



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ - REITORIA DE ENSINO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA

**APLICAÇÃO DA LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY: COMPREENSÃO E
PERSPECTIVAS DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

MACAPÁ - AP
2023

JIMI WESLEY MACIEL VIRGINIO

**APLICAÇÃO DA LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY: COMPREENSÃO E
PERSPECTIVAS DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Especialização em Ensino de Física da Universidade Federal do Amapá como requisito para a obtenção do grau de Especialista em Ensino de Física; área de Concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. David Antonio Sbrissa Neto.

MACAPÁ - AP
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

V817 Virginio, Jimi Wesley Maciel.
Aplicação da Lei de Indução de Faraday: compreensão e perspectivas dos alunos do ensino médio / Jimi Wesley Maciel Virginio. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 39 folhas.

Monografia (Especialização) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Especialização em Ensino de Física , Macapá, 2023.
Orientador: David Antonio Sbrissa Neto.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Ensino-Aprendizagem de Eletromagnetismo. 2. Lei de Indução de Faraday e aplicações.
3. Aprendizagem significativa e Experimentos. I. Sbrissa Neto, David Antonio, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 530

VIRGINIO, Jimi Wesley Maciel. **Aplicação da Lei de Indução de Faraday**: compreensão e perspectivas dos alunos do ensino médio. Orientador: David Antonio Sbrissa Neto. 2023. 39 f. Monografia (Especialização) - Coordenação do Curso de Especialização em Ensino de Física. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

JIMI WESLEY MACIEL VIRGINIO

**APLICAÇÃO DA LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY: COMPREENSÃO E
PERSPECTIVAS DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada no Curso de Especialização em Ensino de Física da
Universidade Federal do Amapá como requisito para obtenção do grau de
Especialista em Ensino de Física, sob orientação do Prof. Dr. David Antonio Sbrissa
Neto.

BANCA EXAMINADORA

Presidente da Banca/Orientador: Prof. Dr. David Antonio Sbrissa Neto.
Universidade Federal do Amapá

Membro: Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira
Universidade Federal do Amapá

Membro: Prof. Dr. Paulo Roberto Soledade Junior
Universidade Federal do Amapá

DATA DE APRESENTAÇÃO: ____/____/____

RESUMO

Neste trabalho, será apresentada uma sequência lógica e didática sobre o ensino-aprendizagem de eletromagnetismo, especificamente, a lei de Indução de Faraday, algumas de suas aplicações, perspectivas e compreensão que os alunos do ensino médio obtiveram sobre o assunto mediante a abordagem metodológica empregada. A abordagem metodológica consiste em apresentar à alunos do Ensino Médio, um experimento que mostre na prática a lei de indução de Faraday em um circuito elétrico com diferentes configurações, sua teoria e as aplicações do conteúdo em alguns casos do dia a dia. É proposta também uma entrevista almejando obter as concepções prévias dos estudantes e por fim analisar se a sequência lógica e didática empregada foi eficiente e significativa para a aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino-Aprendizagem de Eletromagnetismo. Lei de Indução de Faraday e aplicações. Aprendizagem Significativa. Experimentos.

ABSTRACT

In this work, a logical and didactic sequence will be presented on the teaching-learning of electromagnetism, specifically, Faraday's law of induction, some of its applications, perspectives and understanding that high school students obtained on the subject through the methodological approach employed. . The methodological approach consists of presenting high school students with an experiment that shows in practice Faraday's law of induction in an electrical circuit with different configurations, its theory and the applications of the content in some everyday cases. An interview is also proposed aiming to obtain the students' previous conceptions and finally to analyze whether the logical and didactic sequence employed was efficient and meaningful for learning.

Keywords: Teaching-Learning of Electromagnetism. Faraday's Law of Induction and applications. Meaningful Learning. Experiments.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	05
1.1 OBJETIVO GERAL	06
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	06
2 REFERENCIAL TEÓRICO	07
2.1 A LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY	07
2.2 CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	10
2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E NOVAK	11
3 METODOLOGIA	14
3.1 ELABORAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO	14
3.2 PROPOSTA METODOLÓGICA DIALÉTICA	15
3.3 ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1 DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA	18
4.2 FEEDBACK.....	23
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Em sala de aula é comum ouvir *“Por que tenho que aprender tal conteúdo?”* *“Qual a importância de tal assunto?”* *“O que tal conhecimento vai mudar em minha vida?”*. Essas são perguntas aparentemente simples, mas que para o aluno elas devem ser muito bem respondidas para que ele entenda seu papel na escola. Nesse contexto, é importante desenvolver estratégias e metodologias ativas [1] de ensino para que a aprendizagem seja significativa para o aluno, para que ele veja a importância das informações que estão sendo apresentadas. Dentre essas metodologias, a física é privilegiada por ter os recursos experimentais à disposição.

A experimentação no Ensino de Física é uma ferramenta importante, sendo parte fundamental do próprio processo da construção do conhecimento científico [2,3]. Ela possibilita a conexão entre teoria e prática estimulando os alunos a aprofundarem os seus conhecimentos e a compreenderem melhor as teorias e como as mesmas são aplicadas no cotidiano, permite também compreender como os fenômenos físicos acontecem no mundo real. Além disso, é importante destacar que, em grande parcela das escolas há falta de laboratórios de Física, o que impossibilita o professor, em muitas situações, de tornar o ensino de física mais eficiente, sobrando apenas a alternativa do próprio professor desenvolver os experimentos para levar a sala de aula. Por fim, destaca-se o uso afetivo e motivacional que o experimento agrega aos alunos, possibilitando que o aluno visualize determinado fenômeno e adquira uma base inicial do conhecimento físico e uma motivação científica para o estudo, que futuramente poderá ser trabalhado nas salas de aula de maneira teórica.

Na física, existem conteúdos com conceitos altamente abstratos, excessivamente teóricos e de difícil conexão com a realidade do aluno, e isso costuma ser um fator de dificuldade para se trabalhar em sala de aula. O eletromagnetismo costuma ser uma área de estudo que, para muitos estudantes, é carregada de abstrações, difícil até mesmo em seu caráter qualitativo, e entender como os alunos assimilam esses conhecimentos, muitas vezes abstratos, é importante para auxiliar o docente em sua prática escolar. Um exemplo complexo para os estudantes de Ensino Médio é a Lei de Indução de Faraday. De maneira simplória, a lei de Faraday diz que a variação do fluxo magnético que atravessa uma espira produz uma tensão elétrica induzida nessa espira, gerando assim uma corrente elétrica. A descoberta de Faraday apresenta atualmente muitas aplicações importantes na sociedade, como os dínamos.

Com relação ao Ensino de Física, na Base Nacional Curricular Comum (BNCC) [4], no que se refere aos assuntos relacionados ao tema *Matéria e Energia*, a lei de indução de Faraday é um tópico fundamental quando o tema é geração e produção de energia elétrica. Um recurso pedagógico muito comum e fácil para ilustrar o fenômeno da Lei de Indução de Faraday, é realizar um experimento com dínamo, equipamento que converte energia cinética em energia elétrica por meio do processo de indução eletromagnética. Basta um pequeno motor, semelhante ao do prato de micro-ondas, do flip de centrais de ar, comum à vários equipamentos mecânicos, para se conseguir reproduzir o fenômeno de indução e produzir energia elétrica.

Diante do exposto, o objetivo central desse projeto é desenvolver uma abordagem metodológica no contexto da Lei de Indução de Faraday, que consiste em realizar uma intervenção experimental com os alunos, na qual espera-se obter dos alunos as suas impressões, relações e analogias possíveis com relação ao conteúdo da Lei de Faraday. O objetivo central da proposta consiste em reconhecer nos alunos os conhecimentos prévios associados ao fenômeno. Além disso, objetiva-se realizar uma exposição do conteúdo através da dialética, explorando conhecimentos de física e matemática. Por fim, espera-se obter um *feedback* dos estudantes sobre tal abordagem, observando se a abordagem possibilitou uma compreensão do conteúdo e/ou estimulou os estudantes quanto ao tema.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma intervenção didática experimental sobre a lei de indução de Faraday em um circuito elétrico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer revisão e estudo bibliográfico sobre eletricidade e magnetismo;
- Revisar e pesquisar experimentos de eletromagnetismo;
- Elaborar e montar um experimento sobre a lei de indução de Faraday que envolva circuito elétrico;
- Elaborar uma exposição do conteúdo especificado;
- Analisar os resultados obtidos da intervenção didática mediante entrevistas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, será apresentada uma breve revisão da lei de Indução de Faraday, circuitos elétricos e associações de resistores, com foco na lei de indução. Na sequência, será explorada a base teórica de aprendizagem utilizada no presente trabalho, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

2.1 A LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY

Para compreendermos a lei de Indução de Faraday ou fenômeno de indução eletromagnética [5,6], temos que relembrar do experimento de Örsted, que mostrou em seus trabalhos que uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor produz um campo magnético ao seu redor. Diante desse contexto, surgiu o grande questionamento da época: seria possível produzir corrente elétrica a partir de um campo magnético? Foi então que, em 1831, na Inglaterra, o Físico Michael Faraday conduziu experimentos que mostraram ser possível obter o fenômeno reverso ao fenômeno descoberto por Orsted, a denominada Lei de indução de Faraday.

Em seus Experimentos, Faraday, observou que uma espira condutora de corrente elétrica imersa em um campo magnético gera uma corrente elétrica induzida quando o fluxo do vetor indução magnética atravessa a região interna da espira e venha sofrer qualquer tipo de variação. O fluxo do vetor indução magnética pode ser interpretada como a quantidade de linhas de campo do vetor indução magnética que atravessam a superfície, como mostrado na figura 01.

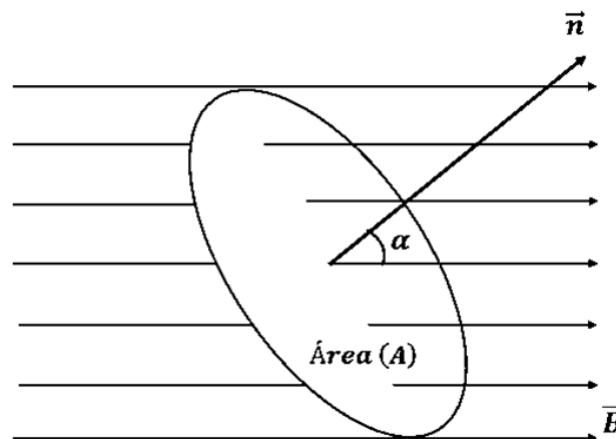


Figura 01: Superfície que é atravessada pelas linhas de campo do vetor indução magnética. Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com a figura 01, o fluxo do vetor \vec{B} pode ser dado por:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\alpha, \quad (1)$$

em que Φ é o fluxo do vetor \vec{B} que, no sistema internacional de medidas a unidade é weber (Wb), sendo $1Wb = 1T \cdot m^2$ e α é o ângulo formado entre o vetor normal à superfície A e o vetor campo magnético que atravessa essa superfície.

A intensidade da corrente elétrica induzida é dada por:

$$i = \frac{\varepsilon_m}{R}, \quad (2)$$

onde, i é a corrente elétrica induzida, medida em ampère (A), ε_m é a força eletromotriz média (f.e.m) induzida, medida em volt (V) e R é a resistência elétrica do material condutor, medida em ohm (Ω), conforme o sistema internacional de medidas.

O que a Lei de Faraday diz é: sejam ϕ_1 e ϕ_2 os fluxos do campo magnético \vec{B} através de uma espira nos instantes t_1 e t_2 , respectivamente, com $t_1 < t_2$. De acordo com a lei de Faraday, a força eletromotriz média (ε_m) induzida em uma espira em determinado intervalo de tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ é expresso por:

$$\varepsilon_m = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t}, \quad (3)$$

onde $\Delta\Phi = \phi_2 - \phi_1$ representa a variação do fluxo do campo magnético \vec{B} , nesse intervalo. O sinal negativo que aparece em (3) determina a polaridade da força eletromotriz induzida, conhecida como Lei de Lenz.

Foi Heinrich Lenz, em 1834, que explicou como determinar o sentido da corrente elétrica induzida ao estabelecer que: *o sentido da corrente induzida é tal que se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu.*

Qualitativamente, vamos analisar o sentido da corrente induzida numa espira devido a variação do fluxo magnético que atravessa a espira. Vamos considerar a situação em que um ímã se move em direção a uma espira condutora, conforme a figura abaixo.

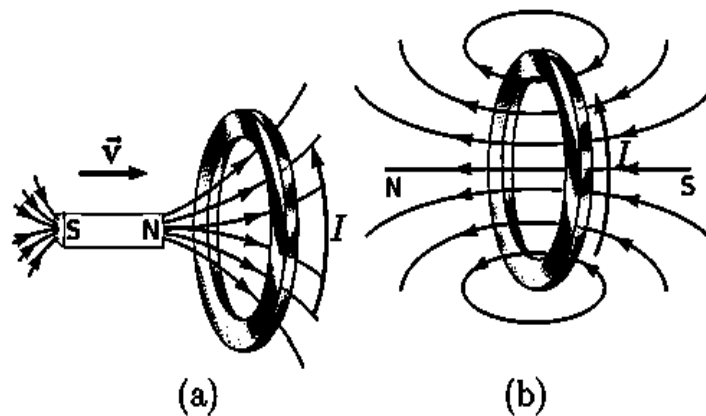


Figura 02 – Em (a) temos uma espira circular sendo atravessada pelas linhas de campo do campo magnético gerado pelo ímã que se movimenta da esquerda para direita. Em (b) temos a espira circular sendo atravessada pelas linhas de campo do campo magnético induzido. Fonte: nota de aula de Física III 2014/2 do professor Elvis Soares da UFRJ.¹

O que acontece é, quando o ímã se aproxima da espira o fluxo magnético externo através da espira aumenta com o tempo, conforme a figura 02 (a). Para compensar esse aumento de fluxo devido ao campo do ímã que se movimenta da esquerda para direita, a corrente induzida produz um campo magnético da direita para esquerda, conforme a figura 2 (b).

Agora, se o ímã se move da direita para esquerda o fluxo magnético através da área delimitada pela espira diminui com o tempo, conforme a figura 3 (c). E neste caso, a corrente induzida gera um campo magnético na mesma direção do campo externo, conforme a figura 3 (d).

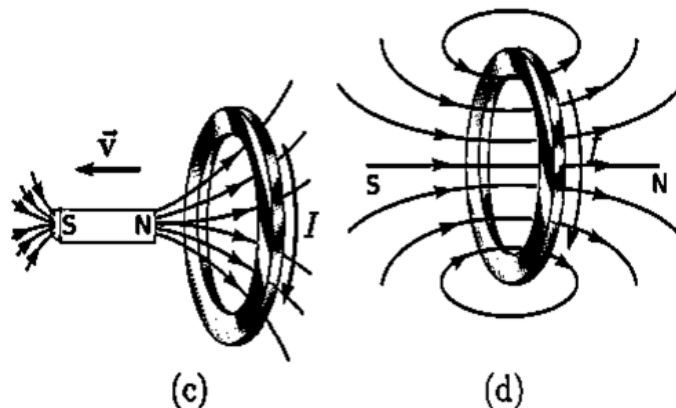


Figura 03 – Em (c) temos uma espira circular sendo atravessada pelas linhas de campo do campo magnético gerado pelo ímã que se movimenta da direita para esquerda. Em (b) temos a espira circular sendo atravessada pelas linhas de campo do campo magnético induzido. Fonte: nota de aula de Física III 2014/2 do professor Elvis Soares da UFRJ.²

1 Disponível em: http://sites.if.ufrj.br/esoares/wp-content/uploads/sites/50/2014/08/8-Inducao_Eletromagnetica.pdf. Acesso em novembro, 2022.

2 Disponível em: http://sites.if.ufrj.br/esoares/wp-content/uploads/sites/50/2014/08/8-Inducao_Eletromagnetica.pdf. Acesso em novembro, 2022.

Usinas hidrelétricas, termoelétricas, alternadores de automóveis, motor de micro-ondas e outros, são tipos de geradores de eletricidade que funcionam de acordo com a Lei de indução de Faraday, uma das leis fundamentais do eletromagnetismo com diversas outras aplicabilidades.

2.2 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Outro assunto igualmente importante a ser compreendido no Ensino Médio são os circuitos elétricos. Sendo assim, aproveitando o experimento de geração de energia elétrica, utiliza-se o mesmo modelo para conectar a circuitos didáticos e fazer o estudo da associação de componentes elétricos.

A análise física do comportamento das entidades elétricas, tais como Tensão (U) e Corrente (i) elétrica em circuitos fechados é apresentada no Ensino Médio através da associação de resistores em série, paralelo e misto. Sabe-se que nas associações em série figura 1, a corrente elétrica tem o mesmo valor em todos os componentes, enquanto a tensão elétrica é proporcional ao valor da resistência, de acordo com a Lei de Ohm $U = R \cdot i$ [5,6]. Sendo assim, para os circuitos em série, podemos escrever:

$$U_{total} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (4)$$

$$i_{total} = i_1 = i_2 = \dots = i_n \quad (5)$$

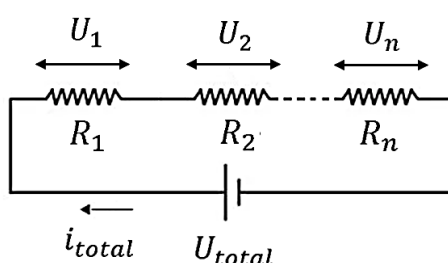


Figura 04 – Ilustração de um circuito elétrico associado em série. Fonte: elaborado pelo autor.

Já a associação em paralelo figura 2, ocorre a inversão dos comportamentos, ou seja, a corrente elétrica, que na associação em série é igual para todos os componentes, na associação em paralelo ela é dividida proporcionalmente ao valor da resistência. Por outro lado, a tensão elétrica, que na associação em série é a soma das tensões elétricas dos componentes, na associação em paralelo as tensões são

iguais em todos os componentes. Sendo assim, para circuitos em paralelo, podemos escrever:

$$i_{total} = i_1 + i_2 + \dots + i_n \quad (6)$$

$$U_{total} = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (7)$$

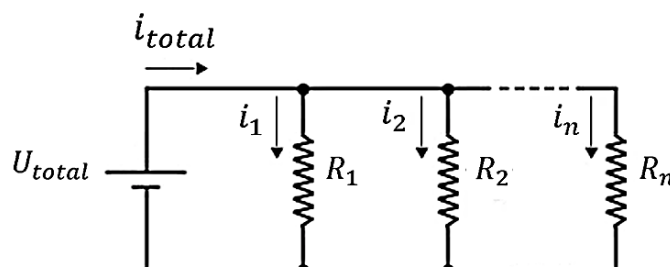


Figura 05 – Ilustração de um circuito elétrico associado em paralelo. Fonte: elaborado pelo autor.

2.3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E NOVAK

David Ausubel foi médico-psiquiatra de formação, mas que dedicou sua carreira acadêmica à psicologia da educação, aposentou-se e depois de vários anos voltou a trabalhar com psiquiatria. Mas, foi o professor de educação da Universidade de Cornell, Joseph D. Novak, que moldou e divulgou a Teoria de Aprendizagem Significativa, por isso é mais apropriado denotar *Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e Novak* [7,8].

A teoria da Aprendizagem Significativa busca explicar como funciona o processo de aprendizagem, como se organizam e se concretizam as informações recebidas na mente humana. Essa teoria está fundamentada na ideia de que a mente humana é uma estrutura organizada e que apresenta níveis ordenados de conhecimento.

Para Moreira & Masini [8]:

"Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos".

Conforme os autores, é este “armazenamento de informações” altamente organizado e hierarquizado que Ausubel denota de estrutura cognitiva.

Para Ausubel, o que mais contribui na aprendizagem é aquele conhecimento que o aluno já possui, ou seja, é papel do professor identificar esses conhecimentos, lapidar e ensinar de acordo com o que os alunos já possuem em sua estrutura cognitiva. Informações posteriores podem ser aprendidas e fixadas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, e é claro, estejam adequadamente claros e bem-organizados, de modo que essa estrutura cognitiva funcione como ponto de ancoragem aos novos conceitos e informações.

Quando uma nova informação se relaciona com um conhecimento relevante e inclusivo específico da estrutura cognitiva do aluno, ocorre um processo na qual Ausubel denominou de *conceito subsunçor* ou somente *subsunçor*³.

Tratando especificamente do eletromagnetismo, em particular, a lei de Faraday, pode-se imaginar o seguinte exemplo: imagine uma hipótese em que os conceitos de corrente elétrica, vetor e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, esses conceitos servirão de subsunçores para os novos conceitos referentes a corrente elétrica e campo magnético, como por exemplo, corrente elétrica induzida, campo magnético induzido, força eletromotriz induzida. Todavia, o processo de *ancoragem* dos novos conceitos permite o crescimento ou a modificação das informações subsunçoras. As modificações que acontecem com os conhecimentos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do estudante podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou pouco abrangentes e bem limitadas a depender da frequência em que ocorrem as ancoragens.

É importante destacar que, a aprendizagem significativa ocorre de diferentes maneiras. Segundo a referência [7], ela pode ser do tipo representacional, conceitual e proposicional.

Aprendizagem significativa do tipo representacional consiste em atribuir significados a determinados símbolos, onde estes símbolos podem ser informações, objetos, ideias.

³ O termo *subsunçor* não existe no léxico da língua portuguesa; é uma tentativa de aporuguesar palavra inglesa *subsumir*, algo equivalente a facilitador.

Aprendizagem significativa de conceitos é também do tipo representacional, ou seja, significados são atribuídos a símbolos, mas com a diferença de que agora estes símbolos vão denotar uma visão mais geral e categórica para os conceitos a qual esses símbolos vão se referir. Por terem este aspecto mais geral, os símbolos, vão carregar também abstrações das características daqueles conceitos representados simbolicamente.

Aprendizagem significativa do tipo proposicional consiste em atribuir significados a ideias expressas verbalmente por meio de conceitos, quer dizer, aqui se busca significar o conjunto de todas as palavras (cada palavra possui um significado particular) que compõe um conceito ou ideia, isto é, o significado aqui vai além dos significados particulares.

Essas representações simbólicas e de significados que generalizam as informações são interessantes para a construção de mapas mentais e conceituais, elas ajudam a organizar e estruturar os conhecimentos adquiridos além de ajudar no processo de ancoragem das informações. Os mapas mentais e conceituais são muito utilizados para fins de resumos e fixação de informações, pois criam um caminho lógico e hierárquico das informações na mente, semelhante a uma estrutura cognitiva.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida possui um caráter qualitativo. Foi proposto um experimento no qual os principais resultados deverão ser obtidos da interação direta com os alunos, através da dialética, avaliando os conhecimentos prévios, analogias e possíveis indagações dos estudantes quanto ao experimento da Lei de Indução de Faraday junto a um circuito elétrico.

3.1 ELABORAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO

A seguir será apresentada a versão do modelo didático proposto. Pode-se dividir a explicação do modelo em duas partes: A primeira delas diz respeito ao dínamo e à sensibilidade da indução eletromagnética (Lei de Faraday). A segunda parte está vinculada aos princípios eletrodinâmicos de circuitos elétricos – circuitos abertos e fechados, ligações, ramos, nós, associações.

Na parte de geração de energia, a proposta metodológica é baseada na movimentação do dínamo e funcionamento de determinado circuito. Nesse ponto, podem ser abordadas questões tais como:

- É necessário um ganho mecânico com polias e manivelas para visualizar o fenômeno?
- É necessário constante movimentação para fluxo contínuo de energia?
- Quais as consequências da variação do fluxo magnético no circuito?

Na parte do estudo dos circuitos elétricos, foi proposto também um modelo didático que favorecesse o entendimento do comportamento das entidades físicas associadas a tensão e corrente elétrica. Nesse ponto, podem ser abordadas questões tais como:

- Quais as características dos circuitos em série e em paralelo?
- Como medir a tensão e corrente elétrica nos circuitos elétricos?
- A energia elétrica do circuito pode se dissipar em quais outras formas de energia?

Enquanto etapas, a escolha do modelo didático de experimento prático veio da materialização para auxiliar na explicação e compreensão da Lei de indução de Faraday em um circuito elétrico. Em seguida, foi elaborado um modelo didático, de modo que visualmente permitisse ao público a percepção de todos os elementos envolvidos. O modelo se apresenta como um instrumento de ensino que pode ser aplicado tanto nos eventos de Feiras de Ciências quanto no contexto de sala de aula. Para esta última possibilidade, é importante registrar que estudantes que se destaquem no contexto educacional podem posteriormente assumir o papel de monitor, após o domínio dos conhecimentos científicos envolvidos, sendo também um disseminador do conhecimento científico.

3.2 PROPOSTA METODOLÓGICA DIALÉTICA

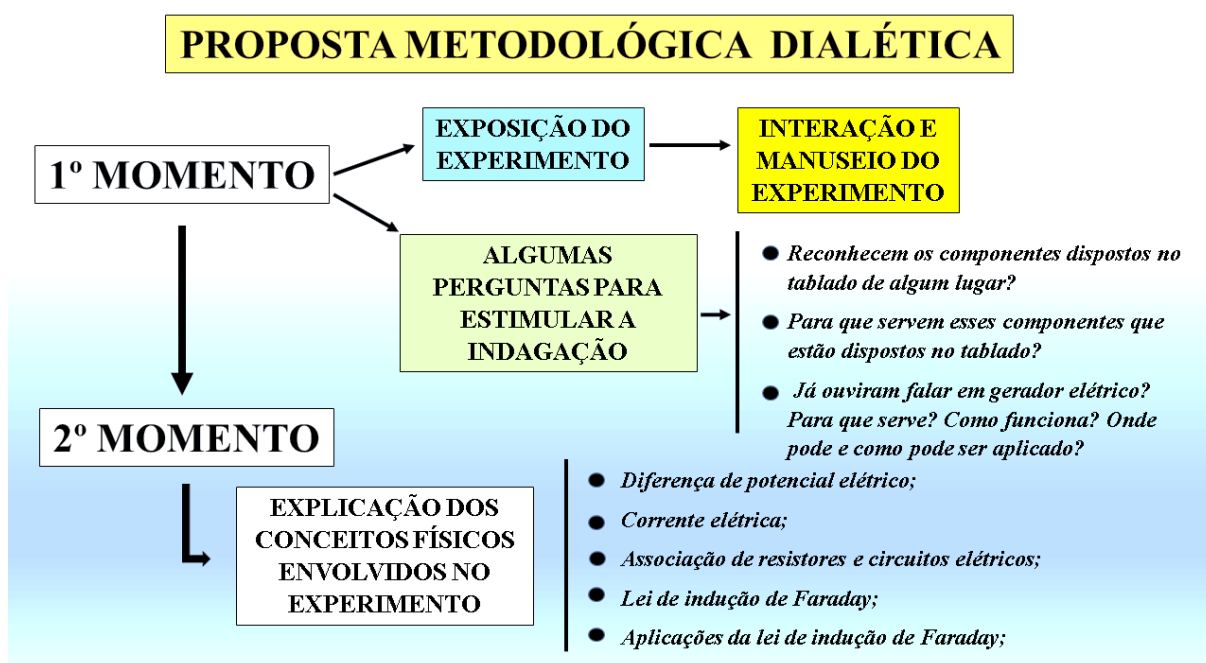


Figura 06 – Proposta metodológica dialética. Fonte: elaborado pelo autor.

3.3. ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento é constituído de uma base de madeira de dimensões 40 X 60 cm onde as peças do circuito elétrico serão instalados, um dínamo de micro-ondas (feito para funcionar com corrente alternada com picos de tensão que podem chegar até 220 volts), 8 LED's de alto-brilho branco para identificar os ramos dos circuitos

elétrico (simples, em série, em paralelo e misto), fios de cobre para conexões, 2 garras de jacaré, parafusos, pocalas, ruelas, pedaços de EVA para elevação da base e pinos de arrebites que servirão como terminais para medir as correntes e tensões elétricas em diferentes pontos dos circuitos. Vale lembrar que nesse ponto, o objetivo está no funcionamento do dínamo, em como ele gera eletricidade e consegue alimentar os LED'S nas configurações de circuitos elétricos construídos. Veja abaixo o modelo didático experimental.



Figura 07 – Proposta experimental vista de cima. São quatro possíveis tipos de circuitos. Simples, em série, em paralelo e mista. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 08 – Vista do experimento em perspectiva. Visualização do dínamo. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 09 - Exemplo de funcionamento do modelo didático. Fonte: elaborado pelo autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho, expôs uma proposta experimental para ensino de conceitos de física elétrica, tais como geração de energia elétrica e associação de resistores. Com o presente modelo didático interativo, é possível apresentar, de maneira sensorial, conceitos abstratos da física elétrica, proporcionando aos estudantes uma experiência prévia com fenômenos importantes do dia a dia.

O experimento obtido é uma versão simples, onde pontos importantes do modelo, como a robustez e a visualização dos componentes foram otimizadas e possibilitaram um experimento plenamente satisfatório de fácil fabricação e utilização por professores nas salas de aula, mas também com grande potencial de aplicação em feiras de ciências em geral para divulgação científica.

Com relação aos materiais. Custo baixo / acessíveis / montagem igualmente fácil.

Questões importantes levantadas: física de resistores com dispositivos LED? Abordagem qualitativa do experimento. Valor do LED extremamente acessível / possibilidades de adaptação.

A presente proposta foi desenvolvida visando a manipulação e interação efetiva dos estudantes, podendo ser utilizada tanto em sala de aula quanto em exposições públicas. Trata-se de um experimento robusto e didático, como uma sensibilidade mecânica suficiente para proporcionar ao estudante uma experiência de indução eletromagnética constante.

4.1 DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA

As intervenções didáticas foram realizadas com turmas de 3ª do Ensino Médio de duas escolas, do Colégio Equipe localizada no bairro Jesus de Nazaré e do IFAP localizada no bairro do Brasil Novo, BR 210, ambas em Macapá. A escolha das instituições aconteceu por motivo de facilidade ao acesso as turmas de responsabilidade dos professores de física Jimi Wesley e Felipe Monte respectivamente. Abaixo estão alguns dos registros da intervenção didática realizada.

▪ INTERVENÇÃO DIDÁTICA NO COLÉGIO EQUIPE:



Figura 10 – Alunos manuseando o experimento no primeiro momento da pesquisa. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 11 – Neste momento os alunos ficam se indagando sobre possíveis conexões e suas consequências. Fonte: elaborado pelo autor.

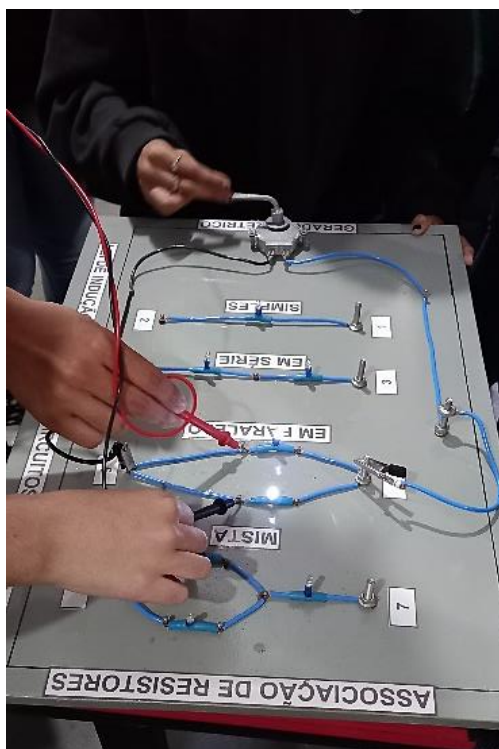


Figura 12 – Neste momento com auxílio de um multímetro algumas quantificações de tensão e corrente elétrica começaram a ser realizadas. Fonte: elaborado pelo autor.

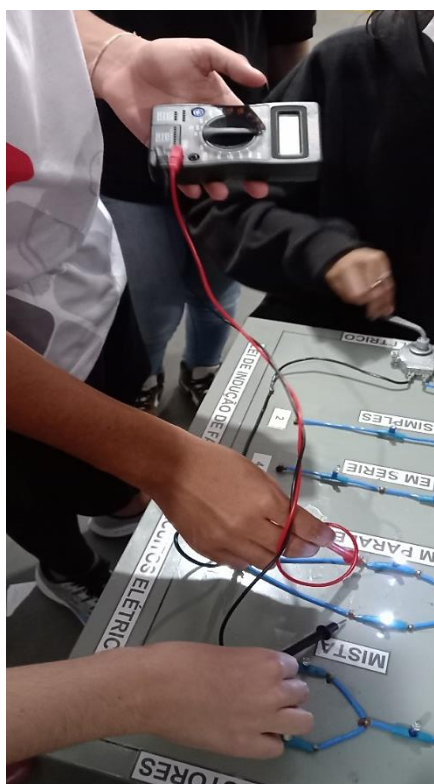


Figura 13 – Os alunos de um a um se revezam para manipular os multímetro. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 14 – Aqui os alunos constroem com seus corpos um circuito em série para verificar que o corpo humano pode ser um condutor elétrico. O interessante é que aos poucos mais alunos despertam o interesse em participar e manipular o experimento. Fonte: elaborado pelo autor.

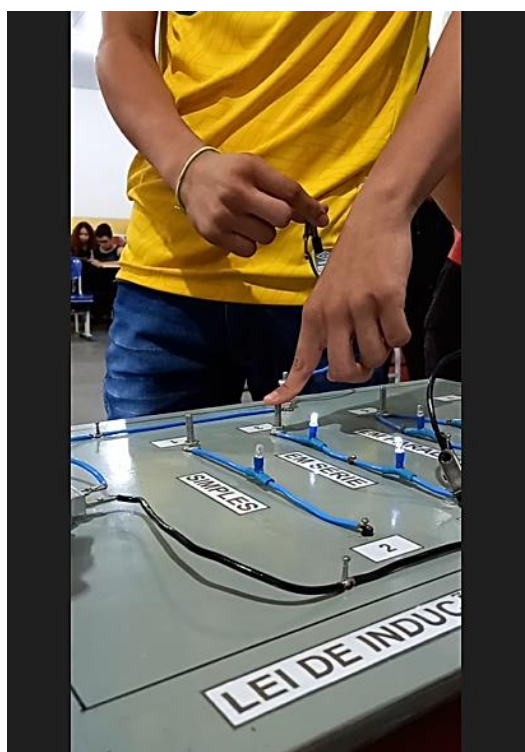


Figura 15 – Aluno mostra que seu corpo pode ser um condutor. O seu corpo fecha o circuito e a corrente flui por ele acendendo os LED's na associação em série. Fonte: elaborado pelo autor.

- INTERVENÇÃO DIDÁTICA NO IFAP:



Figura 16 – Alunos manuseando o experimento no primeiro momento da pesquisa. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 17 – Os alunos aos poucos vão se aproximando e interagindo com o experimento. Fonte: elaborado pelo autor.



Figura 18 – Momento de diálogo e algumas explicações sobre a física do experimento pedida pelos alunos. Fonte: elaborado pelo autor.

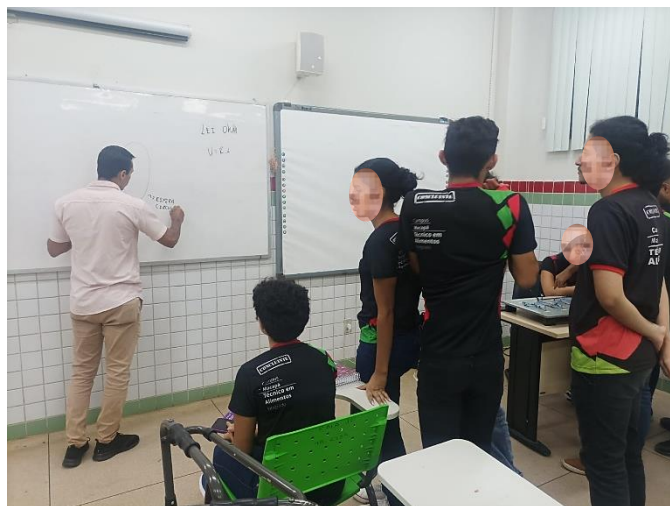


Figura 19 – Momento em que se foi dada uma pequena noção teórica do funcionamento do experimento. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 20 – Momento em que os alunos começaram a resolver e problemas relacionados a circuitos elétricos de acordo com a experimentação. Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 FEEDBACK

Após a aplicação do experimento e a ministração das aulas teóricas, com intuito de verificar a eficiência da metodologia aplicada, foi desenvolvido um pequeno roteiro de perguntas para coletar um elemento importante da pesquisa, o relato dos alunos. O roteiro desenvolvido está exposto abaixo.

- O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?
- O experimento contribuiu para compreender a teoria física?
- A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?
- Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?
- Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?
- Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Neste momento será exposto algumas das respostas coletadas a partir dos questionários aplicados.

ALGUNS DOS FEEDBACK DOS ALUNOS:

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim, os experimentos ajudam a melhorar a compreensão dos fenômenos.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, os experimentos ajudam a entender a teoria com mais clareza.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim, foi possível assimilar as informações.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, o experimento relembrou situações do cotidiano.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, após estudarmos a teoria, os experimentos ajudaram a entender a prática de maneira mais eficiente.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Sim, estudar a teoria conjuntamente com os experimentos para melhor compreensão.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim, pude compreender facilmente as questões elaboradas

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, os conceitos podem ser um pouco complicados, mas compreendi.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a você ajudou na assimilação das informações?

Sim, na prática sempre consigo entender.
A prática facilita a entender as teorias

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, após o experimento fica claro como certas coisas funcionam

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, pois praticamos a teoria, que deixa de ser mais fácil de se entender.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Não.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim. Vale a pena fazer no momento como foi nos apresentados e assim.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim. Facilitou a aprendizagem de assunto como um todo.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Perfeitamente. A forma didática nos inseriu em um contexto próximo a realidade.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim. O funcionamento dos geradores

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim. Porém, para meu entendimento aprendeu primeiro a teoria e depois a prática ficou mais fácil

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

- 1- trazer mais aulas práticas.
- 2- Explicar de maneira mais didática e aproximada de cotidiano (como já foi realizado na apresentação)
- 3- Trabalhar o assunto de forma detalhada e tanto com a teoria quanto a utilização no cotidiano

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim, pois a aula foi direta e bem clara.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, pois deu um complemento para compreender melhor a teoria.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim, as aulas não ficam tão entediantes quando é mais dinâmica.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, foi possível associar com as lâmpadas de ifap.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, mas acredito que na prática o entendimento é melhor.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

As aulas são legais, mas às vezes a explicação poderia ser mais detalhada.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim, foi um ótimo embasamento para compreender e depois ir para a teoria.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, ajudou a fixar melhor os conceitos.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a você ajudou na assimilação das informações?

Sim, pois com a alternância de teoria e prática ficou mais fácil de 'ligar' os assuntos apresentados.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, com os exemplos das lâmpadas no dia da apresentação.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Foi mais fácil associar a teoria depois da prática.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Ter mais aulas práticas.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim, pois de maneira clara e experimental entendemos alguns processos da eletricidade.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, acredito que aulas onde os alunos podem discutir como professor de forma mais livre e prática ajuda muito.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim, pois acredito que a prática antes da teoria ajuda no melhor entendimento do assunto.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, por causa dos exemplos citados, o entendimento do quanto o assunto eletrodinâmica está presente no nosso dia a dia. Por exemplo: o funcionamento de lâmpadas.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim!

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Acredito que trazer coisas/materiais mais práticos ou manuais pode ajudar na melhora do aprendizado.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim!

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim!

A maneira como o assunto de física foi apresentada a você ajudou na assimilação das informações?

Sim, ficou bem mais claro entender a explicação teórica em sala de aula.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim!

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, foi bem mais fácil!

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Sim, ensinar brincando. Creio que quando o ensinamento se torna divertido é mais fácil de aprender.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim! Foi uma ótima base para compreendermos o conteúdo.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, já que foi possível fixar melhor o conteúdo de Eletrodinâmica.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim, já que fugiu ~~apenas~~ da teoria vista em sala e foi representado de maneira prática.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, quando acendemos uma lâmpada por exemplo.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, já que se torna um "contato mais direto" com tudo o que foi representado na teoria.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Sim! Mostrar em prática os experimentos é uma boa maneira para essa melhoria.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim. A forma prática torna mais simples e "leve" o aprendizado. Muita teoria torna o assunto ~~massante~~ massante.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim, se tornou muito mais interessante, o que me fez dar mais atenção e me dedicar mais. A teoria em paralelo com a prática deixa a disciplina e a aula mais eficiente.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, vários, compreender o básico ajuda a entender o funcionamento de diversos equipamentos.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

Sim, acredito que deveria ter prática e teoria, em proporções iguais.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Colocar os dois métodos (teoria e prática) em paralelo em proporções iguais, de modo que o estudo não seja ~~massante~~ massante, e a prática sem sentido. É importante, também, trazer experimentos diferentes e que despertem a curiosidade.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físicos?

Sim, pois ajudou a compreender certos fenômenos físicos que ocorrem durante o dia-a-dia, utilizando os lados.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim, pois pude por em prática o que foi ensinado no experimento em uma resolução de uma atividade.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a você ajudou na assimilação das informações?

Sim, o assunto foi apresentado de forma bem prática o que pode facilitar a compreensão das informações.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, utilizar o experimento e associando a rede elétrica de uma casa, tornou fácil a compreensão do experimento.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

A prática tornou a teoria bem mais fácil de se compreender.

Têm alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

As aulas experimentais seriam mais práticas se logo após haver uma atividade.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim, pois através da participação ativa do experimento foi crucial para a construção de conhecimentos, facilitando o entendimento do conteúdo compartilhado.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim. Com a prática, a teoria se tornou mais fácil de compreender, pois aproxima o conteúdo estudado em sala do cotidiano dos alunos.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim. A visualização de cada configuração na prática contribuiu para a absorção das mesmas.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, como o funcionamento de pisca-pisca, pois por ser em série, quando uma queima, o restante dos led's também para de funcionar.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

A física é uma das áreas de conhecimento mais interessantes, porém pouco se vê em sala de aula sua aplicação, então ~~seja~~ com a prática, o entendimento da física se tornou mais eficiente.

Tem alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Justamente aliar a prática com a teoria, através de dinâmicas que incluam os alunos de forma ativa na aula.

Feedback

O experimento ajudou no entendimento dos fenômenos físico?

Sim, pois através da participação ativa do experimento foi crucial para a construção de conhecimentos, facilitando o entendimento do conteúdo compartilhado.

O experimento contribuiu para compreender a teoria física?

Sim. Com a prática, a teoria se tornou mais fácil de compreender, pois aproxima o conteúdo estudado em sala do cotidiano dos alunos.

A maneira como o assunto de física foi apresentada a vocês ajudou na assimilação das informações?

Sim. A visualização de cada configuração na prática contribuiu para a absorção das mesmas.

Foi possível associar o experimento com o funcionamento de alguma coisa no dia a dia?

Sim, como o funcionamento de pisca-pisca, pois por ser em série, quando uma queima, o restante dos led's também para de funcionar.

Foi possível entender a física na prática e na teoria de maneira eficiente?

A física é uma das áreas de conhecimento mais interessantes, porém pouco se vê em sala de aula sua aplicação, então ~~seja~~ com a prática, o entendimento da física se tornou mais eficiente.

Tem alguma sugestão para melhorar o ensino-aprendizagem de física?

Justamente aliar a prática com a teoria, através de dinâmicas que incluam os alunos de forma ativa na aula.

5 CONCLUSÃO

A partir das informações apresentadas, ficou claro e evidente que a utilização de experimentos didáticos que os próprios alunos possam manusear, interagir, proporcionam uma certa motivação em participar das aulas, de discutir, conversar e expor seus pensamentos sem medo de errar, diferentemente de uma aula tradicional expositiva e dialogada. Mas, esta experimentação não deve ser aplicada ou vir sem nenhum planejamento ou metodologia, pois, a ancoragem de conhecimento necessita que as informações se conectem entre si de maneira lógica, caso contrário, as explicações podem ficar confusas.

Em relação ao experimento, explicar a Lei de indução de Faraday ficou muito fácil na prática e que relacionando sua aplicação com circuitos elétricos a proposta ficou muito eficaz, pois foi possível explicar de maneira básica como algumas usinas de geração de energia elétrica funcionam e permitem que os eletrodomésticos nas residências funcionam.

O mais interessante observado foi que, nenhum aluno fazia ideia de como era por dentro do gerador elétrico e como ele funcionava, como fazia a transformação da energia não elétrica em elétrica. Alguns até relataram que não manuseariam o experimento por medo de uma “descarga elétrica”, mas que após observar os alunos testarem resolveram interagir, ou seja, compreendeu a física e passou a ter menos medo de eletricidade.

Outro ponto observado foi que, inicialmente apenas alguns alunos se aproximaram do experimento, e conforme eles próprios iam interagindo, divertindo-se e brincando, os demais iam se aproximando e querendo participar da aula, sem que o professor o convocasse diretamente.

De maneira geral, verificou-se que na prática, os alunos compreenderam muito bem o experimento, mas que quando foi explorada a parte teórica, principalmente a parte de cálculos matemáticos os alunos demonstravam uma certa dificuldade, isso devido a sua matemática básica, pouco desenvolvida. Porém, observou-se que, mesmo com as dificuldades matemáticas, ocorreu uma maior participação dos alunos na aula teórica, uma dedicação maior. Mas vale ressaltar que o experimento esteve presente em todos os momentos, pois estimulava as lembranças dos fenômenos físicos.

Outro ponto a destacar é, fica muito mais fácil durante a manuseio do experimento já indo explicando a teoria, visto que, a atenção do aluno está totalmente ali, naquele momento.

Por conseguinte, no ensino de física é fundamental explorar a prática experimental, não de maneira apenas expositiva do funcionamento do experimento, mas sim, que os próprios alunos os manuseiem, interagindo e tirando suas próprias conclusões semelhante a um processo metodológico científico. Vale ressaltar que a experimentação deve vir acompanhada de um planejamento e do desenvolvimento de estratégias metodológicas para ministração dos conteúdos baseada na ideia de ancoragem de conhecimento, semelhante ao desenvolvido neste trabalho, que mostrou ser bastante eficiente e eficaz cumprido todos os objetivos inicialmente listados.

REFERÊNCIAS

- [1] DO NASCIMENTO, Juliano Lemos; FEITOSA, Raphael Alves. Metodologias ativas, com foco nos processos de ensino e aprendizagem. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, p. e622997551-e622997551, 2020.
- [2] SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.
- [3] BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polônia Altoé; BLINI, Ricardo Brugnonle. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.
- [4] BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- [5] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert e WALKER, Jearl, Fundamentos de Física Volume 3 Eletromagnetismo, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2007.
- [6] NUSSENZVEIG, H.Moysés, Curso de Física Básica 3 Eletromagnetismo, Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 1997.
- [7] AUSUBEL, David P. A aprendizagem significativa. São Paulo: Moraes, 1982.
- [8] MOREIRA MA, MASINI ES. Aprendizagem significativa: a Teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes; 1982.
- [9] RODRIGUES, Inaiara Leite et al. Uma proposta de sequência didática com o uso de experimentação para a construção de conceitos de eletromagnetismo no ensino médio. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 15, p. 021017, 2021.
- [10] ROSAS, Ajax Wellington Parente. Tópicos do eletromagnetismo abordados com uma sequência didática experimental para uma aprendizagem significativa no ensino médio. 2020.