantes. Torres e Irala (2014) destacam que os estudantes assumem a responsabilidade de ensinar e aprender uns com os outros durante a resolução de problemas em conjunto de forma mais ativa. Os autores reforçam que na tentativa de resolver as questões que aparecem durante a atividade, ao tentarem chegar a uma resposta a partir de uma ideia socializada, os participantes acabam desenvolvendo habilidades metacognitivas. Por outro lado, a atividade cooperativa envolve a divisão de tarefas entre os estudantes, pelo professor, enquanto na colaborativa todos trabalham juntos, planejando e resolvendo variáveis durante o processo, o que possibilita uma influência positiva em seus próprios aprendizados (COLLAZOS; MUÑOZ; HERNÁNDEZ, 2014).

Collazos, Muñoz e Hernández (2014) enfatizam vários pontos que demonstram a importância do trabalho com a Aprendizagem Colaborativa para os estudantes. Eles destacam que: a) uma equipe de estudantes tem mais facilidade em entender um problema do que um aluno trabalhando sozinho; b) é mais fácil eles perceberem os erros; c) o trabalho em grupo proporciona mais conhecimento do que uma única pessoa, facilitando a solução de problemas; d) com mais estudantes analisando as informações, é mais fácil filtrá-las; e) a interação com alunos mais experientes torna o aprendizado mais acessível.

Collazos, Muñoz e Hernandez (2014) destacam que ao realizar um trabalho colaborativo, é fundamental considerar alguns pontos importantes, como formar equipes com membros diversos,

limitar o número de membros em cada grupo a no máximo quatro, garantir que cada equipe tenha seu espaço separado para evitar proximidade excessiva, e organizar o ambiente de forma que os participantes possam se movimentar e trocar de lugar espontaneamente. Os autores ressaltam que o professor desempenha um papel crucial na construção de um ambiente propício para a aprendizagem colaborativa, e deve pensar nos objetivos da atividade, na organização e distribuição das equipes pela sala, bem como nos materiais a serem utilizados. É importante que o professor não forneça respostas prontas para os problemas que surgirem durante a atividade, mas sim que faça questionamentos que estimulem os estudantes a refletir sobre a situação e buscar soluções.

## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa, do tipo intervenção, foi conduzida em uma escola pública localizada na cidade de João Pessoa, Paraíba. Os participantes foram oito estudantes do terceiro ano do ensino médio integrado ao curso Técnico em Informática. Os dados foram coletados durante a realização de uma oficina ministrada por um dos autores deste estudo para a turma, sendo gravada em áudio e vídeo e posteriormente transcrita. Em relação à análise da filmagem, os autores basearam-se em estudos de Honorato *et al* (2006), Garcez, Duarte e Eisenberg (2011) e destacam que observar a imagem em movimento dos participantes juntamente com o áudio permite perceber significados e sentidos que muitas vezes não são facilmente interpretados apenas através de suas palavras e gestos.

A oficina foi realizada ao longo de três dias, nos quais os estudantes trabalharam em quatro experimentos, organizados em equipes de quatro participantes, recebendo materiais para a construção dos protótipos. No primeiro dia, foi apresentado à turma como ia acontecer a oficina, seguido pelo desenvolvimento do experimento que foi a construção do protótipo de uma pilha de limão (EXP1). No segundo dia, os participantes desenvolveram o protótipo de um micro gerador de energia utilizando um *cooler* (EXP2) e, logo depois, foi feita a construção de um motor caseiro com uma pilha do tipo D (EXP3). No terceiro dia, construíram um circuito elétrico com lâmpada e interruptor (EXP4). Todos os três dias de atividades aconteceram nas aulas de prática experimental com duração de duas aulas (1h40min) seguidas.

A coleta de dados foi realizada por meio da observação participante de um dos pesquisadores e da transcrição dos diálogos dos participantes. Os resultados foram obtidos a partir da análise interpretativa de trechos das transcrições das falas dos participantes, os quais foram transcritos na íntegra e analisados à luz de estudos presentes na literatura para a construção das conclusões.

É importante ressaltar que esta pesquisa seguiu rigorosamente as orientações presentes na Resolução 510 de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde que dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis. Para garantir o anonimato dos participantes, eles foram identificados como estudantes 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 e 08. Além disso, antes da aplicação da oficina, todos os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos e a metodologia desta pesquisa, como sobre a sua liberdade de desistir da participação em qualquer momento e deram verbalmente a sua concordância para a utilização dos dados coletados.

## 3. RESULTADOS

Neste tópico, será descrito o processo de construção dos quatro protótipos por meio de trechos dos diálogos dos estudantes participantes desta pesquisa. As análises das falas revelaram os resultados que permitiram identificar as habilidades construídas pelos estudantes do ensino médio durante a

realização dos experimentos colaborativos em uma oficina de Física, tendo como referência a Teoria da Aprendizagem Colaborativa.

A construção dos protótipos foi viabilizada por meio de uma busca por materiais disponíveis e também pela obtenção de componentes REE de aparelhos não funcionais. Além disso, alguns materiais foram comprados. Nas tabelas 01 e 02 são apresentados os materiais e seus respectivos preços. Para os materiais obtidos sem necessidade de compra, foi atribuído o valor de R\$ 0,00.

**Tabela 01** - Lista de materiais EXP1 e EXP2.

Pilha de Limão - EXP1		Gerador de Energia - EXP2	
Material	Preço	Material	Preço
~1 m de fio de cobre flexível	R\$ 0,00	1 LED	R\$ 0,00
~30 cm de fio de cobre rígido	R\$ 0,00	1 <i>Cooler</i>	R\$ 0,00
~8 Pregos galvanizado	R\$ 3,50	~30 cm de cabo de par trançado	R\$ 0,00
~4 Limões	R\$ 3,50	1 base de madeira 30 x 30 cm (opcional)	R\$ 0,00
1 LED	R\$ 0,00	1 suporte para prender o <i>cooler</i> na base (Opcional)	R\$ 0,00
-	-	~4 Parafusos (Opcional)	R\$ 0,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 02** - Lista de materiais EXP3 e EXP4.

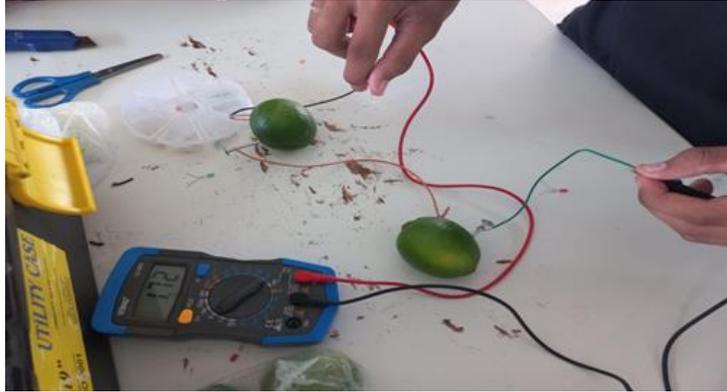
Motor Elétrico - EXP3		Circuito Elétrico - EXP4	
Material	Preço	Material	Preço
~1 m fio de cobre com cobertura de verniz	R\$ 0,00	~1 m de Eletroduto	R\$ 0,00
1 pilha tipo D	R\$ 6,00	1 luva para eletroduto (Opcional)	R\$ 0,00
1 Bexiga	R\$ 0,15	4 suportes para fixar o eletroduto	R\$ 0,00
2 elásticos	R\$ 0,08	1 bocal de lâmpada	R\$ 4,79
2 alfinetes	R\$ 0,40	1 lâmpada	R\$ 6,00
1 imã	R\$ 0,00	1 interruptor simples	R\$ 5,10
1 base 20 x 20 cm (opcional)	R\$ 0,00	1 <i>plug</i> macho de tomada	R\$ 5,00
-	-	Uma base para fixar a estrutura (pode ser de madeira/MDF/MDP)	R\$ 0,00
-	-	~3 m fio elétrico de 1,5mm (Duas partes de 1,5m de preferência com cores diferentes)	R\$ 0,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Diante das informações da tabela, fica evidente que a maioria dos materiais utilizados na construção dos protótipos foi reutilizada, o que demonstra a viabilidade de realizar experimentos nas escolas com custos baixos ou até mesmo sem gastos significativos. Além disso, a reutilização de resíduos, especialmente os eletroeletrônicos, para o desenvolvimento dos protótipos, representa um exemplo concreto de como é possível reduzir o desperdício e o descarte inadequado de materiais, gerando impactos ambientais positivos (FILHO; SILVA NETTO, 2020).

### 3.1 Pilha de limão - EXP1: aprendendo com os pares

O objetivo desse experimento foi construir uma bateria elétrica, usando limões, fios, cobre e pregos galvanizados (Figura 1). Os pregos e o cobre são os eletrodos; e o suco ácido do limão o eletrólito. Além da Física neste experimento, pode ser explorado conceitos de química. Assim, o processo de construção desse protótipo possibilita a inserção de temas como tensão (diferença de potencial), carga de uma pilha, resultado do uso de pilhas em série e corrente elétrica presentes nas aulas de Física do ensino médio.

**Figura 1 - Pilha de limão - EXP1**

Fonte: Foto tirada pelos autores

Durante o início da oficina, o professor (pesquisador) realizou uma conversa com os estudantes para abordar a importância do trabalho colaborativo, enfatizando a valorização da participação de todos os membros da equipe, a tomada de decisões conjunta e a compreensão de que os erros e acertos são compartilhados pelo grupo. No decorrer do desenvolvimento do primeiro experimento, os estudantes iniciaram a etapa de desencapar o fio rígido de cobre e, em seguida, inseriram um pedaço de cobre rígido e um prego galvanizado em cada limão. Nesse momento, um dos participantes começou a discutir sobre como seria realizada a ligação entre os elementos do experimento:

**Estudante 01:** Aí vai ficar assim né? (demonstração com o fio)

**Estudante 02:** É, porque não é um prego e um cobre, um prego e um cobre?

**Estudante 01:** Um prego... (fala olhando para o Estudante 03)

**Estudante 03:** Um prego e um cobre, um prego e um cobre, um prego e um cobre...

**Estudante 02:** Porque um é positivo e outro negativo.

**Estudante 03:** Parceiro (se referindo ao Estudante 01), aqui ó (mostra o guia que foi entregue ao grupo), é um prego e um cobre, um prego e um cobre, mano.

Durante a execução do experimento, os estudantes, inicialmente, utilizaram o mesmo fio para fazer todas as conexões, incluindo a ligação entre o prego e o cabo rígido de cobre do mesmo limão. Quando questionados pelo professor sobre suas ideias em relação a essa ligação, eles não souberam responder, demonstrando incerteza em suas ações. Nesse momento, o Estudante 03 reconheceu o erro e disse: "O que eu falei." Ele então começou a desfazer as conexões e refazer o procedimento. O Estudante 04, por sua vez, começou a explicar ao colega como deveriam proceder para fazer corretamente:

**Estudante 04:** A gente vai cortar aqui (o fio). Tem que passar aqui pelo limão.

**Estudante 01:** Cortar em pedaços.

**Estudante 02 e 04:** Tem que cortar!

Começaram a cortar o fio em pedaços e refizeram as conexões ligando o prego de um limão ao cobre rígido de outro limão. Nesses dois diálogos entre os estudantes, percebe-se que estão aprendendo um com o outro e também com o erro. O que demonstra como o erro acabou sendo importante para eles discutirem o problema até chegarem a uma solução a partir de uma interação que possibilitou aprenderem juntos.

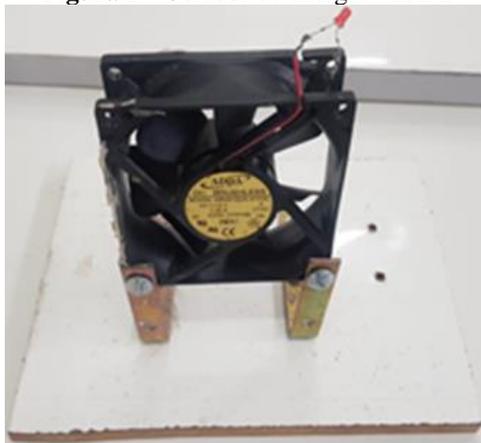
O estudo de Collazos, Muñoz e Hernández (2014) destaca que quando se realiza um trabalho colaborativo, é mais fácil identificar o erro por ter mais pessoas na atividade, podendo aprender a partir do erro através da interação dos membros da equipe. Nesse momento da atividade, fica claro

que os estudantes estão realizando experimentações para compreender os conceitos relacionados ao experimento. Ao acrescentarem mais limões à ligação em série, puderam verificar que a tensão fornecida ao LED aumentava, resultando em uma maior luminosidade da luz emitida. Essa abordagem experimental permitiu que os estudantes observassem diretamente as consequências das alterações realizadas no circuito, facilitando o entendimento dos conceitos envolvidos no experimento.

### 3.2 Gerador de energia - EXP2: a importância do trabalho em equipe

A geração de energia elétrica é um tema relevante no ensino da Física no ensino médio. O experimento do Gerador de Energia (Figura 2) proporciona a conversão de energia mecânica em energia elétrica através da indução eletromagnética. Durante a elaboração desse experimento, conceitos como gerador, conservação de energia, tensão e corrente elétrica podem ser abordados de forma mais interessante e atrativa na sala de aula. Os estudantes iniciaram a construção do gerador conectando os fios do cooler aos terminais de um LED.

**Figura 2** - Gerador de energia - EXP2



Fonte: Foto tirada pelos autores

Um dos estudantes fez uma pergunta ao professor/pesquisador. Só que outro membro respondeu.

**Estudante 05:** Ei, professor! O positivo é o maior?

**Estudante 06:** É o maior.

Com a conexão feita, fizeram o teste mas não funcionou. Começaram a analisar para tentar identificar o problema. Em um determinado momento, ocorreu um diálogo sobre o funcionamento do experimento conforme a conversa abaixo:

**Estudante 07:** Agora explica.

**Estudante 05:** É porque... a energia cinética do vento... a hélice movimenta, o ímã e gera a energia.

Os estudantes realizaram testes com o cooler ao ligá-lo a uma bateria de 9V e confirmaram que estava funcionando corretamente. No entanto, ao testar o LED, encontraram dificuldades iniciais e questionaram se o LED estava funcionando. Eles decidiram melhorar a conexão enrolando mais o

fio nos terminais do LED, o que resultou no acendimento do mesmo. Durante esse processo, os estudantes enfrentaram um problema, mas através da discussão e da busca por soluções, conseguiram encontrar uma resposta. Eles criaram hipóteses e realizaram testes até alcançarem a solução desejada. Essa experiência demonstrou como a interação e a colaboração entre os estudantes foi importante para a construção do conhecimento.

A pesquisa de Gebran (2009) destaca que atividades pedagógicas com materiais tecnológicos possibilitam aos estudantes fazer testes e verificar ideias com o objetivo de encontrar soluções para os problemas que aparecem e aprender. O estudante 07 percebeu que as outras equipes não estavam fazendo direito a conexão das extremidades dos dois fios, que saem do cooler, com os terminais de LED. A colaboração entre os estudantes foi evidente quando um dos membros compartilhou o processo de construção com as outras equipes, resultando em sucesso nas conexões e testes realizados pelas demais equipes. A análise dos dados destacou a relevância do trabalho em equipe, pois permitiu que os participantes compartilhassem conhecimentos e auxiliassem uns aos outros, enriquecendo a aprendizagem coletiva e demonstrando como a colaboração é fundamental para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes.

### 3.3 Motor caseiro com uma pilha tipo D - EXP 3: encontrando solução a partir da interação

A criação do motor caseiro (Figura 3) com uma pilha ligada a uma bobina que atua como um eletroímã possibilita abordar temas importantes, como atração e repulsão dos polos dos ímãs, eletroímãs, circuito elétrico e campo magnético, de forma significativa nas aulas de Física para os estudantes. Esse experimento permite uma compreensão prática e interativa desses conceitos, tornando o aprendizado mais envolvente e atrativo para os alunos.

**Figura 3** - Motor caseiro com uma pilha tipo D - EXP 3



Fonte: Foto tirada pelos autores

Na construção do motor caseiro, os participantes começaram enrolando o fio de cobre em torno da pilha do tipo D, dez vezes, deixando duas pontas. Cortaram os dois lados de uma bexiga, enrolando-os em torno da pilha, passando pelos dois polos com um elástico em cada lado para deixar a bexiga presa. Colocaram os alfinetes com uma das pontas tocando os polos da pilha, ficando presos por causa da bexiga e posicionaram o ímã em cima da pilha. O professor (pesquisador) perguntou como eles iam raspar as pontas do fio de cobre que foi enrolado.

**Professor/pesquisador:** Como vai ser a raspagem?

**Estudante 07:** Não é para raspar tudo. Um você raspa tudo e o outro você raspa metade. Não é para raspar tudo.

Rasparam totalmente uma das pontas do fio e a metade da outra. Colocaram o fio nas circunferências dos alfinetes. O experimento não funcionou e eles começaram a analisar qual teria sido o erro. Fizeram ajustes na altura e posição dos alfinetes e rasparam mais o fio de cobre. Um dos membros cogitou a possibilidade de ser a pilha. Em seguida, pegaram outros pedaços de fio de cobre e começaram a fazer circunferenciais menores. Fizeram novos testes e não funcionou.

**Estudante 07:** Um tem que raspar todo e o outro raspar só a metade?

**Professor/Pesquisador:** Vê... Não é para raspar todo de um lado? No outro não é metade? Pronto, veja aí se tá raspado metade.

**Estudante 07:** Tá.

**Professor/Pesquisador:** Olha pra ele todo.

**Estudante 07:** Ah!

O professor fez uma pergunta que proporcionou aos estudantes uma reflexão sobre uma questão que eles podiam não estar se atentando com muito cuidado. Os estudantes pensaram e visualizaram uma possibilidade de solução. Ao perceberem que uma ponta não estava raspada exatamente pela metade, rasparam o que faltava. Verificaram que o outro lado não estava raspado totalmente e, com isso, começaram a raspar o que faltava. Ao terminarem, fizeram um novo teste e o experimento funcionou.

**Estudante 08:** Foi?

**Estudante 05:** Dá um empurrão.

**Estudante 07:** Foi.

**Estudante 05:** Agora.

**Estudante 06:** Adorei.

A experiência das equipes com o motor caseiro evidenciou uma dificuldade comum: a raspagem inadequada das duas pontas para esse protótipo. Os estudantes perceberam que só quando corrigiram esse detalhe os experimentos começaram a funcionar corretamente. Esse processo demonstrou a importância do trabalho colaborativo, pois os alunos discutiram e testaram diversas alternativas, interagindo até alcançarem a solução em conjunto. Através da colaboração, puderam aprender com seus erros e encontrar a resposta para o problema proposto.

O trabalho de Torres e Irala (2014) destaca que práticas pedagógicas que utilizam a Aprendizagem Colaborativa normalmente criam ambientes em que os estudantes encontram soluções para os problemas que aparecem a partir do trabalho em equipe desenvolvendo, em muitas ocasiões, habilidades metacognitivas.

### 3.4 Circuito elétrico - EXP 4: aprendendo de forma colaborativa

A construção do circuito elétrico na sala de aula proporciona uma abordagem lúdica para debater temas como tensão, corrente elétrica, resistores, interruptor, energia elétrica e condução de forma mais atrativa. Os circuitos elétricos (Figura 4) são essenciais para a condução de eletricidade em diversas necessidades, tanto em larga escala quanto em procedimentos domésticos, sendo uma oportunidade valiosa para os estudantes aprenderem sobre os conceitos elétricos de maneira prática e participativa.

**Figura 4** - Circuito elétrico - EXP 4

Fonte: Foto tirada pelos autores

Os estudantes iniciaram cortando as pontas dos fios. Conectaram a extremidade de um dos fios no *plug* macho. Tiveram dificuldade em conectar o fio devido a parte exposta do cobre ter ficado pequena. Por isso, aumentaram o corte. Cortaram o fio ao meio. A extremidade oposta do fio cortado que estava ligado ao *plug* foi conectada ao interruptor. Decidiram cortar um pouco da ponta porque tinha uma parte de cobre exposta. Pegaram a extremidade do outro fio maior e conectaram ao *plug*. O outro pedaço do fio que foi cortado foi conectado ao interruptor. Um dos estudantes fez uma pergunta aos outros membros para ver se ele estava entendendo a ligação.

**Estudante 08:** Uma parte vai direto no bocal e a outra vai para esse interruptor?

**Estudante 07:** Quê?

**Estudante 08:** Essa vai direto no bocal e a outra vai no interruptor?

**Estudante 07:** É.

No trecho acima é mencionado que um dos estudantes busca esclarecer sua dúvida com o colega, mostrando como o trabalho colaborativo permitiu que eles aprendessem uns com os outros e aumentassem sua confiança na execução da atividade. De acordo com o estudo de Silva e Soares (2011), nas práticas pedagógicas que utilizam a Aprendizagem Colaborativa, os estudantes são incentivados a compartilhar constantemente seus conhecimentos, possibilitando uma avaliação contínua de seus processos de construção do conhecimento. Essa troca constante de informações e a interação entre os estudantes contribuíram para uma aprendizagem mais significativa e colaborativa durante a atividade.

Ao receberem um bocal com dois fios, os estudantes manifestaram interesse em remover esses fios e conectá-los diretamente no bocal do experimento. Essa interação demonstra o envolvimento e a curiosidade dos estudantes em explorar o experimento de forma mais ativa e experimental, buscando compreender o funcionamento e as conexões do bocal para obter melhores resultados. Essa atitude evidencia o caráter colaborativo da atividade, em que os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento, discutindo ideias e propondo soluções.

**Estudante 07:** Tem como tirar esse fio aqui? O fio branco do bocal?

**Professor/Pesquisador:** Você quer tirar pra quê?

**Estudante 07:** Pra colocar esses dois.

**Estudante 06:** Pra quê, pow, só faz, só liga.

**Professor/Pesquisador:** Dá pra conectar aqui não?

**Estudante 06:** Dá. Só aumentar o fio aqui.

**Estudante 05:** Mas não tem fita isolante.

**Professor/Pesquisador:** Tem aqui.

**Estudante 05:** Tem?

**Estudante 06:** Ah, pow!

**Estudante 05:** Tá de boa. Tem fita isolante aqui.

A descrição do processo de montagem do circuito elétrico mostra como os estudantes demonstraram interesse em testar e verificar o funcionamento do experimento. Ao ligar a lâmpada e utilizar o interruptor, puderam observar o acendimento e desligamento da mesma. Além disso, a curiosidade levou um grupo a pesquisar na Internet sobre diferentes formatos de tomadas utilizadas em outros países, o que evidencia o engajamento dos estudantes na atividade. Outra equipe mostrou adaptabilidade ao cortar o fio em três pedaços para realizar o experimento, demonstrando criatividade e solução de problemas. Essas ações ressaltam a importância do trabalho colaborativo, em que os estudantes compartilham ideias, exploram novas possibilidades e aprendem uns com os outros durante o processo.

As ações e diálogos apresentados evidenciam que os estudantes trabalharam e aprenderam de forma colaborativa, desenvolvendo o projeto em conjunto e tomando decisões de forma coletiva. O ambiente criado permitiu que eles aprendessem uns com os outros, interagindo durante a construção dos experimentos. Os erros também foram importantes para o aprendizado, pois os estudantes buscaram soluções e aprenderam com as dificuldades encontradas ao longo do processo. A montagem dos protótipos proporcionou a oportunidade de criar hipóteses, fazer testes e encontrar soluções para os problemas enfrentados, além de aprender na prática os assuntos abordados nos experimentos. O trabalho colaborativo permitiu uma abordagem mais atrativa e significativa dos conceitos de Física, promovendo o engajamento dos estudantes na aprendizagem.

## **Considerações Finais**

A abordagem colaborativa da prática pedagógica permitiu que os estudantes interagissem em grupo durante o desenvolvimento dos experimentos e ao buscar soluções para os problemas que surgiram. O professor (pesquisador) desempenhou um papel importante na criação de um ambiente propício para a aprendizagem colaborativa, orientando os estudantes sobre a importância da escuta ativa, da não divisão das tarefas e da compreensão do erro como parte do processo de aprendizagem. Em momentos de dúvidas, o professor instigou os estudantes a refletirem e encontrar soluções sem fornecer respostas diretas, incentivando-os a analisar detalhes importantes nos experimentos e compartilhar descobertas entre as equipes.

Através da prática colaborativa, os estudantes puderam fazer testes e analisar conceitos de forma ativa e participativa, como no experimento da pilha de limão, onde acrescentaram mais limões para verificar o aumento da luminosidade do LED. Essa abordagem proporcionou uma aprendizagem mais envolvente, significativa e efetiva para os estudantes, permitindo-lhes construir conhecimento de maneira mais contextualizada e aplicada aos conceitos abordados. Além disso, a prática também incentivou a pesquisa e o interesse dos estudantes em explorar outras possibilidades, como a pesquisa sobre diferentes formatos de tomadas. No geral, a abordagem colaborativa possibilitou uma experiência mais enriquecedora e empolgante no ensino de Física, permitindo que os estudantes aprendessem uns com os outros e de forma mais autônoma.

Isso mostra que a abordagem colaborativa também estimulou a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes, pois eles precisaram encontrar soluções adaptadas para as peculiaridades dos materiais disponíveis. Além disso, a prática pedagógica colaborativa proporcionou aos estudantes uma experiência mais próxima da realidade, na qual a busca por soluções nem sempre é linear e exige a capacidade de adaptação e o trabalho em equipe. Portanto, a combinação da reutilização de REEs com a Aprendizagem Colaborativa mostrou-se não apenas uma estratégia eficiente para o ensino de Física, mas também uma forma de sensibilizar os estudantes para a importância da sustentabilidade e do cuidado com o meio ambiente, contribuindo para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis em relação aos desafios ambientais do nosso tempo.

Destaca-se que a prática pedagógica colaborativa desenvolvida nessa pesquisa demonstrou ser uma abordagem eficaz para o ensino de Física no ensino médio. Através da interação em grupo, os estudantes puderam compartilhar conhecimentos, discutir ideias, fazer testes e buscar soluções conjuntamente, o que resultou em um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e significativo. A abordagem colaborativa permitiu que os estudantes se sentissem mais engajados e confiantes na execução das atividades, além de desenvolverem habilidades metacognitivas ao refletirem sobre suas ações e escolhas durante o processo. Além disso, o uso de materiais recicláveis e o reaproveitamento de REEs demonstraram ser práticas viáveis para a realização de experimentos com baixos custos e impacto ambiental reduzido. Dessa forma, a pesquisa reforça a importância de fomentar abordagens pedagógicas colaborativas nas escolas, que promovam a participação ativa dos estudantes em sua própria aprendizagem, incentivando-os a construir conhecimento de forma mais autônoma e significativa.

Considerando os resultados positivos alcançados nesta pesquisa, algumas propostas de trabalhos futuros podem ser delineadas para aprofundar e expandir a abordagem da Aprendizagem Colaborativa aliada à reutilização de Resíduos Eletroeletrônicos (REEs) no ensino de Física. Um caminho interessante seria ampliar a aplicação dessa prática pedagógica para outras turmas e escolas, buscando avaliar sua efetividade em diferentes contextos educacionais. Além disso, poderia ser realizada uma investigação mais detalhada sobre os impactos socioambientais da reutilização de REEs nos experimentos, buscando quantificar e analisar os benefícios ambientais gerados pela prática. Por fim, seria relevante explorar a possibilidade de incorporar o tema dos REEs em outras disciplinas do currículo escolar, promovendo uma abordagem interdisciplinar e ampliando a conscientização dos estudantes sobre questões ambientais e de sustentabilidade. Essas propostas de trabalhos futuros contribuiriam para fortalecer a relevância e a aplicabilidade da abordagem colaborativa e sustentável no ensino de Física e outras disciplinas, bem como para estimular a formação de cidadãos mais engajados e conscientes em relação ao meio ambiente e à ciência.

## AGRADECIMENTOS

A UFPB pelo suporte para o desenvolvimento do trabalho a partir do edital CHAMADA INTERNA PRODUTIVIDADE EM PESQUISA PROPESQ/PRPG/UFPB N° 03/2020 e a Escola Cidadã Integral Técnica Presidente João Goulart por disponibilizar o acesso para a execução da prática.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, A. P. N., & Andreato, M. A. (2015). Experimentos de Baixo Custo no Ensino de Física na Educação Básica. In: A. F. NEVES, I. M. FERREIRA, P. H. R. DOS ANJOS, & M. H. DE PAULA (orgs.). *Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação* - v. 4 (pp. 297–307). São Paulo: Editora Edgard Blücher, cap. 20.
- Bernhard, J., & Carstensen, A-K. (2015). Learning and Teaching Electrical Circuit Theory. *Physics Teaching in Engineering Education*, p. 163-178.
- Brasil, LEI N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. - Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 19 jan., 2023.
- Collazos, C., Muñoz, J., & Hernández, Y. (2014). *Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador*. Projeto LATIn.

- Duarte, S. E. (2012). Física para o Ensino Médio usando Simulações e Experimentos de Baixo Custo: um Exemplo Abordando Dinâmica da Rotação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. especial 1, p. 525–542.
- Filho, C. A. S., & Silva Netto, A. V. (2020). *Desenvolvimento de Mesa de Coordenadas Didática a Partir de Resíduos Eletroeletrônicos*. In: Congresso Brasileiro de Automática 2020. 10.48011/asba.v2i1.1166.
- Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R., & Bel, G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.
- Garcez, A., Duarte, R., & Eisenberg, Z. (2011). Produção e Análise de Videograções em Pesquisas Qualitativas. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 37, n.2, p. 249-262.
- Gebran, M. P. (2009). *Tecnologias Educacionais*. Curitiba-PR: IESDE Brasil S. A..
- Honorato, A., Flores, C., Salvaro, G., & Leite, M. I. (2006). *A Vídeo-Gravação como Registro, a Devolutiva como Procedimento: Pensando sobre Estratégias Metodológicas na Pesquisa com Crianças*. In: 29º Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação. Caxambu-MG: ANPEd.
- Rodrigues, K. C., Marinho, E. C. P., Silva, J. R. S., & Cunha, K. S. (2014). *Avaliação da Aprendizagem de Eletricidade a partir de uma Proposta de Educação Científica Baseada em Projetos*. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa-PR, p. 1-12.
- Silva, J. B., & Sales, G. L. (2018). Atividade Experimental de Baixo Custo: o Contributo do Ludião e suas Implicações para o Ensino de Física. *Revista do Professor de Física*, v. 2, n. 2, Artigo 2, p. 27-39.
- Silva, V. A., & Soares, M. H. F. B. (2011). *A Aprendizagem Colaborativa: Desenvolvimento de Conceitos Químicos em Nível Médio de Ensino*. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Campinas-SP, p. 1-12.
- Torres, P. L., & Irala, E. A. (2014). *Aprendizagem Colaborativa: Teoria e Prática*. In: P. L. TORRES (Org.). *Complexidade: Redes e Conexões na Produção do Conhecimento* (p. 61-93). Curitiba-PR: SENAR-PR, Coleção Agrinho.