

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALEXSANDRO FERNANDES FUZARI

**UMA PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

Cariacica
2017

ALEXSANDRO FERNANDES FUZARI

**UMA PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal do Espírito Santo Campus Cariacica no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Emmanuel Marcel Favre Nicolin

Cariacica
2017

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS CARIACICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**"Uma Proposta de UEPS para o Ensino de Indução
Eletromagnética"**

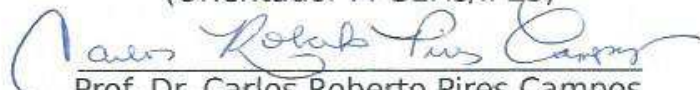
Alexsandro Fernandes Fuzari

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, campus Cariacica como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 08 de junho de 2017.

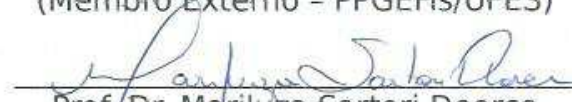
Comissão Examinadora


Prof. Dr. Emmanuel Marcel Favre-Nicolin
(Orientador PPGEFis/IFES)


Prof. Dr. Carlos Roberto Pires Campos
(Membro Externo CEUNES/UFES)


Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon
(Membro Interno PPGEFis/IFES)


Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
(Membro Externo - PPGEFis/UFES)


Prof. Dr. Mariluz Sartori Deorce
(Membro Interno PPGEFis/IFES)

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

J949p Fuzari, Alexsandro Fernandes

Uma proposta de UEPS para o ensino de indução eletromagnética / Alexsandro Fernandes Fuzari – 2017.

119 f. : il.; 30 cm

Orientador: Emmanuel Marcel Frave Nicolin

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2017.

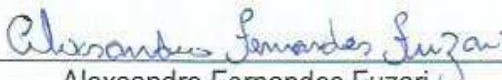
1. Indução eletromagnética. 2. Aprendizagem significativa. 3. Situações-problema. I. Nicolin, Emmanuel Marcel Frave. II. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. III. Sociedade Brasileira de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que esta Dissertação Mestrado pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Cariacica, 6 Julho de 2017.


Alexandro Fernandes Fuzari

Agradecimento

São muitos a quem eu tenho que agradecer, por isso desde já, peço desculpa se por acaso deixei citar alguém.

Agradeço primeiramente a Deus por todas as conquistas que ele tem realizado na minha vida.

A minha família. Meus pais, João e Jane, por todo apoio que sempre me deram e pela educação que me conduziu a ser homem que sou hoje. A minha esposa, Sheila, pela paciência e apoio me deu nessa jornada.

Aos meus amigos do colégio naval. Em especial ao Professor Mauro Flora por me apoiar e acreditar em mim, mesmo quando nem eu mesmo acreditava. Ao professor Marco Antônio por todo apoio. Ao professor Marcelo Gulão pelo incentivo e por me falar sobre a inscrição do MNPEF. Ao professor Emerson Tomaz pelas conversas e trocas de ideias. À professoras Shirlane pela grande ajuda na correção dessa dissertação. Meus agradecimentos à todos os professores que me apoiaram.

Ao meu orientador Emmanuel Marcel Favre Nicolin, por todo auxílio, zelo e paciência. Muito obrigado professor.

Aos professores e colegas de IFES-Cariacica. Aos meus colegas de mestrado, pelo apoio e por toda ajuda que vocês me deram nessa jornada. Aos professores, pelos conhecimentos e experiências que foram passadas. Em especial, ao professor Marcio Bolzan pela oportunidade que me deu e ao professor Robson por suas dicas.

Em fim, a todos que me ajudaram e me apoiaram nesses dois anos.

Resumo

Este trabalho é uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS) do conteúdo de indução eletromagnética. As UEPS são sequências de ensino, propostas pelo professor Dr. Marcos Antônio Moreira, fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria dos campos conceituais de Vergnaud. A proposta de UEPS apresentada nesse trabalho inclui algumas ferramentas investigativas, em que o aluno seja um agente ativo do seu processo aprendizagem, contrapondo-se às práticas tradicionais de ensino. Nessa UEPS, procura-se sempre manter os alunos como protagonistas de sua aprendizagem, promovendo um constante diálogo ao longo da unidade de ensino, tanto na dimensão das interações aluno-aluno quanto nas interações aluno-professor, promovendo a autonomia e a motivação dos alunos. Essa UEPS foi aplicada nas turmas de 3º ano do Colégio Naval, durante parte do último bimestre do ano letivo de 2015. O Colégio Naval é uma instituição de ensino federal pertencente ao sistema de ensino da Marinha.

Palavras-chaves: Indução Eletromagnética. Aprendizagem Significativa. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. Situações-problema.

Abstract

This study paper proposes a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) of the content of electromagnetic induction. The PMTU are teaching sequences, proposed by Professor Dr. Marcos Antônio Moreira, theoretically based, focused on the meaningful learning of Ausubel and the theory of conceptual fields of Vergnaud. The PMTU proposal presented in this paper includes some investigative tools, in which the student is an active agent of his/her learning process, opposed to traditional teaching practices. In this PMTU we always try to keep students as protagonists of their learning, proposing a constant dialogue throughout the teaching unit, both in the dimension of student-student interactions and in student-teacher interactions, promoting the students' autonomy and motivation. This PMTU was applied in the 3rd year classes of the Colégio Naval, during part of the last two-month period of school year in 2015. The Colégio Naval is a federal teaching institution belonging to the Navy's teaching system.

Keywords: Electromagnetic Induction. Meaningful Learning. Potentially Meaningful Teaching Unit. Situations-problems.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Rotação de um ímã em torno de um condutor e vice-versa	33
Figura 2 - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética	35
Figura 3 - Experimento da pinça	35
Figura 4 - Espira retangular girando em um campo magnético	37
Figura 5 - Ímã em forma de barra e linhas de campo magnético	38
Figura 6 – Espira imersa em um campo magnético	39
Figura 7 - Espira retangular girando em um campo magnético	40
Figura 8 – Ímã em movimento em relação a uma espira circular	41
Figura 9 - Polos iguais se repelindo	42
Figura 10 - Polos contrários se atraindo	42
Figura 11 - Transformador de tensão	43
Figura 12 - Gerador de corrente alternada simplificado	45
Figura 13 - Gráfico da f.e.m induzida em função do tempo	46
Figura 14 - Fluxograma da proposta de UEPS	48
Figura 15 - Colégio Naval	51
Figura 16 - Brasão do Colégio Naval	53
Figura 17 - Rosa das virtudes	55
Figura 18 - Situação-problema: ímã ao cair atravessa uma espira circular	66
Figura 19 - Exercício propostos para se discutir correntes de Foucault	68
Figura 20 - Situação-problema: Como seria possível transmitir energia elétrica de um circuito fechado para outro circuito fechado independente?	70
Figura 21 - Exemplo de exercício proposto no encontro 8 envolvendo derivada	73
Figura 22 - Exercício a respeito da produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica.....	75

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	14
2.2	TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD.....	19
2.3	UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS	21
2.4	A DISPOSIÇÃO E MOTIVAÇÃO PARA APRENDIZAGEM	24
2.5	O LABORATÓRIO INVESTIGATIVO	25
2.6	DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA	28
3	INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	30
3.1	BREVE HISTÓRICO	30
3.2	FLUXO MAGNÉTICO (OU FLUXO DE INDUÇÃO)	37
3.3	TRÊS FORMAS DE PROVOCAR UMA VARIAÇÃO DO FLUXO MAGNÉTICO ...	38
3.3.1	Variação do campo magnético	38
3.3.2	Variação da área	39
3.3.3	Variação do ângulo θ	39
3.4	LEI DE FARADAY	40
3.5	LEI DE LENZ (SENTIDO DA CORRENTE INDUZIDA)	41
3.6	TRANSFORMADOR DE TENSÃO	43
3.7	GERADOR DE CORRENTE ALTERNADA	44
4	O PRODUTO EDUCACIONAL	47
5	CONTEXTO ESCOLAR	51
5.1	BREVE HISTÓRICO DO COLÉGIO NAVAL..	51
5.2	O COLÉGIO NAVAL ATUAL	53
5.3	O ALUNO DO COLÉGIO NAVAL	54
6	APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE UEPS	56
6.1	ENCONTRO 1	56
6.2	ENCONTRO 2	59
6.3	ENCONTRO 3	61
6.4	ENCONTRO 4	64
6.5	ENCONTRO 5	67
6.6	ENCONTRO 6	69
6.7	ENCONTRO 7.....	71
6.8	ENCONTRO 8	72
6.9	ENCONTRO 9	75
6.10	ENCONTRO 10	78
6.11	COMENTÁRIOS DO PROFESSOR E ANÁLISE FINAL	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	ANEXO	82

Capítulo 1 - Introdução

O ensino de Física na educação básica enfrenta vários problemas como falta e/ou despreparo de professores, más condições de trabalho, poucas aulas semanais para um conteúdo extenso, dentre outros. Além disso, os conteúdos da Física costumam ser ensinados de maneira mecânica. “[...] Os alunos copiam os conhecimentos como se fossem informações a serem memorizadas, reproduzidas nas avaliações e esquecidas logo após” (MOREIRA, 2011, p.2).

Nesse modelo tradicional, o aluno é um agente passivo e o professor deposita o conhecimento em sua “mente vazia”, ou seja, os alunos são ouvintes e sua função é a memorização o conhecimento transmitido pelo professor. O aluno é um recipiente de informações e assim e o que ele faz é decora fórmulas, leis, macetes para provas e as esquece logo após a avaliação. Precisa-se, portanto, de novas orientações para o processo de ensino-aprendizagem.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000, p.22) afirmam que:

‘[...] Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.”

Nota-se uma contradição entre tal afirmação e a realidade vivida na maioria das escolas.

É nessa perspectiva que se fazem necessários propostas de sequência didática com outras abordagens. Assim, a proposta deste trabalho é a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre indução eletromagnética.

A proposta de elaboração da UEPS busca uma aprendizagem significativa, incluindo algumas ferramentas investigativas, em que o aluno seja um agente ativo do seu

processo de aprendizagem, contrapondo-se às práticas tradicionais de ensino. Para promover aprendizagem significativa, os materiais de ensino precisam ser potencialmente significativos (MOREIRA, 1999).

A sequência didática desenvolvida envolverá situações-problema na perspectiva da teoria dos Campos Conceituais e laboratório investigativo utilizando atividades de alto grau de liberdade em que os alunos recebem do professor o problema e são responsáveis pelo trabalho intelectual e operacional de resolução. Nesse sentido, essa sequência didática busca uma participação ativa do aluno, com o professor como mediador que propõe um conjunto de situações-problema pensadas como ponto de partida para a construção de conceitos.

Outro aspecto desta proposta é abordar a história do eletromagnetismo, desde o experimento de Oersted até o princípio da indução de Faraday. Aqui a ideia consiste em trabalhar a história do eletromagnetismo não só como conteúdo, no qual são estudados a construção e evolução do conhecimento científico, mas também como elemento motivacional a fim de promover a argumentação por partes dos alunos. Assim essa abordagem do contexto histórico busca estimular a participação argumentativa dos alunos buscando criar ambientes de aprendizagem de forma que os alunos adquiram habilidades argumentativas a partir dos dados por eles obtidos, a fim de construir justificativas (CARVALHO, 2011).

Por fim, a sequência enfatizará também as aplicabilidades da indução eletromagnética no mundo atual, em conformidade com o que afirmam Angotti, Bastos e Mion (2001, p. 185):

“[...] Há a preocupação em fazer com que as coisas funcionem e saber como elas funcionam, sem pensar no seu potencial emancipador ou não, isto é, sem compreender que esse aprendizado pode ser um componente de ações libertadoras do desconhecimento, o que provoca a opressão. Isso implica em dizer que não se dá atenção à “adequada interpretação” do significado que a tecnologia possui. Nesse sentido, ensinar e aprender Física, é ao mesmo tempo adquirir conhecimentos científicos históricos e socialmente construídos, de modo a propiciar o entendimento de fenômenos da natureza bruta, bem como da transformada, com os quais interagimos diariamente.”

Os objetivos gerais deste trabalho consistem em desenvolver uma sequência didática na forma de UEPS para o conteúdo de Indução Eletromagnética e analisar indícios de aprendizagem de conceitos de indução eletromagnética por meio de uma sequência didática estruturada na forma de UEPS. Procura-se também analisar especificamente a capacidade do aluno de identificar o uso da indução eletromagnética no dia a dia. Outro objeto específico é desenvolver um guia didático do conteúdo de indução eletromagnética. Esse trabalho pretende não apenas aumentar o interesse dos alunos e fortalecer o processo de aprendizagem, mas também apresentar a ciência como uma construção humana e as tecnologias contemporâneas que utilizam os conceitos de indução eletromagnética, uma vez que tais tecnologias constituem um bem imaterial da sociedade.

Capítulo 2 - Referencial Teórico

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Ausubel é médico-psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional. Ausubel propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, de um ponto de vista cognitivista (MOREIRA, 1999). Sua teoria se baseia na ideia de que existe uma estrutura cognitiva entendida como o conteúdo total das ideias de um indivíduo. Para Ausubel, a aprendizagem significa a organização e integração do conteúdo (material de aprendizagem apresentado) na estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa, para Ausubel, “[...] é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p.153). Ele ainda afirma que:

“O conhecimento significativo é por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.”(AUSUBEL, 2003, p.VI)

“[...] É o processo pelo qual um novo conhecimento se relaciona de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do estudante, o conhecimento prévio interage, de forma significativa, com o novo conhecimento que lhe é apresentado, provocando mudanças em sua estrutura cognitiva.” (SILVA, SCHIRLO, 2014, p.38)

A aprendizagem consiste na criação de novas relações na estrutura cognitiva do aluno. Para tal, os novos conceitos interagem com uma estrutura de conhecimento específico, denominada por Ausubel de subsunção. Segundo nos diz Ausubel (1973, apud SILVA, SCHIRLO, 2014, p.38), um:

“[...] Subsunção é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito.”

Podemos dizer, por exemplo, que se os conceitos de linhas de campo e corrente elétrica já existirem na estrutura cognitiva do estudante, servirão de subsunções para novas informações referentes aos conceitos de indução eletromagnética.

Assim, segundo Ausubel, “o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, cabe o professor identificar isso e ensinar de acordo” (MOREIRA, 1999, p.152). Em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como “[...] aquela que encontra pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva dos estudantes, com a qual se possa relacionar, não promovendo a interação entre o que já está armazenado e as novas informações.” (SILVA, SCHIRLO, 2014, p.39)

Uma aprendizagem em que novas informações são memorizadas de maneira arbitrária, literal é não significativa. Um tipo de aprendizagem não significativa, encontrada na escola atual, é aquele que leva os estudantes a decorar fórmulas e leis, e esquecendo-as depois da avaliação (MOREIRA, 2012).

Em resumo, a aprendizagem torna-se muito mais significativa, à medida que o novo conteúdo vai sendo incorporado às estruturas de conhecimento do aluno e adquire significado para ele ao se relacionar com seu conhecimento prévio. Caso contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva sem essa atribuição de significado, e esse novo conteúdo é simplesmente “depositado” isoladamente ou por meio de associações arbitrárias cognitivamente.

Ausubel diz que para ocorrer aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender. “O aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo conhecimento (...) à sua estrutura cognitiva” (MOREIRA, 1999, p.156). Em outros termos,

“[...] o estudante que aprende deve se predispor a relacionar (diferenciando e integrando) interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva prévia, modificando-a, enriquecendo-a, elaborando-a e dando significados a esses conhecimentos.” (MOREIRA, 2012 p.12).

No entanto, se o indivíduo memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Por isso, é importante buscar práticas motivadoras que promovam uma participação ativa do aluno, desenvolvendo sua autonomia.

Além disso, para que o processo de aprendizagem significativo possa acontecer, o material apresentado para a aprendizagem do conteúdo escolar deve ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo (MOREIRA, MASINI 2006). O significado lógico depende unicamente da natureza do conteúdo a ser aprendido, enquanto o significado psicológico é o resultado da experiência que cada indivíduo (estudante) tem.

Assim, para agilizar o processo de subsunção, os recursos de ensino usados pelo professor devem procurar associar o material novo com o apresentado anteriormente, por meio de referências de comparações presentes em atividades que demandam o uso do conhecimento de maneira nova (MOREIRA, MASINI, 2006).

Segundo Ausubel (2003, p.1):

“A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo, pois o material de aprendizagem apenas é potencialmente significativo. Além disso, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. Se já fosse significativo, o objetivo da aprendizagem significativa – ou seja, a aquisição de novos significados – já estaria completado, por definição, antes de sequer se tentar ou ocorrer qualquer aprendizagem.”

Logo, uma proposta de aprendizagem significativa envolve materiais e estratégias potencialmente significativos e, assim: à medida que ocorre a aprendizagem significativa, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, o que leva à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa (MOREIRA, MASINI, 2006).

A diferenciação progressiva é o processo “[...] de atribuição de novos significados a um dado subsunção (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização deste subsunção para dar significado a novos conhecimentos” (MOREIRA, 2012, p.9). Ainda segundo Moreira, o conteúdo deve ser programado de forma que os conceitos da disciplina sejam apresentados de maneira progressiva, do

geral para o específico. Outro conceito importante da aprendizagem significativa é a reconciliação integradora. De acordo com Moreira, ela:

“A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.” (MOREIRA, 2012, p.10)

Deste modo, a apresentação do material deve ser feita explorando a relação entre as ideias, procurando mostrar tanto as semelhanças como as diferenças encontradas nos conteúdos. Portanto, a reconciliação integradora é o processo pelo qual o estudante reconhece novas relações entre conceitos, até então vistos de forma isolada e até contraditórias.

Além da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, Ausubel fala da utilização dos princípios da organização sequencial e da consolidação para facilitar a aprendizagem significativa.

“O primeiro deles implica tirar vantagem das dependências sequenciais naturais existentes na matéria de ensino” (MOREIRA, 2012, p.24). Para Ausubel, é mais fácil para os estudantes organizar seus subsunçores hierarquicamente se, no conteúdo estudado, os tópicos estiverem sequenciados em termos de dependências hierárquicas naturais, ou seja, de modo que certos tópicos dependam naturalmente daqueles que os antecedem.

O material apresentado como introdução, antes do conteúdo a ser estudado com um alto nível de abstração, generalidade e inclusividade, chamado Organizadores prévios, é assim analisado por Ausubel:

“[...] sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber, a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido significativamente. Na prática, organizadores prévios funcionam melhor quando explicitam a relacionabilidade entre novos conhecimentos e aqueles existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Muitas vezes o aprendiz tem o conhecimento prévio, mas não percebe que está relacionado com aquele que lhe está sendo apresentado.” (MOREIRA, 2011, p.10)

A consolidação está relacionada ao domínio de conhecimentos prévios que já existem antes da introdução de novos conhecimentos. É uma consequência imediata da teoria: se o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a

aquisição significativa de novos conhecimentos, “[...] nada mais natural que insistir no domínio do conhecimento prévio antes de apresentar novos conhecimentos” (MOREIRA, 2012, p.24).

Por fim, a avaliação da aprendizagem significativa implica uma abordagem avaliativa bem diferente daquelas praticadas, em geral, nas escolas atualmente. Na aprendizagem significativa, busca-se avaliar a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência do conhecimento diante de situações não conhecidas, não rotineiras.

Segundo Moreira (1999, p.156):

“De acordo com Ausubel, uma longa experiência em fazer testes e exames fez com que os estudantes se acostumem a mecanicamente memorizar, não apenas fórmulas e proposições, mas também causa, exemplos e explicações.”

Para Ausubel, uma forma de evitar uma simulação de aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que exija a máxima transformação do conhecimento adquirido. Para Moreira (2012), essa não é a melhor opção de estratégia. Essa não parece ser essa a melhor opção “[...] pois se o aluno não é acostumado a enfrentar situações novas, não é adequado propô-las no momento da avaliação”(MOREIRA, 2012, p.16). Situações novas devem ser propostas progressivamente.

Para Moreira (2013), como a aprendizagem significativa é progressiva, a avaliação deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não (MOREIRA, 2013). É importante, permitir que o estudante, refaça tarefas e externalize os significados que está captando. É importante que explique e justifique suas conclusões.

2.2 Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

Gérard Vergnaud foi um discípulo de Piaget e, assim, ele amplia e redireciona o foco piagetiano das operações lógicas gerais, das estruturas gerais do pensamento para a análise do funcionamento cognitivo em situações.

“[...] Para Vergnaud, Piaget não se deu conta de quanto o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de conceitualizações específicas necessárias para lidar com elas. Vergnaud argumenta que embora Piaget tenha feito um trabalho muito importante para a educação, ele não trabalhou dentro da sala de aula ensinando matemática e ciências [...] Trata-se de uma teoria psicológica de conceitos, onde a conceitualização é considerada a pedra angular da cognição.” (MOREIRA, 2002, p.7)

Além de abordar a cognição em situações, Vergnaud desenvolve a Teoria dos Campos Conceituais.

“Vergnaud toma como premissa que, o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio, de parte do aprendiz, ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é um conjunto informal e heterog neo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. Campo conceitual é definido também como sendo, em primeiro lugar, um conjunto de situações cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas.” (MOREIRA, 2002, p.8)

Nessa teoria de Vergnaud, são as situações que dão sentido aos conceitos. Deste modo, um campo conceitual pode ser definido como um conjunto de situações e um conceito, se torna significativo através das diversas situações. Para Vergnaud, o sentido é uma relação do sujeito com situações e significantes e os esquemas são as ações e a organização dessas ações que o sujeito evoca a partir de uma situação.

Ele afirma que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, ocorre ao longo de um grande período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Segundo Moreira (2002, p.11):

“[...] em um certo campo conceitual existe uma grande variedade de situações e os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, particularmente pelas primeiras situações suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos que queremos que aprendam, de fato muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las.”

Segundo Vergnaud, um conceito não se forma dentro de um só tipo de situações e uma situação não se analisa com um só conceito. Para ele a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo que pode se estender ao longo de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, concepções, procedimentos e significantes.

“O conceito de situação empregado por Vergnaud não é o de situação didática, mas sim o de tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias.” (MOREIRA, 2002, p.11).

O conceito de situação utilizado por Vergnaud é o mesmo abordado por psicólogos. Nessa perspectiva, os processos cognitivos e as respostas do sujeito são vistos como função das situações com as quais ele é confrontado. Vergnaud diz que a aprendizagem acontece por meio de experiências com um grande número de situações, tanto dentro como fora da escola. Os conceitos adquiridos possuem um domínio que varia de acordo com a experiência e com o desenvolvimento cognitivo do aluno.

Segundo ele, as situações-problema é que dão sentido aos conceitos, e o professor, como mediador, deve apresentá-las dentro da capacidade dos alunos. Para isso, é importante uma verificação de conhecimentos prévios a fim de obter êxito no processo ensino aprendizagem. Através dessas situações-problema, abre-se a possibilidade do aluno transformar seus conceitos em conceitos científicos.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a dos campos conceituais, de Vergnaud, têm muito em comum. Ambas têm uma abordagem cognitiva e construtivista em relação à aprendizagem. As duas concordam com a importância dos conhecimentos prévios dos alunos e afirmam ser fundamental uma participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem. Esta proposta trabalha com as ideias desses autores na perspectiva de uma UEPS.

2.3 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

Moreira (2011) propõe as UEPS como sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa (Ausubel), não mecânica, capazes de estimular a pesquisa aplicada em ensino voltada diretamente à sala de aula. Tratam-se de unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento.

“[...] Partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, essa sequência é proposta como sendo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)” (MOREIRA, 2011, p.1). A UEPS, proposta por Moreira, se apresenta como uma alternativa para produção de sequências e materiais educacionais potencialmente significativos. Ela é embasada por referenciais dos quais, neste trabalho, destacamos os mencionados acima: a aprendizagem significativa, de Ausubel e a teoria dos campos conceituais, de Vergnaud.

Os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do assunto que será abordado são levados em conta nas UEPS, pois as variáveis que mais influenciam a aprendizagem. Além disso, durante o desenvolvimento da UEPS, é necessário lembrar que o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento. É importante salientar que a UEPS deve ser um material educacional capaz de potencializar essa aprendizagem e mesmo que seja o aluno quem decida se quer aprender ou não, essa decisão depende do material já que cada aluno filtra os conteúdos que têm significado ou não para si próprio. A UEPS também deve conter a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação em sua organização.

Como o objetivo da UEPS é desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento (MOREIRA, 2011), ela deve ser entendida como um material potencialmente significativo, pois o significado está nas pessoas, não nas coisas. Não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa. Livros, aulas, materiais instrucionais, de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e, para isso, devem ter significado lógico e os estudantes devem ter os conhecimentos prévios adequados

para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais. “[...] só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.” (MOREIRA, 2011, p.2)

Para Moreira, são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; logo, elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa e devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade. As situações-problema também podem ser usadas como organizadores prévios. O professor é o responsável por apresentar situações-problema, selecioná-las adequadamente, organizar e mediar o ensino e a aquisição de significados por parte do aluno.

Segundo Moreira (2011, p.3-5), o desenvolvimento de uma UEPS segue os seguintes passos:

- “1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais, tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. Criar ou propor situações que levem o aluno a externalizar seus conhecimentos prévios, aceitos ou não no contexto da matéria de ensino, supostamente relevantes para a aprendizagem significativa do tópico;
3. Propor situações-problema, em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. Estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo. Elas também podem funcionar como organizadores prévios. São essas situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente. Podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, e vários outros modos, mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, ou seja, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos. A estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. Retomar os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação, a qual pode ser feita através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional ou de um texto, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação. As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade. Dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora. Após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador. Esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou de um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa. Isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc. O importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade. Após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores, sendo resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência. Tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino. A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa, ou seja, captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema. A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo, por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais."

É importante ressaltar a importância de se diversificar os materiais e estratégias utilizadas nas etapas, sempre procurando estimular diálogos e críticas. As situações-problema apresentadas aos alunos podem ser tarefas de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS. Em geral, as atividades propostas nas UEPS são colaborativas, mas também são necessárias atividades individuais.

2.4 A Disposição e Motivação para Aprendizagem

Segundo Ausubel, para que ocorra aprendizagem significativa é fundamental que o aluno demonstre disposição para aprender. A disposição para a aprendizagem é relacionada ao tipo de enfoque. Segundo Entwistle, existem dois enfoques: enfoque profundo e o enfoque superficial. De forma talvez simplificada, Entwistle as resume da seguinte maneira (SOLÉ, 2006):

- **Enfoque profundo:** intenção de compreender; forte interação com o conteúdo; relação de novas ideias com o conhecimento anterior; relação de conceitos com a experiência cotidiana; relação de dados com conclusões; exame da lógica dos argumentos. No enfoque profundo é necessário tempo adequado para as atividades, a fim de que o aluno estude bem os conteúdos. Também é necessária uma maior autonomia dos alunos.
- **Enfoque superficial:** intenção de cumprir os requisitos da tarefa; memorização da informação necessária para provas ou exames; a tarefa é encarada como imposição externa; ausência de reflexão sobre os propósitos ou estratégia; foco em elementos sem integração; os princípios não são distinguidos a partir de exemplo. O enfoque superficial, prevalece em classes em que o método de ensino favorece a dependência do aluno e nas quais combinam-se o excesso de trabalho e a falta de tempo.

Para que aconteça um enfoque profundo na aprendizagem, é necessário haver disposição do aluno. O professor deve pensar a unidade de ensino a fim de fomentar a disposição do aluno para aprender. Assim, a organização dos conteúdos deve manter uma significatividade lógica e psicológica. Caso contrário é impossível aos alunos adotarem um enfoque profundo (COLL, MARCHESI, PALACIOS, 2004)

Outro aspecto importante para a aprendizagem do aluno é a motivação, do aluno, a qual está diretamente relacionada com a representação que ele faz da situação didática (estimulante e desafiadora ou, pelo contrário, como intratável, tediosa e desprovida de interesse ou inatingível para suas possibilidades) e da representação que ele faz dele mesmo (competente, capacitado para resolver os problemas

colocados ou uma pessoa pouco capazes, incompetentes ou com poucos recursos) (SOLÉ, 2006)

A motivação pode estar relacionada a fatores internos, relacionados às emoções, ou externos. A motivação intrínseca é inata de uma pessoa, ou seja, não há necessidade de influência externa. Já motivação extrínseca é um incentivo que uma pessoa recebe.

“[...] A motivação intrínseca se caracteriza pelo interesse e satisfação pela atividade em si, ou seja, o envolvimento é livre e voluntário e não necessita de recompensas ou punições; já a motivação extrínseca é descritiva de ações e atividades realizadas em resposta a algo externo, ou seja, está ligada à obtenção de recompensas, reconhecimento, obediência a ordens, ou ainda, a escapar de sanções e punições” (CLEMENT, CUSTÓDIO, RUFINI, FILHO, 2014, p. 46)

Além disso, a organização (estrutura) do material de ensino deve ser pensada a fim de promover uma motivação intrínseca.

2.5 O Laboratório Investigativo

A experimentação no ensino de Física é vista pela grande maioria dos professores como uma estratégia capaz de motivar os alunos. Muitos professores costumam utilizar-se de atividades experimentais para motivar os alunos, para demonstrar e comprovar as teorias vistas em sala de aula e/ou praticar habilidades de manipular e coletar dados em experimentos.

“[...] Os termos “aulas práticas” ou “aulas de laboratório” ou “laboratório escolar” têm sido utilizados para designar as atividades que estudantes interagem com materiais para observar e entender fenômenos naturais.” (CARVALHO, 2011, p. 53)

A grande maioria dessas “aulas experimentais” são realizadas após a discussão conceitual com o objetivo de ilustrar o que foi apresentado na aula teórica.

“A maneira clássica de utilizar o experimento é aquela em que o aluno não tem que discutir; ele aprende como se servir de um material, de um método; a manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno.” (SÉRÉS, COELHO, NUNES 2003, p.32).

Carvalho nos diz que:

“[...] Nessas aulas os estudantes seguem planos de trabalho previamente elaborados, entrando nos laboratórios somente para seguir os passos do guia, onde o trabalho do grupo de estudantes se caracteriza pela divisão de tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado.” (CARVALHO, 2011, p.54).

Atividades experimentais realizadas assim, sem explorar os aspectos cognitivos, não contribuem para o desenvolvimento de habilidades essenciais, para o exercício da cidadania e autonomies dos estudantes, capazes apenas de reproduzir o que foi apresentado.

No laboratório investigativo, pretende-se que o aluno seja um agente ativo em todo os processos de coleta de dados, análise, discussão, a fim de explorar suas habilidades cognitivas, desenvolvendo suas capacidades de identificar e selecionar informações relevantes para a solução do problema, identificação de variáveis, elaboração de hipóteses, entre outras. Espera-se que os alunos desenvolvam diversas habilidades, tais como: organizar um plano de trabalho, extrair dados confiáveis, e saber interpretá-la.

É importante ter em mente que:

“[...] Uma consequência importante para o ensino, principalmente para as aulas de laboratório, é o entendimento de que as observações e o experimento não são a rocha sobre a qual a ciência está construída; essa rocha é a atividade racional da geração de argumentos com base em dados obtidos” (CARVALHO, 2011, p. 59)

Desse modo, que se propõe é que os estudantes atuem como investigadores novatos, orientados por um educador experiente que atua como mediador eles e a tarefa. Neste sentido, o laboratório investigativo permite aos estudantes uma participação ativa no processo de produção do conhecimento.

Segundo Carvalho (2011), inúmeras pesquisas em ensino e aprendizagem no laboratório didático foram realizadas nos anos 1960 e 1970. Analisando como o ensino de Ciências estava sendo apresentado aos alunos pelos professores, Pella (CARVALHO, 2011), fez uma grande pesquisa nos manuais de laboratório e nas próprias aulas de ciências do ensino médio, procurando determinar o grau de

liberdade intelectual que os professores propiciavam aos seus alunos, chegando assim, a sistematizar uma tabela com cinco graus:

Tabela 1 - Graus de liberdade intelectual em aulas de Laboratório.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problema	Professor	Professor	Professor	Professor	Aluno
Hipóteses	Professor	Professor	Professor	Aluno	Aluno
Plano de trabalho	Professor	Professor	Aluno	Aluno	Aluno
Obtenção de dados	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno
Conclusões	Professor	Aluno	Aluno	Aluno	Aluno

Fonte: CARVALHO (2011).

• **Grau I:** quando o aluno só tem liberdade intelectual de obter dados. O problema, a hipótese, o plano de trabalho e as próprias conclusões sobre os dados já estão propostos. Esse tipo de aula é muito comum nas escolas e em manuais de laboratório.

• **Grau II:** caracteriza-se por dar aos alunos liberdade de tirarem conclusões a partir de seus próprios dados. Na verdade, esse tipo de aula é pouco comum de se encontrar.

• **Grau III:** não é mais o professor ou o manual que irá propor aos alunos o que fazer, mas o aluno – ou grupo de alunos - é convidado a propor um plano de trabalho para obtenção dos seus dados, que levarão às conclusões de seu grupo.

• **Grau IV:** caracteriza-se pelas atividades em que os alunos só recebem do professor o problema e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional.

• **Grau V:** até mesmo o problema é proposto pelos alunos

Como será apresentado a seguir, é possível promover um ensino investigativo a partir de uma demonstração realizada pelo professor.

2.6 Demonstração Investigativa

Uma aula de demonstração pode simplesmente mostrar um fenômeno natural. Nesses casos, a demonstração tem o único objetivo de ilustrar o que foi falado, ou seja, de demonstrar aos alunos que o professor está certo. O que é um objetivo muito pequeno para uma aula de Física. Uma demonstração investigativa deve não só apresentar o fenômeno em si, mas criar a oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno (CARVALHO, 2011). Um cuidado no planejamento das demonstrações investigativas é buscar uma questão problematizadora que, ao mesmo tempo, desperte a curiosidade e oriente a visão dos alunos sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções (CARVALHO, 2011).

Segundo Carvalho (2011, p. 62):

“Quando a aula é demonstrativa, a estratégia utilizada pelo professor poderá levar os alunos a predizer-observar-explicar. O professor precisa engajar os alunos no problema que evidencia o fenômeno que será apresentado. E este engajamento deverá ser feito por meio de questões à classe e por trabalhos com suas respostas. Agora, na interação professor-turma, as hipóteses precisam aparecer antes da explicação do fenômeno e, se possível, essa explicação deverá ser construída com os alunos e não para os alunos.”

Uma abordagem é pedir aos alunos que pensem a respeito de um fenômeno e o professor então pergunta sobre as possíveis explicações. A discussão deve ser aberta, levando os alunos a pensarem sobre todos os pontos de vista. Nesse tipo de abordagem, as ideias espontâneas ou explicações sobre o fenômeno apresentadas pelos alunos podem entrar em conflito com a observação.

Nesse tipo de abordagem, o professor realiza a demonstração, sempre indagando os alunos com perguntas e ou hipóteses a respeito do que é observado. Em certos casos, o próprio aluno pode manipular a demonstração. É importante salientar que a demonstração seja pensada para que provoque as atitudes esperadas. O professor instiga os alunos a buscarem explicações para o que é observado, construindo os conceitos aos poucos.

Nesse capítulo, discutimos aspectos relevantes das teorias de Vergnaud e Ausubel, destacando a importância de aprofundamento dos conceitos físicos do assunto a serem abordados nessa proposta de UEPS. No próximo capítulo, apresentaremos o conteúdo a ser abordado nesta proposta: a indução eletromagnética.

Capítulo 3 - Indução Eletromagnética

Esse capítulo aborda a conteúdo a ser estudado nesta proposta de UEPS. Inicia-se com um texto breve a respeito da história do eletromagnetismo, desde Oersted até Faraday, período durante o qual foi desenvolvido os assuntos abordados nesta UEPS. Em seguida é apresentado o conteúdo de indução eletromagnético trabalhado nos encontros da UEPS.

3.1 Breve Histórico

Atribui-se a Oersted a descoberta da interação entre eletricidade e magnetismo, no início do século XIX. Nascido em Rudkøbing, Dinamarca, em 14 de agosto de 1777, ele teve ótima formação básica e, na farmácia do pai, aprendeu química e Física. Lendo todos os livros que conseguia encontrar, adquiriu uma boa formação humanística (MARTINS, 1986). Aos 17 anos, entrou para a Universidade em Copenhague, onde se formou farmacêutico e depois terminou seu doutorado em Filosofia. Entre 1801 e 1803 visitou, por meio de uma bolsa de estudos no exterior, Alemanha, Holanda e França, período em que estabeleceu grandes e importantes contatos pessoais com cientistas e intelectuais (MARTINS, 1986). Em 1804, retornou à Dinamarca, passando a lecionar Física na universidade.

Pouco depois da invenção da pilha de Volta, Johann Wilhelm Ritter afirmou ter descoberto muitas semelhanças entre os efeitos químicos da pilha elétrica e de ímãs. Alguns resultados foram divulgados por seu amigo Oersted, que afirmou ter presenciado esses efeitos. A escola alemã, influenciada pela Filosofia da Natureza, acreditava na unidade de todas as forças e procurava estabelecer uma relação entre aqueles dois tipos de fenômenos (MARTINS, 1986). Esses trabalhos tiveram uma influência decisiva nas investigações de Oersted. Voltando à Dinamarca, passou a admitir a hipótese de que os fenômenos magnéticos possam ser produzidos pela eletricidade.

O próprio Oersted, em seu artigo escrito em 1820, durante a preparação de uma aula para o curso de eletricidade e magnetismo, conjecturou que, se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isso não poderia ocorrer na direção da corrente, pois já havia tentado isso várias vezes e em todas se mostrou em vão, mas talvez, poderia ocorrer por uma ação lateral, semelhante aos efeitos luminosos e caloríficos da corrente. Como esses efeitos dependiam de uma grande quantidade de eletricidade, ele não esperava observar um grande efeito magnético da pilha galvânica, chegando a supor que a eletricidade necessária deixaria o fio condutor incandescente. Oersted, então, testou a ideia na própria aula e conseguiu um modesto sucesso. A agulha foi perturbada, mas como o efeito era muito fraco e irregular não impressionou muito o público presente. Em julho de 1820, retornou ao experimento utilizando um aparelho galvânico mais poderoso e embora os efeitos fossem ainda fracos nos primeiros experimentos, o sucesso foi evidente.

O experimento de Oersted foi realmente revolucionário, tendo suas primeiras repercussões na França. O físico francês Arago, o primeiro a tomar conhecimento, chegou a declarar inicialmente que aquilo era impossível e só se convenceu após assistir a uma repetição da experiência em agosto de 1820, em Genebra (MARTINS, 1986). A grande dificuldade era aceitar a novidade sob o ponto de vista da simetria do fenômeno – uma agulha imantada, se colocada sobre o fio, gira para um lado e, colocada abaixo, gira no sentido oposto. De fato, a ideia de um efeito magnético circulando em torno do fio era tão inverossímil que surgiram várias tentativas de refutá-la, todas sem sucesso. O problema existente na época estava relacionado com o problema de simetria (MARTINS, 1988). Porém, à medida que o experimento de Oersted era repetido, a comunidade científica passou a reconhecer o trabalho.

Ainda em 1820, meses após a publicação do experimento de Oersted, o físico francês Ampère apresentou um trabalho em que descrevia um aparelho que utilizaria o efeito eletromagnético para a medida de corrente elétrica, chamando-o de “galvanômetro”. Em seguida, uma semana depois, demonstrou a interação entre duas correntes elétricas, que se atraem quando são paralelas e no mesmo sentido, e se repelem quando em sentido oposto, sugerindo que o magnetismo é um fenômeno secundário, e que na superfície dos ímãs existiriam correntes elétricas fechadas,

responsáveis por seus efeitos. Em 1823, dois físicos franceses, Biot e Savart, apresentaram a expressão matemática para a força magnética produzida pelas correntes sobre uma agulha imantada, conhecida como Lei de Biot-Savart. Ampère dedicou-se a aprimorar o trabalho de Oersted e, como resultado de suas análises, defendeu existência de uma relação intrínseca de causa e efeito, entre a corrente elétrica e a agulha imantada, de forma que sempre que ocorre deflexão de uma agulha imantada nas proximidades de um condutor, podia-se garantir a existência de corrente no condutor (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). O experimento de Oersted e o enorme número de publicações relacionados à ele que surgiram por volta de 1821 despertaram o interesse de Michael Faraday.

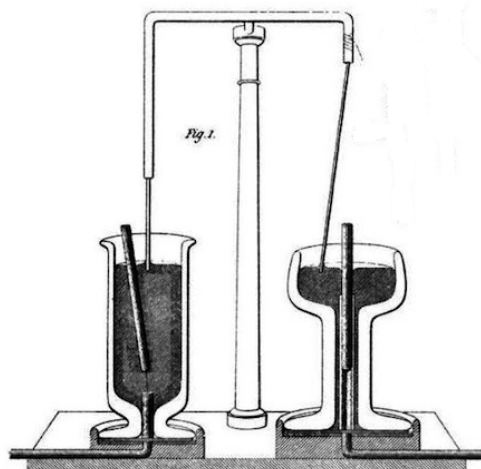
Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butt, na Inglaterra, filho de um modesto ferreiro. Sua família foi para Londres quando Faraday tinha cinco anos. Faraday teve pouca formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Em 1804, com 13 anos, Michael Faraday foi trabalhar como aprendiz numa loja de encadernação. Nesse contato com os livros, ele teve a oportunidade de melhorar sua formação. Sem uma formação escolar regular, iniciou sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy. Acompanhando-o em viagens pela Europa, conheceu Ampère, Gay Lussac, Arago, Humboldt, Rumford e Volta, o que trouxe um grande enriquecimento científico para ele. Utilizando o laboratório de Davy, Faraday pôde tornar-se um grande experimentador.

O experimento de Oersted também gerou grande interesse em Humphry Davy que começou a investigar o assunto (MARTINS, 1986). Ele realizou vários experimentos tendo Faraday como seu assistente, sendo esse o primeiro contato de Faraday com o eletromagnetismo.

Richards Phillips, editor dos “Annals of Philosophy”, querendo ter uma compreensão maior do experimento de Oersted (pois existia muitas teorias conflitantes a respeito do experimento) pediu ao amigo Faraday que investigasse o assunto e escrevesse um texto sobre ele (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Assim Faraday refez várias experiências, estudou as diferentes teorias e propôs novos experimentos (publicados anonimamente, a pedido de Faraday).

Suas primeiras experiências foram guiadas pela ideia (que, atualmente, sabemos estar errada) de que um fio percorrido por corrente deveria atrair ou repelir os polos magnéticos de uma agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). Porém, ao repetir o experimento por diversas vezes alcançou o resultado mais importante dos experimentos: Faraday se convenceu de que, ao invés de sofrer atração e repulsão, o polo magnético da agulha tendia a girar em torno do fio condutor. Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Oersted que descrevia os movimentos de rotação da agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). No mesmo ano, em 1821, publicou um artigo no qual apresentou um experimento (ver figura 1) em que um fio condutor podia girar livremente em torno de um ímã fixo (à direita na figura 1) e um ímã podia, também, girar livremente em torno de um fio condutor fixo (à esquerda na figura 1). As rotações eletromagnéticas se tornaram uma importante contribuição ao desenvolvimento da nova área.

Figura 1 - Rotação de um ímã em torno de um condutor e vice-versa.



Fonte: LIMA (2014).

Estes experimentos levaram a uma intensa correspondência com Ampère, que chegou a escrever para Faraday descrevendo a repetição e análise dos experimentos de rotação eletromagnética, e sugerindo que tais experimentos poderiam ser utilizados como provas da existência das correntes elétricas no interior dos ímãs e, dessa análise, concluiu toda ação eletromagnética se dava em linha curva.

Por consequência da correspondência com Ampère, Faraday conheceu, em 1825, o livro escrito por Demonferrand: “Manuel d’électricité dynamique”, em que o autor afirmava que um fio percorrido por corrente elétrica tendia a induzir uma corrente permanente e de mesmo sentido em outro fio colocado próximo ao primeiro (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Acreditando que as afirmações presentes no livro estavam respaldadas por Ampère, Faraday considerou-as como verdadeiras em suas investigações a respeito das correntes induzidas. A partir desse momento, Faraday passou a ter interesse a respeito dos possíveis casos de indução. A experiência de Oersted mostrou que uma corrente elétrica produzia um efeito magnético. Assim, se a unidade era algo fundamental na natureza, por que um fenômeno magnético, provocado por um ímã, não poderia produzir corrente elétrica?

Buscando evidências experimentais de fenômenos relacionados à indução, Faraday construiu diversos experimentos. O primeiro deles consistiu em conectar os polos de uma bateria por um fio metálico, em forma de solenóide, com a extremidade ligada a um galvanômetro. Dentro do solenóide foi inserido um ímã e procurou-se observar alguma deflexão na agulha do galvanômetro (DIAS, MARTINS, 2004). Faraday considerou o experimento um fracasso, pois nada foi observado. Depois disso, realizou outro experimento em que mostrou, com pouco sucesso, que ao se conectar e desconectar uma pilha voltaica de um circuito, era possível induzir corrente em outro circuito próximo.

Em agosto de 1831, Faraday descreveu um anel de ferro doce que construiu para um experimento (ver figura 2). O anel era constituído de um grupo de espiras de fio de cobre enroladas ao redor de uma metade do anel, e outro grupo de espiras de fio de cobre na outra metade. A extremidade de um dos lados foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Assim, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente nesse grupo de espiras do anel. No outro lado, as extremidades foram conectadas a uma bateria voltaica que, quando ligada ou desligada ao grupo, uma corrente transitória era detectada no grupo do outro lado do anel, uma vez que agulha imantada se movia. Neste primeiro experimento bem sucedido, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. História essa diferente daquela que geralmente aparece nos livros didáticos ao se introduzir a indução eletromagnética.

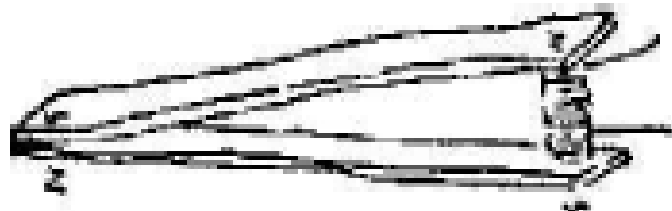
Figura 2 - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética.



Fonte: PEREIRA (2009).

Faraday realizou uma série de experiências com esse experimento e começou a perceber uma possível relação entre o aparecimento de uma corrente induzida e o movimento, o que o levou a construir um experimento utilizando uma espécie de pinça formada por dois ímãs.

Figura 3 - Experimento da pinça.



Fonte: DIAS, MARTINS (2004).

Neste experimento mostrado na figura 3, Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente. Assim, a partir das indagações consequentes desse experimento, em outubro de 1831, Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina. O experimento consistia de um cilindro de papel, oco, coberto por enrolamentos de fio de cobre, sendo as extremidades conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre.

Uma série de experiências realizadas com esses experimentos levou Faraday a formular uma lei da indução.

Em publicações posteriores apresentou sua ideia de linhas de forças e de que todas as situações de indução eram provocadas por variações nas linhas de força magnética. Admitiu que não apenas os ímãs e as bobinas apresentavam ao seu redor linhas de força magnética, mas um fio condutor também estaria, quando percorrido por corrente, envolvido por tais linhas de força, que se apresentavam em forma de anéis, cuja intensidade diminuía conforme aumentava a distância ao fio.

O princípio descoberto por Faraday como resultado de seus trabalhos, completava a descoberta do eletromagnetismo por Oersted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos induzidos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas.

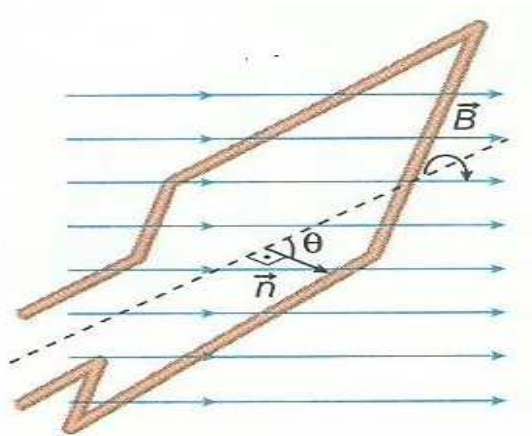
Por fim, não podemos deixar de mencionar o trabalho e as pesquisas desenvolvidas no campo do eletromagnetismo pelo norte-americano Joseph Henry. Henry nasceu em 1797 em Albany nos Estados Unidos da América, numa família pobre de ascendência escocesa. Foi um dos primeiros grandes cientistas norte-americanos após Benjamin Franklin.

Em 1829, Henry fez importantes melhorias no desenvolvimento de eletroímãs. Ao trabalhar no isolamento do enrolamento, Henry conseguiu um grande aumento da força magnética exercida pelo eletroímã. Foi durante esses estudos que Henry notou, pela primeira vez, o fenômeno de autoindução, em 1832, e três anos depois, criou e construiu o primeiro motor elétrico. Quando Faraday realizou seus experimentos em 1831, Henry já havia observado o fenômeno um ano antes. Ao longo das suas investigações em eletricidade e magnetismo, Henry descobriu as leis que regem o funcionamento do transformador de corrente elétrica e compreendeu que as correntes elétricas podiam ser induzidas à distância.

3.2 Fluxo Magnético (ou Fluxo de Indução)

A noção de fluxo magnético pode ser exemplificado a partir de uma situações envolvendo uma espira retangular imersa em um campo magnético conforme mostrado na figura 4.

Figura 4 - Espira retangular girando em um campo magnético.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

Podemos imaginar que, à medida que a espira gira, varia a quantidade de linhas de campo magnético atravessando a espira, de forma que o fluxo varia conforme o ângulo θ .

Assim, podemos definir, matematicamente, o fluxo magnético Φ de um campo uniforme $\mathbf{B}$ que atravessa uma espira de área $\mathbf{A}$ na forma:

$$\Phi = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} \cdot \cos\theta \quad (1)$$

Portanto, o fluxo depende de três grandezas:

1. **Intensidade do campo magnético (B):** o fluxo magnético é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético. Quando houver campos atravessando a superfície em direções distintas, deve-se aplicar o campo resultante.
2. **Área da espira (A):** o fluxo magnético também é diretamente proporcional à área da espira.

3. Ângulo (θ) entre o campo magnético e o vetor normal a superfície da espira: para o fluxo considera-se a projeção de $\mathbf{B}$ na direção perpendicular à superfície da espira.

Ressaltamos que essas considerações são válidas para certos tipos de situações e, em particular, para espiras planares.

No SI, o fluxo magnético é medido em **weber** (Wb), em homenagem ao físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891). Sendo a unidade de campo magnético tesla (T) e a unidade de área é o metro ao quadrado (m^2), temos que $1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$.

3.3 Três formas de provocar uma variação do fluxo magnético

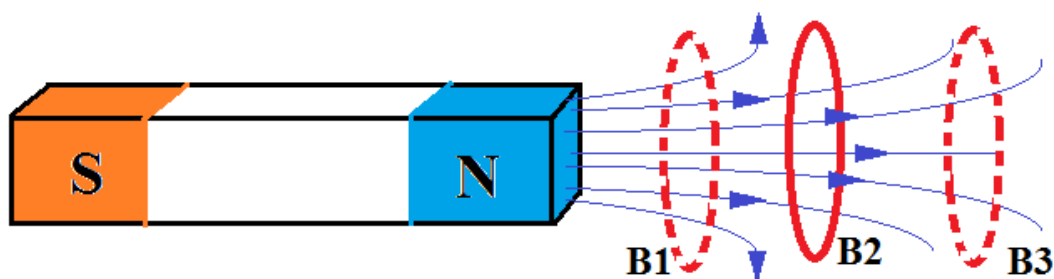
Como visto acima, o fluxo de indução depende de três grandezas:

1. **Intensidade do campo magnético (B)**
2. **Área da espira (A)**
3. **Ângulo (θ) entre o campo magnético e o vetor normal a superfície da espira**

De forma que, se ao menos uma dessas grandezas variar, ocorrerá variação do fluxo de indução. Assim pode-se analisar as seguintes situações:

3.3.1 Variação do campo magnético

Figura 5 - Ímã em forma de barra e linhas de campo magnético.



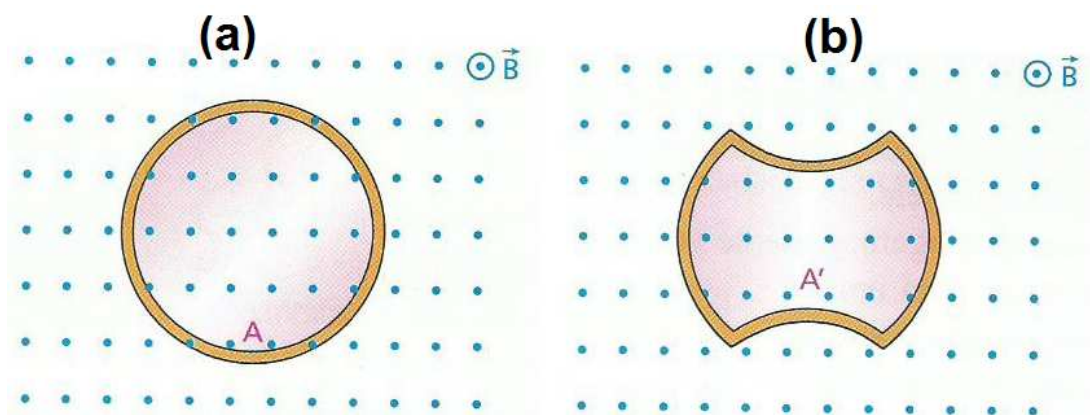
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 5 mostra uma espira condutora imersa no campo de um ímã. Quanto menor é a distância entre o anel e o ímã (ou solenoide), mais intenso é o campo magnético que atravessa a espira, de forma que $B_1 > B_2 > B_3$. Assim, o movimento de aproximação entre o ímã e a espira aumenta a intensidade do campo que a atravessa, aumentando o fluxo magnético (número de linhas de campo que atravessam a espira). O movimento de afastamento do ímã em relação à espira diminui a intensidade do campo magnético que a atravessa, diminuindo o fluxo magnético (número de linhas de campo que atravessam a espira).

3.3.2 Variação da área

A figura 6 representa uma espira circular (a) imersa em um campo magnético. Sendo essa espira deformada, como mostrado em (b), a área da espira diminuirá, e assim o fluxo (número de linhas de campo que atravessam a espira) também diminuirá.

Figura 6 – Espira imersa em um campo magnético.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

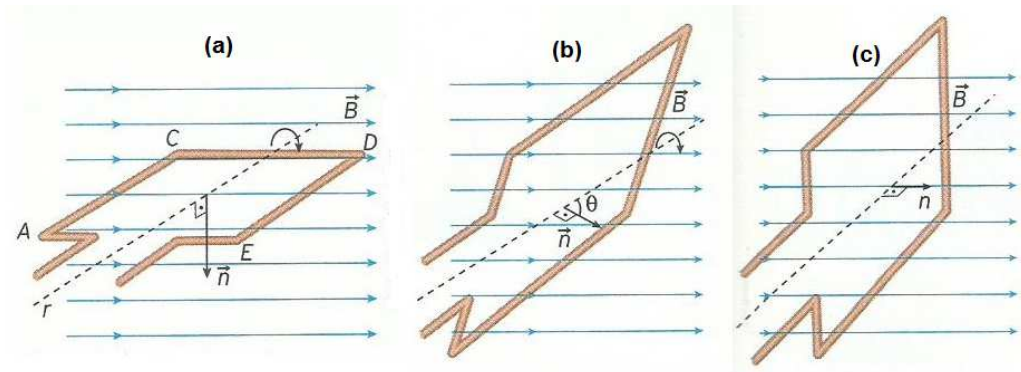
3.3.3 Variação do ângulo θ

A figura 7 mostra a mesma espira imersa em um campo magnético uniforme, três posições diferente:

- (a) com $\theta = 90^\circ$ o fluxo é nulo, pois nenhuma linha de campo atravessa a espira.
- (b) o fluxo não é nulo pois existem linhas de campo atravessando a espira.

- (c) com $\theta = 0^\circ$ o fluxo é máximo pois essa é a posição em que o número linhas de campo é o maior possível.

Figura 7 - Espira retangular girando em um campo magnético.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

3.4 Lei de Faraday

Como já discutido anteriormente, depois de inúmeros experimentos Faraday percebeu que era possível obter uma corrente elétrica induzida na espira ao ocorrer uma variação de fluxo magnético na espira. Faraday enunciou essa lei de maneira qualitativa, explorando a concepção de linhas de forças que ele mesmo desenvolveu. Foi o físico-matemático Franz Ernst Neumann que em 1845 escreveu a lei em sua forma matemática:

$$\varepsilon = \Delta\Phi/\Delta t \quad (2)$$

No caso em que houver **N** espiras a expressão passa a ser:

$$\varepsilon = N.\Delta\Phi/\Delta t \quad (3)$$

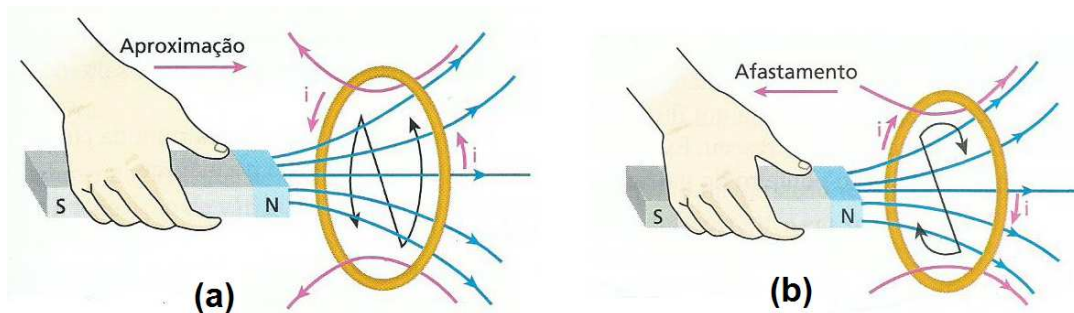
E, por isso, ela também é conhecida como Lei de Faraday-Neumann.

3.5 Lei de Lenz (sentido da corrente induzida)

Pela lei de Faraday, é possível calcular o valor da intensidade da força-eletromotriz induzida, mas não o sentido da corrente induzida. Foi o físico russo Heinrich Lenz que, a partir de resultados experimentais, obteve uma lei capaz determinar o sentido da corrente induzida. A Lei de Lenz pode ser enunciada da seguinte forma:

A corrente induzida surge em um sentido tal que produz um fluxo induzido em oposição à variação do fluxo indutor que lhe deu origem.

Figura 8 – Ímã em movimento em relação a uma espira circular.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

Quando o polo norte de um ímã é aproximado (figura 8(a)), ocorre um aumento do fluxo de indução. Para se opor a essa variação de fluxo, surge, na espira uma corrente induzida com um fluxo induzido contrário ao fluxo indutor. Dessa forma, surge na face voltada para o ímã, um polo norte, ou seja, similar há dois ímãs de polos iguais se repelindo.

Podemos concluir que o operador tem de exercer força contra a força magnética repulsiva para se aproximar da espira. Desse modo, o trabalho realizado pela força exercida pelo operador corresponde a energia entregue ao sistema e se converte em energia elétrica, seguindo assim o princípio da conservação da energia.

Figura 9 - Polos iguais se repelindo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando o polo norte de um ímã é afastado (figura 8(b)), ocorre uma diminuição do fluxo de indução. Para se opor a essa variação de fluxo, surge na espira uma corrente induzida com um campo induzido de mesmo sentido que o campo do fluxo indutor. Dessa forma, surge na face voltada para o ímã, um polo sul, ou seja, similar há dois ímãs de polos contrários se atraindo.

Figura 10 - Polos iguais se repelindo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos concluir que o operador tem de exercer força contra a força magnética atrativa para se afastar da espira. Desse modo, o trabalho realizado pela força exercida pelo operador corresponde à energia entregue ao sistema na forma de energia elétrica, seguindo, assim, o princípio da conservação da energia.

Matematicamente pode-se complementar a Lei de Faraday colocando um sinal negativo (Lei de Faraday-Lenz). Assim a expressão é:

$$\varepsilon = - \Delta\Phi/\Delta t \quad (4)$$

No caso em que houver **N** espiras, a expressão passa a ser:

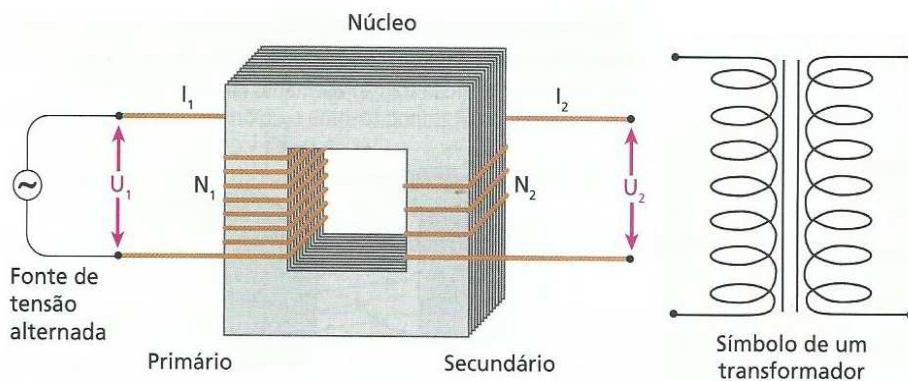
$$\varepsilon = - N.\Delta\Phi/\Delta t \quad (5)$$

Para concluir este capítulo, apresentamos duas aplicações de indução eletromagnética: o transformador de tensão e o gerador de corrente alternada.

3.6 Transformador de Tensão

O transformador de tensão é um aparelho utilizado para modificar uma f.e.m alternada, aumentando-a ou diminuindo-a, conforme necessário. Os transformadores são constituídos de dois enrolamentos de fio (bobinas) independentes (isolados um do outro). As bobinas envolvem um bloco de lâminas ferromagnéticas justapostas, chamado núcleo do transformador.

Figura 11 - Transformador de tensão.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

A bobina ligada a fonte de tensão alternada (ou ao menos variável) que será transformada é chamada **primária**. A outra bobina, que fornece a tensão transformada é chamada **secundária**.

O funcionamento do transformador é baseado na indução eletromagnética. A corrente alternada na bobina primária produz um fluxo de indução variável. Esse fluxo propaga-se pelo núcleo e atinge a bobina secundária, induzindo corrente alternada nela. Assim temos :

$$U_1 = N_1 \cdot \Delta\Phi / \Delta t \quad \text{e} \quad U_2 = N_2 \cdot \Delta\Phi / \Delta t \quad (6)$$

$$U_1 / N_1 = \Delta\Phi / \Delta t \quad \text{e} \quad U_2 / N_2 = \Delta\Phi / \Delta t \quad (7)$$

$$U_1/N_1 = U_2/N_2 \quad (8)$$

$$U_1/U_2 = N_1/N_2 \quad (9)$$

Sendo **N1** e **N2** as quantidades de espira do primário e do secundário respectivamente. O quociente **N1/N2** é chamado de **razão de transformação**. Assim:

- Se **N1 > N2** então **U1 > U2**, o transformador é chamado de abaixador de tensão.
- Se **N1 < N2** então **U1 < U2**, o transformador é chamado de elevador de tensão.

Desprezando-se perdas de energia (transformação ideal) pode-se afirmar que a potência no primário é igual à potência no secundário. Então:

$$U_1.I_1 = U_2.I_2 \quad (10)$$

3.7 Gerador de Corrente Alternada

A figura 12 apresenta um gerador de corrente alternada simplificado constituído de uma espira de área **A** imersa em um campo magnético uniforme de intensidade **B**, orientado para cima. Essa espira gira em torno do eixo indicado com uma velocidade angular constante **ω** e no instante $t_0=0$ temos $\theta_0 = 0$, de forma que o ângulo entre o vetor do campo **B** e a reta normal **N** é nulo.

Durante a rotação, o ângulo **θ** varia e portanto, ocorre uma variação do fluxo de indução através da espira e surge uma força eletromotriz induzida nos terminais da espira (T_1 e T_2 , veja figura). Logo pela Lei de Faraday temos:

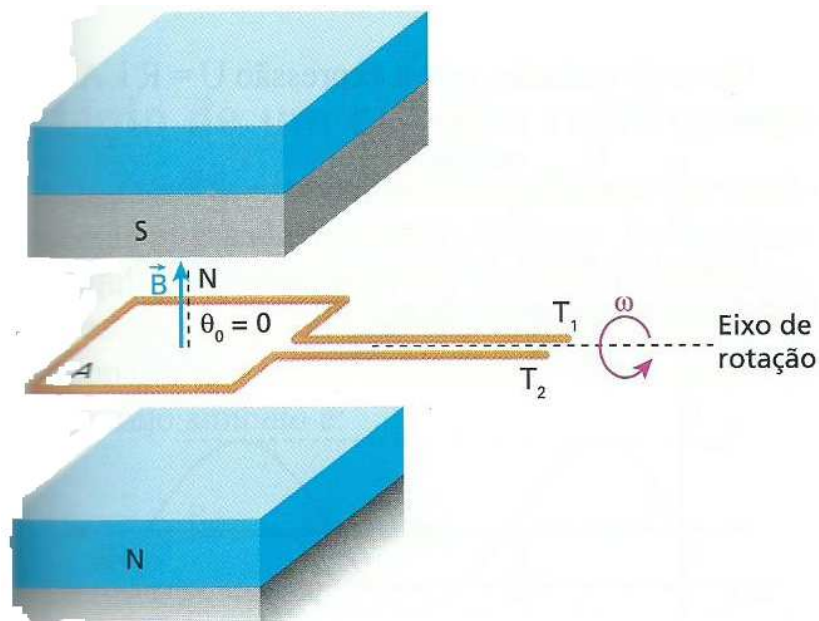
$$\varepsilon = - d\Phi/dt \quad (11)$$

$$\varepsilon = -d(B.A.\cos\theta)/dt \quad (12)$$

Sendo $\theta_0 = 0$ em $t_0 = 0$ temos $\theta = \omega t$, assim,

$$\varepsilon = B.A.\omega.\text{sen}(\omega t) \quad (13)$$

Figura 12 - Gerador de corrente alternada simplificado

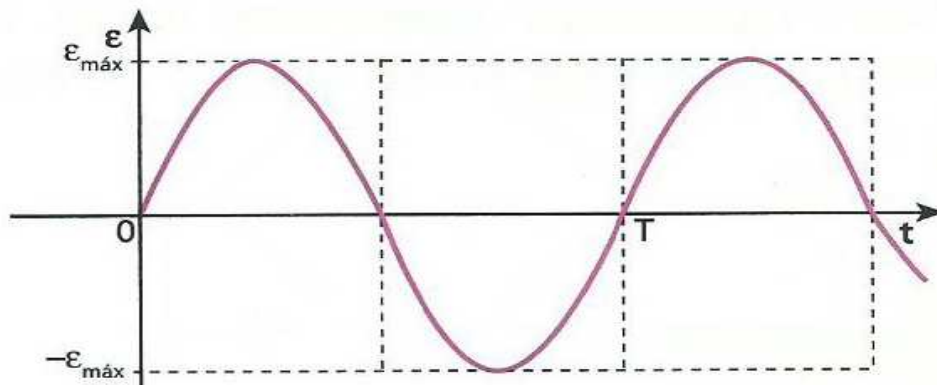


Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

Onde $B.A.\omega$ é o valor máximo (valor de pico) da força eletromotriz induzida ($\varepsilon_{\text{máx}}$). A figura 13 representa o gráfico dessa função.

Chama-se **valor eficaz** de uma corrente alternada o valor de uma corrente constante que, percorrendo um resistor durante o mesmo intervalo de tempo, causa a mesma dissipação de energia que a primeira.

Figura 13 - Gráfico da f.e.m induzida em função do tempo.



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

No caso de correntes senoidais, demonstra-se que a **corrente eficaz** é:

$$I_{ef} = I_{max} / \sqrt{2} \quad (14)$$

Estendendo o conceito para a **tensão eficaz**, temos:

$$U_{ef} = U_{max} / \sqrt{2} \quad (15)$$

Assim quando dizemos que a tensão da rede elétrica é, por exemplo, de 120V, estamos nos referindo ao seu valor eficaz, e seu valor máximo (valor de pico) é:

$$U_{max} = U_{ef} \cdot \sqrt{2} \quad (16)$$

$$U_{max} = 127 \cdot \sqrt{2} = 179,6V \quad (17)$$

Assim a tensão nos terminais da tomada oscila entre -179,6V e +179,6V.

Capítulo 4 - O Produto Educacional

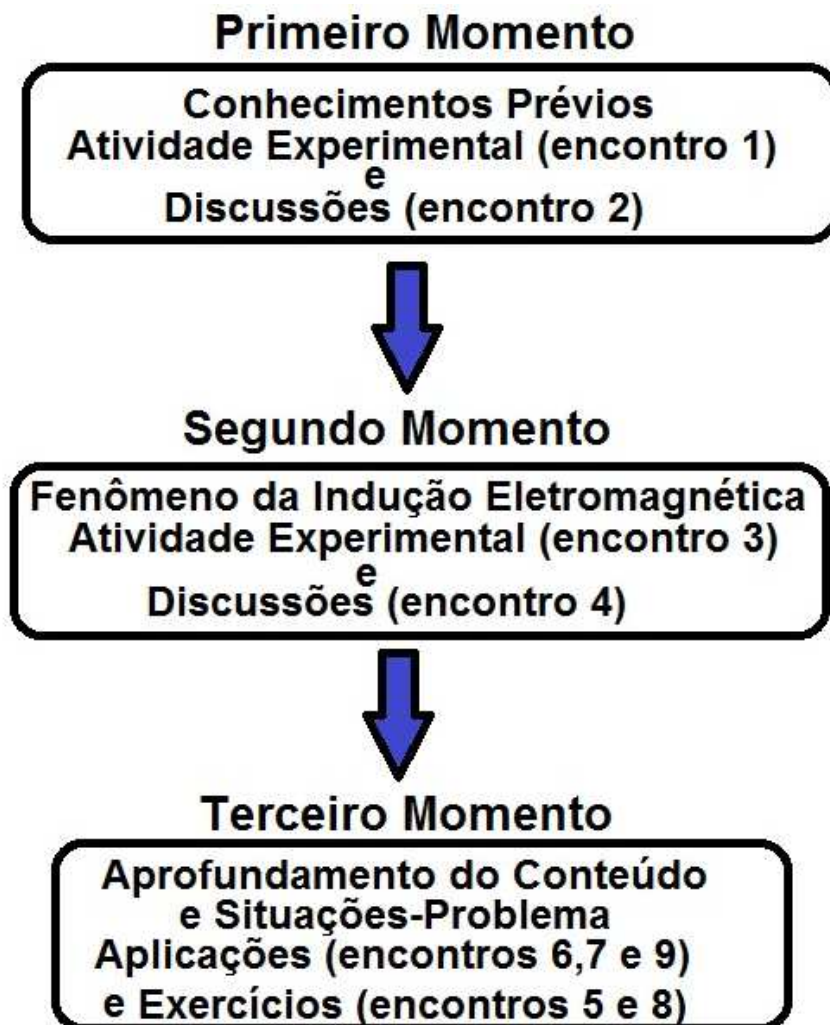
Neste capítulo é apresentado o produto educacional a partir de uma descrição incluindo uma justificativa apoiada em elementos-chaves do referencial teórico. Este trabalho se constitui de uma proposta de desenvolvimento de uma UEPS para o conteúdo de indução eletromagnética. Essa proposta de UEPS busca uma abordagem conceitual dos fenômenos e aplicações envolvendo a indução eletromagnética, com base na teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel e nas situações-problema propostas por Gérard Vergnaud.

Nessa UEPS procura-se manter os alunos como protagonistas de sua aprendizagem. A primeira atividade da UEPS é focada em conhecimentos prévios necessários para iniciar a aprendizagem. Essa primeira atividade é de suma importância, pois, segundo Ausubel, o conhecimento prévio é uma variável crucial para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011). Nessa proposta de unidade de ensino, este primeiro momento usou uma prática experimental a qual possibilita acessar as concepções de alunos como sugerido por Medeiros e Bezerra Filho (2000). Ao longo da sequência procura-se promover um constante diálogo, tanto nas interações aluno-aluno quanto nas interações aluno-professor.

Buscando um processo de ensino que conduza a uma aprendizagem significativa, os encontros propostos na UEPS procuram fazer com que os alunos tenham como abordagem de sua aprendizagem um enfoque profundo.

Assim a proposta dessa UEPS busca uma aprendizagem significativa em que o aluno é um agente ativo de sua aprendizagem e não apenas ouvinte passivo. “[...] Partindo das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, de que o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim” (MOREIRA, 2011, p.1). Além disso, segundo Ausubel, o material para a aprendizagem deve ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo, e o significado lógico depende unicamente da natureza do conteúdo a ser aprendido, enquanto o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo (estudante) tem.

Figura 14 – Fluxograma da proposta de UEPS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa UEPS se constitui de um material de ensino potencialmente significativo. Os planos de aula, kits e experimentos encontram-se no anexo. A UEPS será dividida em três momentos:

- **Primeiro momento**

O objetivo do primeiro encontro foi coletar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de campo magnético oriundo de ímãs e correntes. Os alunos foram divididos em grupos (4 ou 5 alunos) e cada grupo trabalhou com um experimento semelhante à experiência de Oersted (ver atividade experimental 1, no anexo). Os grupos foram instigados a discutir as relações entre as grandezas relevantes, as propriedades do campo magnético em geral. No segundo encontro, cada grupo apresentou para toda turma seus resultados, abrindo espaço para discussões e debates e o professor teve uma postura de mediador. Ainda no segundo encontro, foi apresentada a história do eletromagnetismo antes de Faraday a partir do texto: “Oersted e a descoberta do eletromagnetismo” (MARTINS, 1986).

- **Segundo momento**

No terceiro encontro, os alunos foram novamente divididos em grupos (4 ou 5 alunos). Foi trabalhada a seguinte situação-problema desafiadora que coloca os alunos numa situação semelhante à que se encontravam alguns cientistas entre 1820 e 1830: “A corrente elétrica em um fio possui um campo magnético ao seu redor. E o oposto é possível? Campo Magnético pode produzir corrente?”

Esse experimento conta com dois kits (ver atividade experimental 2, no anexo) constituídos de diferentes bobinas e ímãs, pequenas lâmpadas tipo LED's e vários amperímetros diferentes. No quarto encontro, cada grupo apresentou para a turma inteira seus resultados, abrindo espaço para discussões e debates. O professor teve uma postura de mediador e de organizador do conhecimento. O conceito e a formulação do princípio da indução devem ser construídos junto com os alunos. No final do encontro, foi trabalhado a história de Faraday e Henry a partir do texto: “Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética” (DIAS, MARTINS 2004).

- **Terceiro momento**

No quinto encontro, foram trabalhados outros exemplos, exercícios conceituais de indução eletromagnética a fim de aprofundar o estudo do conteúdo, testando, analisando as respostas, e corrigindo os erros dos alunos.

Nesse momento, também foi trabalhado o experimento do freio magnético, que consiste de um ímã caindo pelo interior de um tubo de cobre (ver atividade experimental 3, no anexo).

No sexto encontro, foi trabalhado diversas aplicações da indução eletromagnética no dia a dia, como geradores elétricos, usina hidrelétricas, transformadores de tensões... O professor procurou dar ênfase nas discussões de como é possível utilizar a indução eletromagnética para produzir energia elétrica em grande escala, para um bairro ou para uma cidade.

No sétimo encontro foram trabalhados outros exemplos, exercícios de aprofundamento e grau de dificuldade maior. Nesse momento, também será trabalhado o experimento do freio magnético (ímã descendo um tubo de cobre).

No oitavo encontro, foi trabalhado aplicações da indução eletromagnética na Marinha do Brasil como, por exemplo, guerra e contramedidas de minagem e bússola giroscópica.

No nono encontro, o professor conduziu um debate envolvendo todo o processo de produção, transmissão e distribuição de energia com a finalidade de fazer um fechamento com uma revisão de todo conteúdo estudado ao longo ano, pois é a última aula do ano. Foi também feita uma avaliação da UEPS, na forma de uma conversa não-estruturada.

Neste capítulo foi exposta apenas a ideia geral da UEPS. Os planos de aula/encontros e as atividades experimentais se encontram no anexo A. A seguir será apresentado um relato dessa aplicação dessa proposta de UEPS no Colégio Naval.

Capítulo 5 – Contexto Escolar: O Colégio Naval

Nesse capítulo apresenta-se o contexto escolar em que foi aplicado o produto educacional. Essa UEPS foi aplicada nas turmas de 3º ano do Colégio Naval (CN), uma instituição de ensino federal pertencente ao sistema de ensino da Marinha (SEM), durante parte do último bimestre do ano letivo de 2015. O colégio está localizado no município de Angra dos Reis, estado do Rio de Janeiro.

5.1 Breve histórico do Colégio Naval

Figura 15 – Colégio Naval.



Fonte: <https://www.marinha.mil.br/cn/> acesso em 15 de junho de 2017.

O Colégio Naval surgiu de uma necessidade de preparar jovens, antes mesmo do ingresso à Escola Naval, para a carreira na Marinha. Sua proposta era incentivar os jovens o gosto pelo mar e pela Marinha, além de proporcionar uma sólida formação intelectual, moral e militar-naval. Assim, pelo Decreto nº 4679, de 17 de janeiro de 1871, foi estabelecido no Arsenal de Marinha da Corte, no Rio de Janeiro, um externato, que consistia de um curso, no período de um ano, para o ensino das

matérias preparatórias do curso da Escola de Marinha. Em seguida, pela Lei nº 2670, de 20 de outubro do mesmo ano, foi autorizada a criação do Colégio Naval. Ele foi o primeiro educandário militar de nível médio do Brasil, efetivada pelo Decreto nº 6440, de 28 de dezembro de 1876, assinado pela Princesa Isabel, então ocupando a Regência do Trono.

Sua inauguração ocorreu em fevereiro de 1877, com 58 alunos procedentes de 14 províncias, instalando-se em prédio do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. O curso preparatório era realizado no período de três anos em caráter de internato. Os docentes, escolhidos criteriosamente, eram oficiais que pertenciam ao Quadro do Magistério Naval. Porém devido à elevada despesa que acarretava, o baixo índice de procura e a rigidez da rotina diária, fez com que pelo Decreto nº 9611, em 26 de junho de 1886, passa-se a funcionar em um só local a Escola de Marinha e o Colégio Naval. Assim na Escola Naval, manteve os seguintes cursos: o Curso Preparatório (três anos), o Curso Superior (três anos) e o Curso de Náutica (em duas séries, para civis).

No início do século XX, o General Honório de Souza Lima, angrense, convenceu Presidente Hermes da Fonseca a aceitar a doação de um grande terreno que a Câmara de Vereadores de Angra dos Reis fez a Marinha, destinada à edificação de uma escola militar. Em 1911, tiveram início as obras do atual Colégio Naval sob a responsabilidade do Capitão Rosalvo Mariano da Silva que também foi o idealizador do projeto arquitetônico. O local escolhido para a construção do edifício do Colégio Naval foi a Enseada da Tapera, que depois foi denominada Enseada Batista das Neves, em Angra dos Reis. Em 1914 quando a construção da edificação foi concluída ela se mostrou tão imponente que o então Ministro da Marinha, Almirante Alexandrino de Alencar, fixou ali a Escola Naval ao invés do Colégio. Ela funcionou na Enseada Batista das Neves até 1920. A partir desse ano, a Escola Naval voltou ao Rio de Janeiro, passando a funcionar naquele local a Escola de Grumetes Almirante Batista das Neves, onde permaneceu até 1949. Em 25 de fevereiro de 1949, foi criado o atual Colégio Naval.

Em 1951, o Colégio Naval recebeu suas primeiras turmas, as quais haviam iniciado o ano escolar na Escola Naval. A transferência dos alunos para Angra dos Reis

transcorreu em memorável viagem a bordo de dois Contra Torpedeiros. Em 15 de agosto, foram solenemente inauguradas as atividades de ensino em Angra dos Reis, com 326 alunos integrando as turmas do 1º e 2º anos.

5.2 O Colégio Naval atual

O Colégio Naval é uma instituição de ensino federal pertencente ao sistema de ensino da Marinha (SEM) que tem como propósito preparar jovens para ingresso na Escola Naval, instituição federal responsável por formar os oficiais da Marinha do Brasil. O Aluno ingressa no Colégio Naval mediante concurso público e, no período que passa no Colégio, cursa o ensino médio acrescido de instrução militar-naval especializada. Em paralelo ao aprendizado acadêmico e militar, o aluno do colégio realiza a intensa prática desportiva, visando aprimorar sua condição física. O colégio possui seis turmas de cada ano escolar, com cerca de 30 a 35 alunos por turma.

Figura 16 – Brasão do Colégio Naval.



Fonte: <https://www.cn.mar.mil.br/node/15> acesso em 15 de junho de 2017.

O brasão do Colégio Naval (figura 16) constitui-se de uma âncora simbolizando a Marinha, que vê nos alunos do colégio, representados pelo livro aberto, uma de suas esperanças, CLASSIS SPES. A insígnia pendente do escudo, foi a este anexada em decorrência do Decreto n.º 52.723, de 21 de outubro de 1963, que outorgou a comenda ao Colégio.

A missão do Colégio Naval é:

“Assegurar, aos alunos, o preparo intelectual, físico, psicológico, moral e militar-naval e incentivá-los para a carreira naval, a fim de prepará-los e selecioná-los para o ingresso na Escola Naval.”

Os professores que compõem o quadro de professores do ensino básico do colégio são compostos de professores civis, da carreira do magistério federal do Ensino Básico Técnico e Tecnológico, e de oficiais temporários (RM2). O ensino de Física no colégio é ministrado nos três anos escolares, por um total de sete professores: Um coordenador e dois professores em cada ano escolar. Assim na disciplina de Física do terceiro ano um professor ministra os conteúdos de eletrostática e magnetismo e enquanto o outro ministra os conteúdos de eletrodinâmica e eletromagnetismo.

5.3 O aluno do Colégio Naval

O aluno ingressa no Colégio Naval pelo Concurso Público de Admissão ao Colégio Naval (CPACN), promovido pela Diretoria de Ensino da Marinha (DesnM). Esse concurso prioriza a matemática, e assim seleciona jovens com um bom domínio nessa disciplina. Ao ingressar no colégio, os alunos são considerados “praças especiais” e recebem remuneração mensal. Atualmente os alunos do CN vêm de todas as classes sociais.

O colégio funciona em regime de internato, e os alunos são divididos em companhias e pelotões. Existe uma hierarquia entre os alunos que vai desde o aluno do primeiro ano escolar aprovado no concurso com a menor nota até o melhor aluno do terceiro ano, denominado comandante-aluno. Essa hierarquia é determinada por um coeficiente composto das notas das disciplinas acadêmicas e Educação Física e Oficialato. Ela determina as tarefas e deveres de cada aluno no colégio e também a distribuição dos alunos nas companhias e nas turmas dos três anos escolares, de forma que as turmas sejam homogêneas entre si.

Uma vez que o concurso do colégio prioriza a matemática, o aluno do Colégio Naval é muito bem preparado em matemática. A disciplina tem um alto grau de exigência, onde são abordados conteúdos de cálculo, como derivada e integral. Esse diferencial também tem reflexos na disciplina da Física. Os alunos tem um grande domínio em Física, sobretudo na resolução de exercícios e problemas. Essa característica tem como resultado o destaque que o colégio obtém em olimpíadas acadêmicas como na OBF, OBFEP, OBM, OBMEP e a OBA.

O lema do colégio é: disciplina, educação e amor ao Brasil. Assim com o objetivo de formar futuros líderes da Marinha do Brasil, o Colégio Naval procura incentivar nos alunos uma cultura de valores militares, ou seja, comportamentos e compromissos esperados de um militar, como os presentes na rosa das virtudes (figura 17). Essa cultura de valores militares também produz uma cultura de competição sadia entre os alunos, visando uma excelência na qualidade de ensino do colégio.

Figura 17 – Rosa das virtudes.



Fonte: <http://docplayer.com.br/12246164-Escola-naval-x-congresso-academico-sobre-defesa-nacional-cadn.html> acesso em 20 de fevereiro de 2017.

Capítulo 6 - Aplicação da Proposta de UEPS

Neste capítulo é apresentado o relato da aplicação dessa proposta de UEPS no Colégio Naval. Essa proposta de UEPS foi aplicada nas seis turmas do terceiro ano durante o último bimestre de 2015 em aulas de 45 minutos, às segundas e terças-feiras. As turmas no Colégio Naval são muito homogêneas e, assim, foi observada muita semelhança entre as turmas. Por isso elas não apresentaram diferenças muito significantes. Esse relato foi construído a partir de um diário de bordo rascunhado durante o andamento de cada encontro e complementado no final da sexta aula do dia.

6.1 Encontro 1: Conhecimento/Organizadores prévios

Nesse primeiro encontro, foi realizado o experimento de Oersted com o objetivo de analisar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito de campo magnético. A turma foi dividida em grupos com 4 ou 5 alunos. Por ser uma das primeiras vezes que trabalharam com esse formato as turmas apresentaram certa dificuldade para acertar os grupos no início do encontro, o que não prejudicou a aula, mas reduziu um pouco o tempo destinado ao experimento.

Nesse encontro foi realizada uma atividade experimental de grau de liberdade intelectual IV, como descrito por Pella (ver capítulo referencial teórico), em que os alunos só recebem do professor um determinado problema e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional para solucioná-lo.

Cada grupo recebeu um kit da atividade experimental 1 (ver atividade 1, no anexo A), devendo primeiramente montá-lo conforme a sugestão apresentada aos grupos. Nesse encontro, a intenção didática do professor-pesquisador era observar para avaliar o conhecimento prévio dos alunos e, portanto, eles receberam uma orientação de seguir a sugestão proposta ou montar o kit conforme sua conveniência.

Quando concluída a montagem, cada grupo tinha, como situação-problema, responder ao seguinte questionário, utilizando, para isso, o kit, o livro didático e o caderno:

Questionário do experimento:

- a) Faça um esboço (desenho) representando o campo magnético ao redor do fio.
- b) Quais variáveis você considera relevantes para a intensidade e o sentido do campo magnético?
- c) Com auxílio da bússola, como é possível determinar os polos de um ímã? (Descreva)
- d) Com auxílio da bússola e do experimento como é possível determinar os polos de uma bateria desconhecida?
- e) Qual a sua opinião sobre o experimento do encontro?

A mediação do professor durante a atividade ocorreu sempre no sentido de instigar os alunos com perguntas do tipo como? Por quê? A fim de motivar os alunos a buscar as repostas em seus livros, cadernos e no diálogo com os próprios colegas. Uma atitude que o professor tentou evitar nesse encontro foi o diálogo entre grupos, pois o objetivo durante a atividade era que o diálogo ocorresse entre os integrantes do próprio grupo.

Dentre as atitudes observadas no encontro pode-se destacar a grande participação dos alunos na atividade experimental. Em todas as turmas, quase todos os alunos participaram de maneira ativa. O professor já esperava uma boa participação; no entanto, o entusiasmo dos alunos foi além de suas expectativas. Outra atitude foi o diálogo constante entre eles na busca de responder o questionário apresentado, troca de ideias, de questionamentos, levantando hipóteses, sugerindo respostas, ou seja, de maneira autônoma buscaram a solução para os questionamentos levantados.

Essas duas atitudes, a grande participação dos alunos e o diálogo constante durante toda realização do experimento, indicam um possível enfoque profundo de aprendizagem e indicam uma provável motivação intrínseca dos alunos.

Abaixo, estão algumas respostas encontradas no item **e**, do questionário que sugerem a motivação apresentada pelos alunos:

“Muito interessante, aproximando o aluno da demonstração teórica do livro.”

“Este tipo de experimento é muito útil para exercitarmos a intuição da Física, contribuindo para uma melhor visão sobre como ocorrem os fenômenos.”

“Uma ótima forma de elucidar conhecimentos que ficavam na nossa imaginação.”

“Bem, o experimento é interessante e muito simples, mas mostra claramente os fenômenos naturais.”

“Muito interessante, pois vimos, na prática, o que já havíamos visto em uma aula teórica.”

“É sempre bom ter experimentos para aprofundar mais a matéria.”

“Com certeza, aulas assim geram mais interesse.”

“Com o experimento acho muito mais simples de apreender”

“Devíamos ter pelo menos uma vez por mês uma aula assim!” (observação: essa frase apareceu, no mínimo, em dois grupos em todas as turmas).

Durante esse encontro dois grupos de alunos, apresentaram no início do experimento uma concepção alternativa de que em um experimento o sentido da corrente deveria ser o real e não o sentido convencional. No entanto, no decorrer do experimento esses alunos perceberam que com essa concepção estava errada, pois os resultados do experimento mostravam que, de fato, o sentido da corrente é o convencional. Assim, os próprios alunos corrigiram sua concepção alternativa.

6.2 Encontro 2: Discussão do experimento e história do eletromagnetismo de Oersted a Ampère

Esse encontro foi dividido em duas partes:

1ª Parte

Na primeira parte do encontro, os alunos foram convidados a dialogar a respeito do experimento realizado no encontro anterior. Nesse encontro, os grupos foram desfeitos e o diálogo ocorreu entre toda turma, ou seja, o objetivo dessa proposta era gerar uma discussão entre os alunos de grupos diferentes, a fim de que houvesse uma troca de ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões ocorridas e descobertas realizadas.

Nessa parte da aula o professor procurou retomar o questionário e instigar um debate entre os grupos a respeito do experimento realizado no encontro anterior. Esse debate foi direcionado para as questões **b,c** e **d** do questionário proposto com o experimento.

Em todas as turmas houve muita discussão, com os alunos dialogando entre si. Durante grande parte do encontro, ocorreram várias discussões promovidas por muitos alunos em que o professor não precisou fazer intervenções. Essa foi uma atitude que não era esperada com tal intensidade (os debates foram muito intensos). De fato, tal fato mostrou uma clara autonomia por parte de alguns alunos. No entanto, uma atitude observada foi que o número de alunos envolvidos nessa discussão foi menor (muito menor em duas turmas) em relação ao encontro anterior. Nessas discussões alguns alunos tinham uma postura de líderes, como porta-vozes dos grupos e, com isso, muitos alunos permaneceram quietos quase o tempo todo. Nesse caso, o professor procurou mediar essa atitude questionando (perguntando) alunos que permaneciam quietos e motivando-os a falar. Esse procedimento ajudou muito, pois fez com que um número muito grande de alunos participasse das discussões.

Nessas discussões a respeito dos itens **b**, **c** e **d**, todas as turmas demonstraram um bom domínio dos aspectos conceituais de campo magnético, principalmente no que diz respeito ao campo magnético ao redor de uma corrente elétrica.

Por fim, discutiu-se o item **a** do questionário. A ideia foi aproveitar a representação de campo magnético para introduzir o conceito de fluxo de indução. A intervenção do professor foi no quadro branco e, para a construção conceitual e matemática de fluxo de indução, foram exploradas ideias apresentadas durante as discussões da turma.

Assim, ainda que as turmas não tenham demonstrado o mesmo interesse apresentado no encontro anterior durante a realização do experimento, deve-se mencionar a troca de ideias entre os alunos, colocando em evidência a autonomia e o entusiasmo mostrado por muitos alunos durante o diálogo entre eles, pois essas discussões foram extremamente enriquecedoras para o conteúdo de magnetismo já estudado e uma excelente preparação para o conteúdo a ser abordado : a indução eletromagnética. A participação e a autonomia apresentadas pelos alunos colocaram em evidência uma provável motivação intrínseca.

2ª Parte

Na segunda parte desse encontro foi abordada, de maneira expositiva, a história do eletromagnetismo, desde Oersted até Ampère. Foi utilizado como texto de apoio o artigo: "Oersted e a descoberta do eletromagnetismo" (MARTINS, 1986), que já havia sido proposto como leitura duas semanas antes.

A mediação do professor procurou incentivar uma discussão entre e com os alunos buscando instigá-los e debater o "fazer ciência". Apesar de a maioria dos alunos já estarem cientes do texto, poucos alunos comentaram. A exposição do professor ocorreu como em uma aula tradicional. Era esperada uma participação dos alunos na discussão da construção do conhecimento científico, o que não ocorreu. A maioria dos alunos, em todas as turmas, consideraram a história do eletromagnetismo como parte do próprio conteúdo da matéria.

A história do eletromagnetismo foi pensada tanto como um elemento motivacional quanto como mediador da aprendizagem. No entanto, não foi observado indícios indicando uma motivação específica dos alunos.

6.3 Encontro 3: Experimento de indução eletromagnética e história do eletromagnetismo : Michael Faraday.

Esse encontro foi dividido em três partes:

1ª Parte:

Na primeira parte desse encontro, o objetivo era realizar uma prática experimental investigativa de indução eletromagnética. Assim como no primeiro encontro, a turma foi dividida em grupos com 4 ou 5 alunos. Nesse encontro foi verificada a mesma dificuldade ocorrida no primeiro encontro (atividade experimental 1) para a formação de grupos cuja escolha era livre.

Diferentemente da primeira experiência, nesse encontro havia apenas dois kits da atividade experimental 2 (ver atividade experimental 2 no anexo). Por isso, os kits eram compartilhados pelos grupos e manipulados tanto por alunos como pelo professor, quando solicitado ou com o objetivo de instigar e motivar os alunos.

Nesse experimento, assim como no encontro 1, foi realizada uma atividade experimental de grau de liberdade intelectual IV (problema definido pelo professor e plano de trabalho definidos pelos alunos). Assim não houve roteiro ou qualquer sugestão de montagem. Os kits foram apresentados aos alunos e o professor fez a seguinte situação-problema em forma de pergunta:

“A corrente elétrica em um fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo Magnético pode ser acompanhado de uma corrente elétrica em um fio condutor?”

A partir dessa indagação, os grupos foram convidados a utilizar os kits apresentados para responder a pergunta. Tão logo os grupos perceberam a necessidade de

“movimento” entre a bobina e o ímã, o professor fez outra indagação: a intensidade da corrente induzida depende de quê? Quais são as variáveis relacionadas?

O professor optou por uma mediação, limitando-se apenas a manipular o experimento, quando solicitado e a instigar alunos a levantar hipóteses, a discutir com os integrantes do grupo e a manipular eles mesmos o experimento a fim de testar suas hipóteses. Mais uma vez as trocas de ideias conceituais entre grupos, incentivando e explicando que, naquele momento, o diálogo deveria ser entre os companheiros de grupo e, no encontro posterior, a discussão seria com, toda a turma, assim como na atividade experimental anterior.

Todas as turmas apresentaram uma grande participação nessa atividade experimental. No entanto essa participação foi ligeiramente menor do que a participação ocorrida na primeira atividade experimental. Como os grupos não tinham seus próprios kits, alguns alunos, em cada grupo, ficaram em suas cadeiras sem demonstrar auxílio aos seus companheiros durante a investigação. A participação dos alunos no experimento foi intensa, um pouco menor que a ocorrida no primeiro experimento. O fato de serem utilizados apenas dois conjuntos de kits, ou seja, de os grupos terem que compartilhar o experimento, parece ter influenciado a participação um pouco menor nesse encontro, em relação ao primeiro experimento.

Os alunos interagiram intensamente entre si, levantaram hipóteses, foram até os kits e testaram suas hipóteses. Alguns exemplos das percepções construídas pelos alunos durante o experimento:

- quanto maior o ímã mais intensa a corrente;
- mover o ímã mais próximo a bobina torna a corrente mais intensa;
- ao mover o ímã para um lado, a corrente tem um sentido; quando se move para o outro lado, o sentido da corrente se inverte. Então girar ou efetuar um movimento de vai e vem do ímã produz uma corrente, como a corrente alternada.

Os alunos dialogaram bastante, trocando ideias e demonstrando grande companheirismo e colaboração entre si, atitudes que são incentivadas na formação militar. Mais uma vez o professor não precisou fazer intervenções durante o experimento, pois os grupos conduziram suas investigações e descobertas de maneira autônoma.

2ª Parte

Na segunda parte desse encontro, foi abordada, de maneira expositiva, a história de Michael Faraday e da indução eletromagnética. Foi utilizado como texto de apoio o artigo “Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética” (DIAS, MARTINS, 2004).

Assim como no segundo encontro os alunos já estavam cientes do texto, pois ele havia sido solicitado na semana anterior. Novamente, não houve muito interesse dos alunos por esse texto de cunho histórico. A história da descoberta da indução, que a princípio, também foi pensada como um elemento motivacional, exemplificando a evolução do conhecimento científico, mostrou-se apenas parte do conteúdo da matéria.

Final do Encontro

No final do encontro, foi proposta uma atividade (desafio) que consistiu em acender um pequeno LED utilizando as bobinas e os ímãs que estavam à disposição da turma no experimento de indução.

A mediação do professor foi limitada apenas a instigar os alunos a utilizarem suas descobertas e análises realizadas no início do encontro durante o experimento de Faraday.

Em todas as turmas, houve uma participação total dos alunos que se empenharam muito para acender o LED. Nessa atividade pode ser observada participação espontânea, diálogo com troca de ideias entre os alunos, colaboração mútua e principalmente a utilização das descobertas feitas no início do encontro durante o experimento. Todas as turmas conseguiram acender o LED e superar o desafio proposto.

Se a participação foi muito semelhante entre as turmas, houve uma pequena diferença entre a primeira turma e as demais turmas no que diz respeito a motivação. A partir da segunda turma, todas tiveram a informação de que as turmas anteriores a elas conseguiram acender o LED, promovendo uma motivação extrínseca baseada no espírito competitivo que faz parte da cultura escolar do CN.

6.4 Encontro 4: Discussão experimento de Indução e Lei de Lenz

Esse encontro foi dividido em três partes:

1ª Parte:

Na primeira parte do encontro os alunos foram convidados a dialogar sobre o experimento realizado no encontro anterior. Nesse encontro os grupos foram desfeitos e o diálogo ocorreu entre toda turma, ou seja, o objetivo dessa proposta foi gerar uma discussão entre os alunos de grupos diferentes, com troca de ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões que ocorreram, as descobertas a respeito da indução eletromagnética, um grande debate a respeito do experimento e de seus resultados.

A mediação do professor nessa parte do encontro, assim como ocorreu no encontro 2, foi para instigar um debate entre os grupos a respeito do experimento realizado no encontro anterior com perguntas como:

“Como foram os procedimentos adotados?”

“Quais hipóteses vocês levantaram?”

“O que vocês descobriram com o experimento?”

Em todas as turmas houve muita discussão com os alunos dialogando entre si. Mais uma vez, em muitos momentos, o professor foi principalmente ouvinte, em meio às discussões autônomas dos alunos. Nessas discussões, alguns alunos tiveram uma postura de líderes. Estes foram os mesmos alunos que lideraram às discussões nos encontros anteriores. Nesses casos, o professor procurou modificar essa situação de

ensino não desejada, propondo perguntas a respeito do experimento aos alunos que permaneciam quietos. Assim, como ocorrido em encontros anteriores, esse procedimento contribuiu para aumentar o número de alunos que participaram ativamente das discussões.

Uma atitude observada durante as discussões e também percebida no encontro anterior, foi que os grupos chegaram às mesmas conclusões a respeito do experimento. A intensidade da corrente depende da intensidade do campo magnético, do número de espiras na bobina e da velocidade do movimento relativo entre o ímã e a bobina. Isso pode ter acontecido porque os grupos manipularam juntos os kits. Portanto, durante as discussões não houve muitos debates, apenas confirmações das conclusões, que eram muito semelhantes.

Uma discussão que surgiu em quase todas as turmas foi a respeito da indução eletromagnética e a produção de energia (já antecipando os encontros de aplicabilidade). Essas discussões ocorreram entre os alunos com autonomia sem necessitar a intervenção do professor que ficou observando os debates.

Podemos destacar nessa primeira parte do encontro as seguintes atitudes que foram observadas no decorrer do encontro recorrente na maioria dos alunos em todas as turmas: a interação, a autonomia e o entusiasmo mostrados por muitos alunos durante o diálogo entre eles. Essas atitudes mais uma vez nos sugerem a motivação intrínseca.

A história do eletromagnetismo foi abordada durante essas discussões. Com uma participação dos alunos semelhante à aquela observada no encontro 2, durante a discussão sobre a primeira parte da história do eletromagnetismo. O único fato que chamou a atenção dos alunos foi que Faraday não havia cursado faculdade. Muitos alunos o consideraram um gênio. Alguns alunos se lembraram de outros trabalhos de Faraday como a gaiola de Faraday e a unidade de capacitância.

2ª Parte

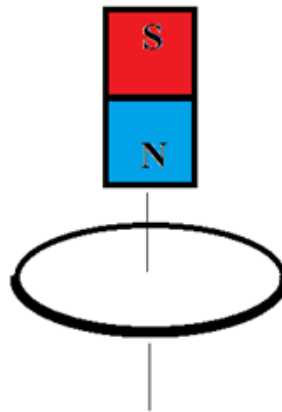
Por fim, uma vez que as discussões iam se encerrando, o professor apresentou a situação-problema mostrada na Figura 18.

Figura 18 - Situação-problema: ímã, ao cair, atravessa uma espira circular.

Um ímã em forma de barra reta, inicialmente em repouso em relação à espira circular, é abandonado acima dela e cai, atravessando-a.

Qual é o sentido da corrente induzida na espira:

- a) enquanto o ímã está em repouso em relação a ela?**
- b) um pouco antes de o ímã começar a atravessá-la?**
- c) logo após a passagem completa do ímã através dela?**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa situação problema proposta pelo professor teve como finalidade analisar a Lei de Lenz. Nessa situação problema o professor propôs que os alunos formassem duplas e cada uma teve sete minutos para refletir sobre o problema. Decorrido esse tempo, o professor convidou os alunos a discutirem o problema com toda a turma.

Durante o tempo em que os alunos discutiam em dupla, o professor fez uma demonstração de um freio magnético (ver atividade experimental 3 no anexo) utilizando um tubo de cobre, um pino de madeira, um parafuso e vários ímãs de neodímio. A demonstração surpreendeu muitos alunos e alguns chegaram a supor que o ímã de neodímio ficava preso no tubo e, por isso, o tempo de queda era maior. Nesses casos, o professor solicitou que o próprio aluno fizesse o experimento a fim de testar suas hipóteses. Uma atitude observada nessa demonstração foi a curiosidade e o interesse dos alunos em tentar explicar o tempo de queda prolongado do ímã de neodímio.

Em todas as turmas, maioria dos alunos, demonstrou perceber relação entre a demonstração, a situação problema proposta e o conceito de indução

eletromagnética. Assim a discussão conduzida pelo professor a respeito da demonstração do freio magnético e da situação problema foi curta, uma vez que os alunos conseguiram resolvê-la mais facilmente do que o professor esperava. O professor focou, então, na conceitualização da Lei de Lenz.

3ª Parte

Uma vez que os alunos possuem um bom domínio matemático (uma característica do Colégio Naval que enfatiza o ensino de exatas) e diante das já citadas atitudes observadas, a formulação matemática do princípio da indução eletromagnética ocorreu de maneira direta e rápida. Diferentemente da forma como é apresentada geralmente no ensino médio, a fórmula do princípio da indução eletromagnética foi apresentada em sua forma de variação e diferencial. A abordagem diferencial provocou certo desconforto em alguns alunos e curiosidade em outros que já queriam saber como “isso” seria usado nos cálculos da corrente induzida.

6.5 Encontro 5: Aula de exercícios e verificação de aprendizagem.

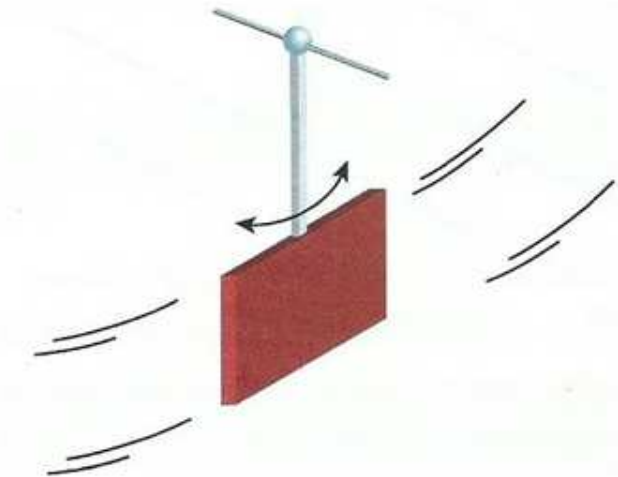
Esse encontro teve como foco a aprendizagem conceitual dos alunos. Os alunos resolveram os exercícios sozinhos ou em dupla de acordo com sua vontade. Os alunos eram livres para resolver a quantidade de exercício que quisesse. Foram propostos cinco exercícios conceituais. Os dois outros exercícios tiveram como foco praticar o uso da fórmula do princípio de indução em diversos problemas.

A intervenção do professor foi no sentido de responder eventuais questionamentos que surgiram, retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente e começar a exemplificar para os alunos aplicações da indução eletromagnética, principalmente quanto à produção de energia elétrica. Os alunos demonstraram muito empenho em resolver os exercícios propostos, Os quais foram resolvidos rapidamente e com certo grau de facilidade o que pode evidenciar uma apropriação de conceitos.

O último exercício conceitual proposto para uma discussão com a turma foi a respeito das correntes de Foucault (ver figura 19).

Figura 19 - Exercício proposto para discutir correntes de Foucault.

(UFMG) Este diagrama mostra um pêndulo com uma placa de cobre presa em suas extremidades.



Esse pêndulo pode oscilar livremente, mas, quando a placa de cobre é colocada entre os polos de um ímã forte, ele para de oscilar rapidamente. Por que isso ocorre?

Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

Esse exercício foi utilizado pelo professor para discutir com a turma não só o conteúdo de indução eletromagnética, mas também conservação de energia. Durante a resolução do exercício, o professor exemplificou o funcionamento do forno de indução.

Neste encontro pôde-se observar, além do domínio matemático dos alunos o qual faz parte da cultura do Colégio, que houve também domínio de conceitos discutidos nos encontros anteriores. Os alunos demonstraram durante a realização dos exercícios: interesse, empenho, motivação e companheirismo. Essas atitudes podem ser relacionadas a um enfoque profundo de aprendizagem e demonstram uma disposição para a aprendizagem por parte dos alunos. Esse encontro teve uma participação significativa dos alunos, pois em todas as turmas a grande maioria dos alunos resolveram todos os exercícios propostos mesmo não tendo essa obrigação,

ou seja, houve um envolvimento livre e voluntário característico de uma motivação intrínseca.

6.6 Encontro 6: Aplicabilidades da Indução eletromagnética

Esse encontro foi dividido em duas partes:

1ª Parte

Nessa primeira parte do encontro foram abordadas, de maneira expositiva, diversas aplicabilidades da indução eletromagnética no dia a dia. Inicialmente o professor perguntou aos alunos se eles poderiam citar exemplos do uso da indução eletromagnética. Em todas as turmas os alunos se lembraram dos exemplos do freio magnético e do forno de indução (retomando os exemplos discutidos no encontro anterior) e, de maneira unânime, os alunos relacionaram de maneira imediata o uso da indução eletromagnética e a produção de energia.

Ao perceber o interesse da turma, o professor abordou de maneira expositiva as diferenças entre os diversos tipos de usina de energia. A partir dessa explicação, ele orientou a aula a fim de conduzir uma breve discussão sobre a produção de energia elétrica nas diversas usinas. Em alguns momentos essa discussão foi entre os alunos, sem necessidade da intervenção do professor, assim como ocorreu em encontros anteriores. Boa parte dessa discussão foi sobre o funcionamento da usina nuclear, pois ela está localizada na mesma região que o colégio, sendo então, um assunto recorrente na cidade de Angra do Reis.

O professor também explicou outros exemplos do uso de indução eletromagnética como nos microfones, rádios receptores etc.. Exemplificando e explicando o funcionamento desses equipamentos.

Durante essas exemplificações e explicações, pôde-se observar o nível de interesse dos alunos através da atenção demonstrada e comentários:

“É legal saber onde se usa isso na prática.”

“Eu gosto quando sei onde a coisa é aplicada”

“No microfone? Como? Achava que essa indução era nas usinas”

“Nossa, na verdade tem muitas aplicações.”

“Eu sei que os conceitos da Física estão por toda parte, mas em geral, nas aulas não consigo relacionar essas teorias, essas leis com as coisas na prática!”

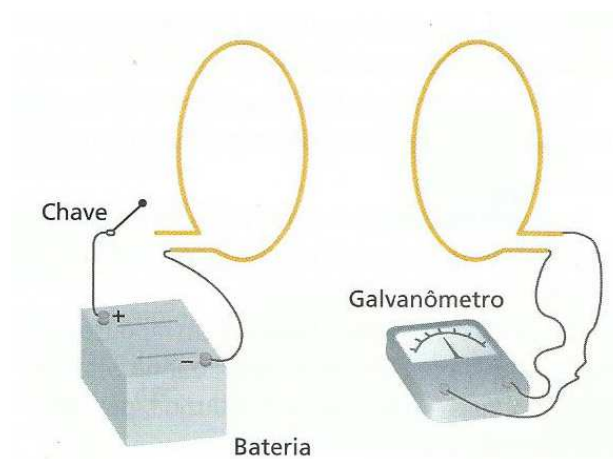
2ª Parte

Nessa parte do encontro, o professor propôs a seguinte situação-problema:

“Como seria possível transmitir energia elétrica de um circuito fechado para outro circuito fechado independente?”

Essa situação-problema gerou um pouco mais de dificuldade, sendo necessária uma explicação um pouco mais detalhada. O professor apresentou a imagem da figura 20 (ver abaixo) para exemplificar o problema e propôs que os alunos discutissem durante cinco minutos em dupla e depois com toda a turma. Depois da explicação detalhada da situação-problema, a maioria dos alunos enfim conseguiram resolvê-la.

Figura 20 - Situação-problema: Como seria possível transmitir energia elétrica de um circuito fechado para outro circuito fechado independente?



Fonte: BISCUOLA, BÔAS, DOCA (2007).

No decorrer dessa discussão o professor exemplificou o transformador de tensão e sua finalidade. Uma vez que os alunos possuem um bom domínio matemático, a

formulação matemática do transformador de tensão ocorreu de maneira direta e rápida. Os alunos mais uma vez demonstraram muito interesse na aplicação (“uso prático”) dos conceitos abordados.

6.7 Encontro 7: Aplicabilidades da indução eletromagnética na Marinha

Esse encontro foi dedicado a discussões envolvendo o uso de indução eletromagnética no dia a dia da Marinha (especialmente na Marinha do Brasil). Semelhante ao encontro anterior, inicialmente o professor perguntou aos alunos se eles poderiam citar exemplos do uso da indução eletromagnética e, de maneira unânime, os alunos relacionaram imediatamente seu uso com a produção de energia nos geradores de bordo do navio. Muitos alunos voltaram a citar os exemplos do encontro anterior no contexto das embarcações navais.

O professor, de maneira expositiva, explicou diversos exemplos do uso da indução eletromagnética no contexto específico da Marinha (minas magnéticas, propulsão elétrica etc.) e os alunos demonstraram grande interesse nas aplicações militares. Vale ressaltar que o interesse foi muito grande nas aplicações apresentadas no encontro anterior, mas nesse encontro, de aplicação na Marinha foi ainda maior.

Assim verificou-se um grande interesse por parte dos alunos, que se mantiveram participando com perguntas e questionamentos. Além disso, os alunos demonstraram motivação para a carreira militar, patriotismo e “fogo sagrado” (que poderia ser traduzido como paixão e entusiasmo pela carreira militar) em relação à ligação do conteúdo da disciplina de Física com a futura carreira deles. Essas atitudes ficaram evidentes no final do encontro, com o brado dos alunos em todas as turmas: “E viva a Marinha de Guerra!”; “Brasil!” Vale ressaltar que as atitudes apresentadas no encontro estão de acordo com a missão do colégio, que é: “Assegurar, aos alunos, preparo intelectual, físico, psicológico, moral e militar-naval e incentivá-los para a carreira naval, a fim de prepará-los e selecioná-los para o ingresso na Escola Naval.”

Muitos alunos fizeram diversas perguntas, principalmente a respeito do submarino nuclear brasileiro e sobre as pesquisas do uso de supercondutores nos equipamentos de navegação (bússola giroscópica) e armamentos.

Esse foi um encontro difícil para o professor, pois ele permaneceu ocupado o tempo todo, sem nenhum momento de descanso, mesmo nos intervalos entre as aulas das seis turmas. Primeiro, com a explicação dos exemplos e, segundo, respondendo às diversas perguntas dos alunos. Em termos de interesse e motivação, esse encontro foi semelhante ao encontro com os experimentos no início da UEPS, com os alunos demonstrando as mesmas atitudes.

6.8 Encontro 8: Aula de exercícios e teste da aprendizagem.

No início desse encontro, o professor retomou os exemplos de aplicação da indução eletromagnética no contexto da Marinha. Alguns alunos, ainda motivados pelo encontro anterior, fizeram algumas perguntas sobre as aplicações no contexto naval. Houve também alguns alunos que, no início ou durante o encontro, fizeram perguntas relativas à carreira militar, querendo saber qual especialização, na Escola Naval, trabalha com eletrônica ou eletromagnetismo. Finalizando a retomada das aplicabilidades abordadas no encontro anterior, o professor deixou como indicação o Livro “Caçada ao Outubro Vermelho – Tom Clancy” ou, caso os alunos não tivessem acesso ao livro, indicou o filme baseado na história do livro. O professor explicou que o livro abordava muitas daquelas aplicações militares já discutidas.

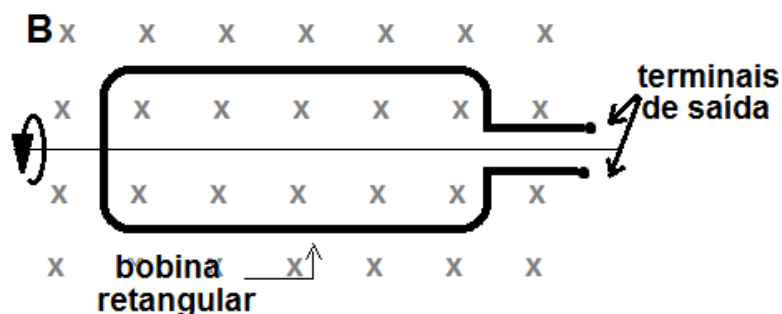
Esse encontro foi dedicado à resolução de cinco exercícios com nível de complexidade maior do que os apresentados no quinto encontro. Mais uma vez, os alunos resolveram os exercícios sozinhos ou em dupla, de acordo com sua vontade, semelhante ao encontro de resolução de exercícios anterior. Os alunos eram livres para resolver a quantidade de exercícios que quisessem. Nesse encontro foram propostos mais exercícios numéricos do que exercícios conceituais. Deve-se ressaltar aqui que estes exercícios numéricos não tinham apenas a finalidade de promover automatização dos cálculos, mas foram problematizados pelo professor seguindo a orientação de Clement e Terrazzan (2011, p.88):

“[...] Os exercícios/problemas/questões, assim nomeados e encontrados nos livros didáticos, não se constituem, em si mesmos, problemas para os alunos, embora alguns deles possam ter em seus enunciados situações bastante interessantes. Tais exercícios/problemas/questões podem passar a se constituir como um problema para o aluno na medida em que forem problematizados/reformulados pelo professor e inseridos em um contexto que lhes dará sentido. Dessa forma, não ficarão restritos a uma aplicação ou verificação de conhecimentos, mas sim, passarão a fazer parte do processo construtivo do saber.”

Figura 21 - Exemplo de exercício proposto no encontro 8 envolvendo derivada.

A figura abaixo mostra o princípio de funcionamento de um gerador comercial. Uma bobina retangular de área A e com N espiras é girada a uma frequência f no interior de um campo magnético uniforme de valor B .

- (a) Determine o valor da força-eletromotriz nos terminais de saída da bobina.
- (b) Faça um gráfico da f.e.m induzida em relação ao tempo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os exercícios foram selecionados, problematizados/contextualizados pelo professor. Assim, alguns deles foram propostos como, situações-problema, como por exemplo, o apresentado na figura 21.

A intervenção do professor foi no sentido de responder eventuais questionamentos que surgiram, retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente ao

discutir/calcular com os alunos as aplicações da indução eletromagnética no que diz respeito à produção de energia elétrica e o uso dos transformadores.

Nesse encontro, os alunos apresentaram atitudes semelhantes às já observadas em encontros anteriores, como interesse e motivação para a resolução dos exercícios propostos. Assim como no encontro anterior, os alunos demonstraram muito empenho para resolvê-los exercícios.

Entre os exercícios propostos pelo professor, dois deles envolviam o uso de derivada, como no caso do exercício proposto apresentado na figura 18 e alguns alunos perceberam de imediato isso. Então, a mediação do professor consistiu em retomar com eles a ideia de taxas variacionais, que eles já haviam estudado em cálculo. Muitos alunos demonstraram certa preocupação inicialmente, ao perceberem a “presença” da derivada para a solução do problema. Esse receio se deve à ligação imediata que os alunos fizeram entre a Física e o Cálculo que eles estudam no colégio e que é uma disciplina culturalmente temida por eles. No entanto, depois do “choque” inicial, os alunos demonstraram assimilar com certa facilidade o uso da derivada na Lei de Faraday.

Nesse encontro, assim como no primeiro, de resolução de exercícios, pôde-se observar a capacidade de transposição de habilidade dos alunos em matemática para seu uso em situações envolvendo indução eletromagnética. Durante a realização dos exercícios, os alunos demonstraram: interesse, empenho, motivação e companheirismo (ver figura 17: Rosa das Virtudes). Mais uma vez o encontro teve uma participação significativa dos alunos, pois assim como ocorreu no primeiro encontro de exercícios, em todas as turmas a grande maioria dos alunos resolveu todos os exercícios propostos, mesmo não tendo essa obrigação.

6.9 Encontro 9: Encerramento

Esse encontro foi dividido em duas partes:

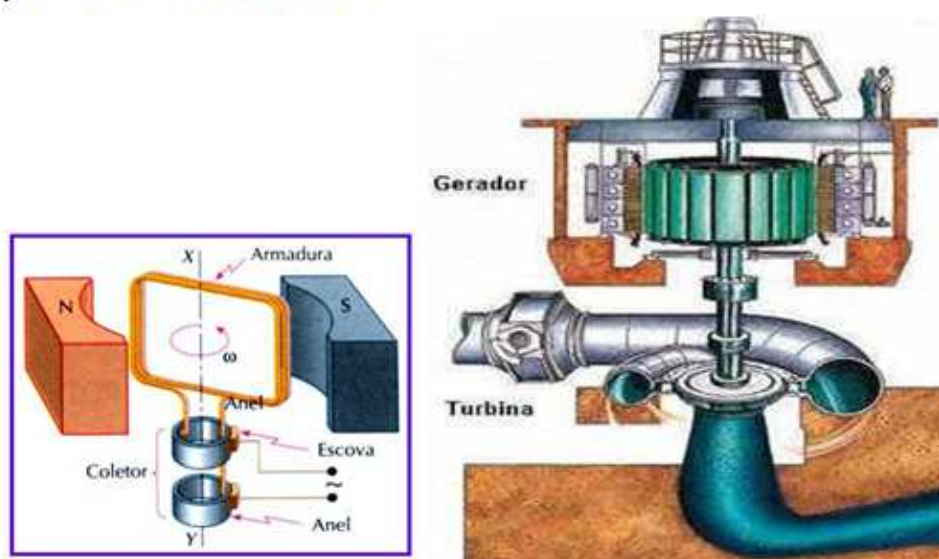
1ª Parte

Nessa primeira parte do encontro, o professor procurou dialogar com os alunos os conceitos e aplicações da indução eletromagnética, discutidos e estudados ao longo de toda UEPS. O objetivo do encontro era resgatar as discussões de encontros anteriores promovendo um novo debate como encerramento do conteúdo de eletromagnetismo.

Figura 22 - Exercício a respeito da produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica.

O gerador mostrado na figura abaixo é formado por 320 espiras ($A = 30\text{m}^2$) imersas em um campo magnético constante e uniforme de $B = 300\text{ mT}$. O gerador recolhe energia de uma turbina hidráulica com 81% de rendimento. Sabendo que o eixo da turbina gira a uma frequência de $1,5\text{Hz}$, determine (use: $\pi = 3$):

- o gráfico da f.e.m X tempo produzida no gerador.
- o valor de pico e o valor eficaz da f.e.m.
- sabendo que a corrente liberada no sistema vale 25A determine a potência da turbina hidráulica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante essa discussão, o professor abordou de maneira expositiva e com mais detalhes o processo de produção de energia elétrica e da corrente alternada. Ele promoveu um momento dialogado com os alunos sobre as diferenças entre os vários tipos de usinas de energia elétrica, instigando-os a debaterem sobre suas vantagens e desvantagens. Outro assunto abordado foi a respeito da corrente alternada: suas características, suas vantagens etc. Durante a discussão, o professor propôs o exercício da Figura 22.

Esse exercício teve como objetivo fechar a discussão sobre o processo de produção de energia e corrente alternada, a fim de promover uma nova discussão, resgatando todo conteúdo de eletrodinâmica estudado ao longo do ano. O objetivo dessa nova discussão foi revisar, discutir e interligar todo o conteúdo de eletrodinâmica, dialogando com os alunos sobre todo processo de transformação de energia no circuito elétrico, desde a energia sendo produzida na usina de energia, sua transmissão (incluindo as mudanças de intensidade na f.e.m) e seu uso pelos aparelhos elétricos em geral.

Os alunos tiveram uma boa participação nessas discussões, porém não com a mesma intensidade apresentada em encontros anteriores. Os alunos, praticamente sem a intervenção do professor, conseguiram mencionar os conceitos fundamentais de indução eletromagnética abordados na UEPS. Além disso, a última discussão serviu como uma revisão geral do conteúdo estudado ao longo do ano, no caso específico da eletrodinâmica. Mais uma vez, foi observado o interesse dos alunos e elementos que sugerem motivação deles nesse encontro (a mesma análise já feita nos encontros anteriores). Alguns alunos que se mantiveram quietos (calados) nos encontros anteriores participaram dessas últimas discussões.

Durante esse encontro um grupo de alunos demonstrou interesse em fazer graduação no curso de engenharia elétrica ou eletrônica. Outros alunos demonstraram interesse em continuar na Marinha fazendo uma especialização relacionada aos conteúdos de eletromagnetismo e eletrônica. Três alunos citaram que pensavam em continuar na Marinha e, paralelamente, ingressar no curso de Física.

2ª Parte

Essa segunda parte do encontro foi dedicado à avaliação dos alunos em relação a essa proposta de UEPS. O professor dialogou com os alunos sobre a opinião deles em relação à abordagem de ensino utilizado para o conteúdo de indução eletromagnética. Nessa parte, o professor procurou ouvir os alunos, não só suas opiniões sobre como foram os encontros, mas também como poderia ter sido.

Em todas as turmas, quase dois terços dos alunos demonstraram inicialmente, certo receio em falar, porém o professor procurou instigá-los. Apenas alguns alunos em cada turma emitiram opiniões. A maioria aprovou a UEPS. Os alunos que opinaram elogiaram principalmente os encontros com experimento e os de aplicação. Eles sugeriram que a abordagem utilizada fosse expandida para todos os conteúdos ao longo do ano. Seguem, abaixo, alguns relatos feitos pelos alunos:

“A Física é muito melhor assim, exemplificada na prática.”

“Essas aulas do ano foram bem mais interessantes que as outras aulas teóricas.”

“As aulas foram muito boas, pois vimos a matéria na prática do dia a dia.”

“Os experimentos foram bem simples, porém práticos. Ajudaram a entender melhor a matéria.”

“Foi uma oportunidade de ver aplicações práticas e experimentos, aumentando o interesse pela matéria.”

“Foi bem interessantes, abrindo a mente e deixando a matéria com um melhor entendimento.”

“Os experimentos e aplicações foram muito interessantes, motivaram ainda mais o estudo da matéria.”

“Essas aulas foram muito interessantes pois foram além de explicar apenas a teoria. Podemos entender na prática do dia a dia.”

“Aulas assim motivam mais o dia a dia do aluno e criam um interesse maior pela

matéria de Física.” (Observação: essa foi uma frase recorrente em todas as turmas).

“As aulas de Física poderiam ser assim o ano todo!” (Observação: essa foi uma frase recorrente em todas as turmas.)

“As melhores aulas de Física do ano!” (Observação: essa foi uma frase recorrente em todas as turmas).

6.10 Encontro 10: Avaliação Institucional

Após a realização dos nove encontros, ocorreu a avaliação institucional. No CN, a avaliação do quarto bimestre, chamada de quarta prova periódica (4^a PP), é composta de vinte questões objetivas de múltipla escolha (cinco opções) seguindo as normas estabelecidas pela Diretoria de Ensino da Marinha (DEsnM). Cada um dos dois professores de Física contribui com dez questões de cada assunto (campo magnético e indução eletromagnética). Assim, a avaliação formativa dessa UEPS foi composta de dez questões, sendo quatro puramente conceituais.

Os resultados atingidos foram um pouco melhores que os de anos anteriores, porém não muito significantes. Primeiro, vale lembrar que os alunos do CN têm um bom domínio na área de exatas e, como essa é a prova do último bimestre os alunos costumam se dedicar muito para conseguir uma boa nota, a fim de evitar a prova final. Logo o bom desempenho dos alunos na avaliação já era algo esperado. Segundo, o intuito dessa proposta é que o aluno torne-se um agente ativo, autônomo, de sua aprendizagem. Não apenas uma aprendizagem mecânica, como costuma acontecer no final do ano, quando eles ficam preocupados somente com a nota da prova. Assim mais importante do que o resultado da nota da 4^a PP, foram as atitudes observadas ao longo da UEPS que permitam promover uma aprendizagem potencialmente significativa que não costumava-se observar anteriormente.

6.11 Comentários a respeito da aplicação e análise final.

O aluno do Colégio Naval é um pouco diferente dos encontrados nas diversas escolas brasileiras. Uma reclamação comum de professores de Física é que seus alunos não dominam a Matemática, o que torna mais difícil a aprendizagem do conteúdo de Física. Esse não é o caso do aluno do Colégio Naval, pois ele domina muito bem a matemática e, por isso, essa era a principal preocupação durante a formulação desse material de ensino. Essa proposta busca a motivação do aluno, com uma abordagem dialogada, experimentos e com aplicações do dia a dia.

A participação nos encontros iniciais, excedeu as expectativas do professor que esperava uma grande participação, mas ficou surpreso pela motivação e disposição que os alunos apresentaram. No entanto uma ferramenta utilizada no material didático, a história do eletromagnetismo, não teve o resultado esperado inicialmente. O professor esperava utilizar os textos como um fator motivacional; no entanto, os alunos demonstraram pouco interesse. Outro aspecto que excedeu a expectativa do professor foi o interesse dos alunos nos encontros a respeito da aplicação do eletromagnetismo, sobretudo a vibração demonstrada no encontro a respeito da aplicação de indução eletromagnética no contexto naval. Os encontros de exercícios ocorreram como previsto, uma vez que o professor já leciona há muitos anos no colégio e conhece o desempenho dos alunos.

É importante relatar o trabalho exaustivo do registro do diário de bordo. Como uma das normas do colégio é que todas as turmas tenham a mesma aula, a proposta foi aplicada em todas as seis turmas, segunda à tarde e terça pela manhã. Isso demandou um desgaste muito grande do professor, o qual tinha que rascunhar o que era observado e só depois da sexta aula conseguia organizar essas anotações.

Por fim, foi muito gratificante a aplicação da proposta da UEPS diante das atitudes apresentadas pelos alunos ao longo de todos os encontros. A Avaliação formal, a 4ª PP, não apresentou uma melhoria significativa da nota obtida pelos alunos em relação à mesma prova de anos anteriores. No entanto, essa proposta não buscou simplesmente um aumento da nota da avaliação do conteúdo, mais sim motivação, autonomia e o interesse pelo assunto, atitudes essas que foram observadas pela grande maioria dos alunos ao longo dos encontros.

Referências

ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. P.; MION, R. A. Educação em Física: Discutindo ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**. Bauru, v.7, n.2, p.183-197, 2001.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS N. V.; DOCA R. H. **Tópicos de Física: eletricidade, Física moderna e análise dimensional. Volume 3**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIL – **PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino médio)**. Brasília: MEC, 2000.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. **Coleção Ideias em Ação – Ensino de Física**, p. 53-78. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; RUFINI, S. E.; FILHO, J. P. A. Motivação autônoma de estudantes de Física: evidências de validade de uma escala. **Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, v. 18, n. 1, p. 45-56. São Paulo, 2014.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades didáticas de resolução de problemas e o ensino de conteúdos procedimentais. **Revista Eletrônica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, n.1, p.87-11. Buenos Aires: 2011.

COLL, C.; MARCHESI A.; PALACIOS, J. **Desenvolvimento Psicológico e Educação** - Vol.2: Psicologia da Educação Escolar. Porto Alegre: Artmed 2004.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. Bauru, v.10, n.03, p. 517-530, 2004.

GUERRA, A.; REIS J. C; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófico para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2: p. 224-248, 2004.

LIMA, S. P. **Reapreciação da génese do electromagnetismo clássico**, Dissertação Mestrado. Universidade de Lisboa. Lisboa: 2014.

MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino de Física. **Cadernos Catarinenses de ensino de Física**, Florianópolis, n. 5, p. 49-57, 1988.

MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Campinas, n. 10, p. 89-114, 1986.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da física. **Ciência & Educação**. Bauru, v.6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área - **Investigações em Ensino de Ciências**. V7(1), p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. PUCPR, 2012.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. In: **XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física**. Equador, 2013.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. (1999) **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

PEREIRA, A. G. **Um estudo histórico da evolução do conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico**, Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos: 2009.

SANTOS, R. P.; CARBÓ A. D. Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Massa. In: **IX EPEF - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Jaboticatubas (MG), 2004.

SÉRÉS, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1. Porto Alegre: 2003.

SILVA, S. C. R.; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de Física ante a nova realidade. **Imagens da Educação**. On-line, acesso em 10 de dezembro de 2016, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SOLÉ, I. Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. **Construtivismo na sala**, p. 29-55 São Paulo: Editora Ática, 2006.

Anexo

**Proposta de UEPS para o conteúdo de indução
Eletromagnética
(Guia dos Encontros e Atividades Experimentais)**

CAMPUS CARIACICA

**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Alexsandro Fernandes Fuzari

**GUIA DIDÁTICO DE UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DO CONTEUDO DE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

**CARIACICA
2017**

Sumário

Introdução	85
A sequência de encontros da proposta de UEPS	87
Encontro 1	87
Atividade experimental 1	88
Encontro 2.....	92
Encontro 3.....	94
Atividade experimental 2.....	96
Encontro 4.....	99
Atividade experimental 3.....	101
Encontro 5.....	102
Encontro 6.....	104
Encontro 7.....	106
Encontro 8.....	108
Encontro 9.....	110
Breve história do nascimento do eletromagnetismo.....	111
Referências Bibliográficas	118

Introdução:

Este guia tem por finalidade auxiliar o uso dessa proposta de UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativo) no conteúdo de indução eletromagnética. As UEPS são sequências de ensino propostas por Moreira, fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria dos campos conceituais de Vergnaud. Essa proposta de UEPS inclui algumas ferramentas investigativas, em que o aluno seja um agente ativo do seu processo aprendizagem, contrapondo-se às práticas tradicionais de ensino, como mostrado no capítulo do Referencial teórico na dissertação.

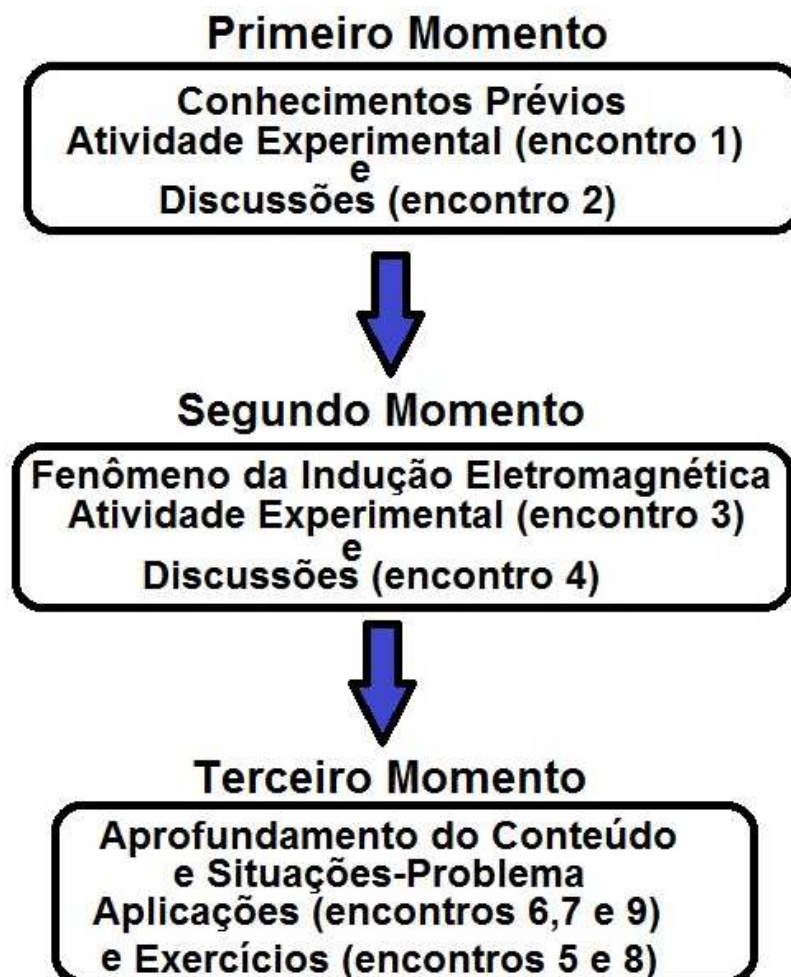
Nessa UEPS, procura-se sempre manter os alunos como protagonistas de sua aprendizagem. É promovido um constante diálogo ao longo da unidade de ensino, tanto no que diz respeito as das interações aluno-aluno quanto nas interações aluno-professor. Assim visando um processo de ensino que promova uma aprendizagem significativa, os encontros propostos nessa UEPS procuram fazer com que os alunos tenham uma maior autonomia, com uma abordagem em que, sua aprendizagem tenha um enfoque profundo (intenção de compreender; forte interação com o conteúdo; relação de novas ideias com o conhecimento anterior; relação de conceitos com a experiência cotidiana; relação de dados com conclusões; exame da lógica dos argumentos)

Segundo Ausubel, o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem. Desse modo, os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do assunto que será abordado são levados em conta na UEPS e esse é o objetivo do primeiro e do segundo encontro da UEPS.

No terceiro encontro, os alunos realizarão um experimento de indução eletromagnética com uma abordagem investigativa e, no quarto, o princípio de indução eletromagnética será construído com os alunos de maneira dialogada. Nesses encontros, será abordada também a história do eletromagnetismo, desde Oersted até Faraday.

Nos encontros seguintes serão trabalhados exemplos, exercícios com um grau cada vez maior de complexidade e diversas aplicações da indução eletromagnética no dia a dia, como geradores elétricos, usinas hidrelétricas e transformadores de tensões.

Figura 1A - Fluxograma da proposta de UEPS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Sequência de Encontros da Proposta de UEPS.

A seguir, são apresentados os planos de encontro dessa proposta de UEPS.

Encontro 1

I. Plano de Aula: Encontro 1: Experimento de Oersted.
II. Conteúdo: Campos magnéticos produzidos por ímãs e campos magnéticos produzidos por corrente elétrica.
III. Objetivo pedagógico geral: - Obter informações a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos, concepções alternativas e habilidades sobre campo magnético.
IV. Objetivos pedagógicos específicos: • Descrever o campo magnético produzido por um ímã e o campo magnético produzido por uma corrente elétrica. • Relacionar o campo magnético produzido por um ímã com o campo magnético produzido por uma corrente elétrica. • Estimar as variáveis pertinentes relacionando campo magnético e corrente. • Saber utilizar a regra da mão direita envolvente. • Começar a sanar possíveis concepções alternativas.
V. Desenvolvimento do encontro: • Apresentar aos alunos a proposta e a abordagem para as aulas do conteúdo de Indução eletromagnética através do fluxograma. • Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos). • Realizar o experimento de Oersted utilizando o Kit da atividade experimental 1. • Debater ideias e hipóteses acerca do experimento de Oersted.
VI. Recursos didáticos: O fluxograma pode ser apresentado em Datashow, retroprojeter ou no quadro branco. Atividade experimental 1.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola

Comentários:

Iniciar a aula expondo aos alunos os objetivos, a metodologia e abordagem utilizada nessa UEPS (Apresentando o fluxograma proposto).

Sugere-se que, nessa primeira aula, o professor busque observar o conhecimento prévio dos alunos e suas concepções a respeito de campo magnético oriundo de ímãs e correntes, a fim de identificar possíveis concepções alternativas. É importante que o professor procure instigar discussões entre integrantes dentro dos grupos e evitar trocas de ideias entre grupos, pois isso ocorrerá no próximo encontro (explicar isso à turma).

É interessante que o professor anote as concepções alternativas apresentadas pelos alunos, para que elas possam ser retomadas em discussões posteriores.

Essa é uma aula principalmente de observação, em que o professor medeia as atividades realizadas pelos alunos apenas instigando-os com perguntas ou/e questionamentos. As hipóteses e respostas devem partir principalmente do próprio aluno.

No fim do encontro, o professor deixa como tarefa a leitura do artigo: **Oersted e a descoberta do eletromagnetismo** (MARTINS, 1986) ou o texto: **Breve história do eletromagnetismo: de Oersted a Faraday**, que se encontra no final desse guia.

Após o encontro, o professor poderá analisar tantas as concepções alternativas identificadas e habilidades não desenvolvidas; quanto analisar as respostas aos questionários do experimento.

Atividade Experimental 1

Campo magnético nas proximidades de um ímã e nas proximidades de um fio condutor percorrido por corrente.

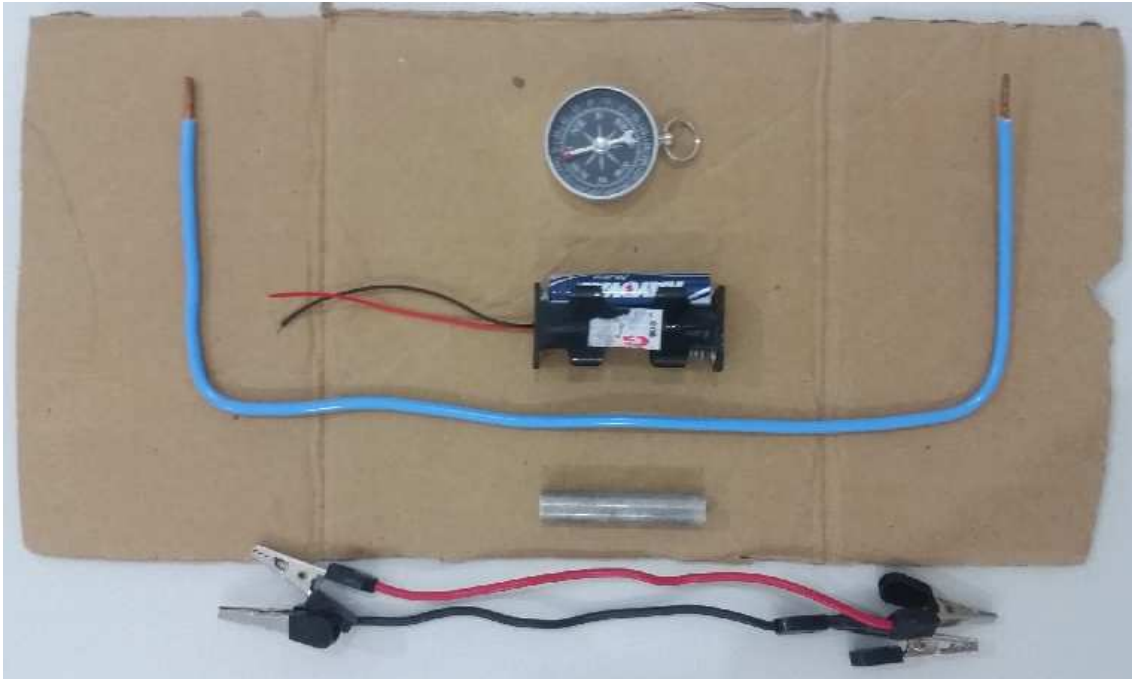
Objetivo:

- Coletar informações a respeito do conhecimento prévio dos alunos.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

Figura 2A - Kit utilizado na atividade experimental 1

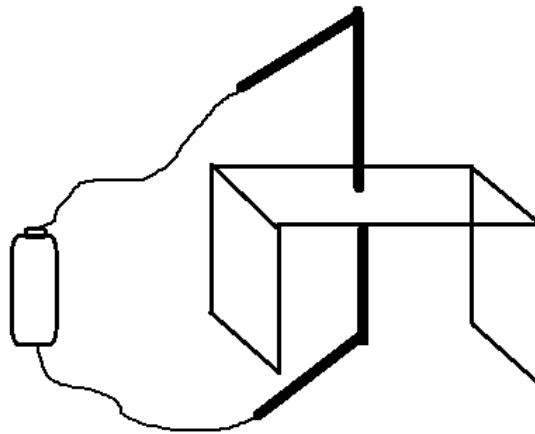


Fonte: Elaborado pelo autor.

- Uma base de papelão, para servir de apoio (sugestão 16cmX34cm)
- 40cm a 45cm de fio rígido 4mm²
- Uma pilha alcalina
- Um suporte para pilhas (opcional)
- Uma bússola
- Um ímã em forma de barra
- E dois cabos com jacarés para conexão

Atividade experimental:

Figura 3A - Sugestão de montagem da base de papelão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa atividade experimental utiliza uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual. Os alunos só recebem do professor o problema e o material e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional (Grau IV – ver Referencial teórico na dissertação). Nessa perspectiva, os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma. Cada grupo recebe um kit, conforme mostrado na figura 3A e o professor propõe:

- Faça um esboço representando o campo magnético ao redor do fio.
- Quais variáveis você considera relevantes para a intensidade e sentido do campo magnético?
- Com auxílio da bússola, como é possível determinar os polos de um ímã? (Descreva)
- Com auxílio da bússola e do experimento, como é possível determinar os polos de uma bateria desconhecida?
- Qual a sua opinião sobre o experimento da aula?

Comentários:

É importante que, durante o experimento, o professor procure se colocar como um observador e, caso necessário, ele possa instigar os alunos com perguntas. É interessante que as discussões fiquem restritas aos membros do grupo, evitando, assim, a troca de informações entre alunos de grupos diferentes.

Encontro 2

I. Plano de Aula: Encontro 2: discussão do experimento e história do eletromagnetismo de Oersted a Ampère.
II. Conteúdo: Campos magnéticos produzidos por ímãs e por corrente elétrica; e fluxo de indução.
III. Objetivos de aprendizagem: • Desenvolver habilidades que alunos demonstraram não terem desenvolvido. • Formular (em conjunto com toda a turma) o conceito de fluxo de indução.
IV. Desenvolvimento do encontro: • Tarefa prévia: leitura do texto • Convidar os alunos a dialogar/discutir com toda a turma, ou seja, com os alunos de outros grupos as ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões ocorridas e descobertas no experimento realizado na aula anterior (experimento de Oersted). • Aproveitando as discussões e conclusões dos alunos, construir com eles o conceito de fluxo de indução. • Apresentar, de maneira expositiva, a história da descoberta do eletromagnetismo, por Oersted e as consequências de suas descobertas na Europa. Pode ser utilizado o artigo: Oersted e a descoberta do eletromagnetismo (MARTINS, 1986) ou o texto: “Breve história do nascimento do eletromagnetismo” desse guia. • Conduzir com os alunos um dialogo sobre essa descoberta e suas consequências.
V. Recursos didáticos: Quadro Branco e artigo “Oersted e a descoberta do eletromagnetismo” (MARTINS, 1986) ou o texto: Breve histórico da dissertação.
VI. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e “Oersted e a descoberta do eletromagnetismo” – Roberto de A. Martins link: http://www.ghc.usp.br/server/pdf/ram-30.pdf ou o texto: “Breve história do Breve história do eletromagnetismo: de Oersed a Faraday” desse guia.

Comentários:

Nessa aula a discussão ocorre com a turma inteira, ou seja, o objetivo inicial desse encontro é promover uma discussão entre alunos de grupos diferentes, a fim de que ocorra troca de ideias entre eles. O professor retoma o questionário produzido no final do experimento e instiga um debate entre os alunos, para rediscutir concepções alternativas identificadas por ele.

A mediação do professor busca promover uma discussão entre os alunos. O professor participa apenas como um integrante da discussão, e não como a figura principal, a fim de promover uma aula dialógica.

Recomenda-se direcionar o início da discussão para as questões **b**, **c** e **d** do questionário proposto com o experimento (ver atividade experimental 1). Depois direcionar para o item **a** do questionário. A ideia, aqui, é aproveitar a representação de campo magnético feita pelos alunos e a discussão gerada para introduzir o conceito de fluxo de indução. Vale lembrar que é importante que esse conceito seja construído junto com os alunos e não simplesmente exposto.

No fim da aula, desenvolver uma discussão sobre a descoberta de Oersted e suas consequências na Europa e mostrar a complexidade da construção de um modelo consistente para o campo magnético, associado a uma corrente elétrica.

No fim do encontro, o professor deixa como tarefa a leitura do artigo: **Michael Faraday: O caminho da livreria à descoberta da indução eletromagnética** (DIAS, MARTINS 2004) ou o texto: **Breve história do eletromagnetismo: de Oersted a Faraday**, que se encontram no final desse guia.

Encontro 3

I. Plano de Aula: Encontro 3: Experimento de Faraday
II. Conteúdo: Princípio da indução eletromagnética e História do eletromagnetismo: Faraday.
III. Tema: • Princípio da Indução Eletromagnética. • História do eletromagnetismo: o princípio da indução eletromagnética de Faraday.
IV. Objetivos gerais: • Entender a indução eletromagnética. Objetivos específicos: • Identificar as variáveis pertinentes para descrever a indução de corrente elétrica em uma bobina.
V. Desenvolvimento do tema: • Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos). • Propor uma situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo magnético pode ser acompanhado de corrente elétrica em fio condutor?” • Realizar o experimento demonstrativo-investigativo de Indução eletromagnética utilizando o Kit da atividade experimental 2. • Debater ideias e hipóteses acerca do experimento de indução. • Apresentar, de maneira expositiva, a história da descoberta da indução eletromagnética por Faraday. Pode ser utilizado, para isso, o artigo “Michael Faraday: o Caminho Da Livraria à descoberta da indução eletromagnética” - Valéria S. Dias e Roberto de A. Martins ou o texto: “Breve história do nascimento do eletromagnetismo”, desse guia. • Conduzir com os alunos um diálogo sobre essa descoberta e suas consequências.
VII. Recursos didáticos: Atividade Experimental 2 e artigo : “Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética” (DIAS, MARTINS, 2004) ou o texto: Breve histórico, da dissertação.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e artigo “Michael Faraday: o Caminho Da Livraria à descoberta da indução eletromagnética” - Valéria S. Dias e Roberto de A. Martins link: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/14.pdf ou texto: “Breve história do eletromagnetismo: de Oersed a Faraday”, desse guia.

Comentários:

Nessa aula, se não houver kits suficientes para cada grupo, o professor pode dispor dois kits para a turma e os grupos revezam a utilização desses kits. Caso isso ocorra, o professor precisa controlar esse revezamento, para permitir o compartilhamento do tempo de uso dos experimentos e de forma que todos os alunos possam manipulá-los o experimento. Outra possibilidade é o professor manipular o experimento, a pedido dos alunos, de maneira demonstrativa.

A motivação dessa aula é a seguinte situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo magnético pode ser acompanhado de uma corrente elétrica em um fio condutor?” O professor propõe essa situação-problema a fim de instigar e motivar os grupos a manipularem o experimento em busca da solução do problema.

Assim como ocorreu no primeiro encontro, essa é uma aula de observação para o professor na qual ele medeia as atividades realizadas pelos alunos, apenas instigando-os com perguntas ou/e questionamentos. É importante que as hipóteses e respostas surjam dos próprios alunos. A autonomia dos alunos é um dos pontos fundamentais dessa proposta. Espera-se que os alunos sejam protagonistas de sua própria aprendizagem.

Assim como ocorreu no primeiro encontro, o professor medeia as discussões entre os integrantes do grupo e evita trocas de ideias entre grupos, pois isso ocorrerá no próximo encontro (explicar isso à turma). Mais uma vez, é interessante que o professor identifique concepções alternativas apresentadas pelos alunos, para que elas possam ser retomadas em discussões posteriores.

Para a abordagem expositiva da história da descoberta do eletromagnetismo por Faraday, o texto base (artigo sugerido) pode ser disponibilizado para os alunos com antecedência, pois, assim como na primeira abordagem histórica (descoberta de Oersted), é interessante que eles já tenham conhecimento da história a fim de possibilitar uma troca de ideias durante a aula.

Atividade Experimental 2

Indução eletromagnética

Objetivo:

1. Investigar o fenômeno da indução eletromagnética em diversas bobinas.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

2. Bobinas diversas e núcleo de ferro
3. Ímãs diversos
4. Amperímetros diversos
5. Fios para conexão
6. LED's diversos (opcional)

Figura 4A - Bobinas e núcleos de ferro utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5A - Ímãs utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6A - Amperímetros e fios para conexão utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Atividade Experimental:

Essa atividade experimental utiliza também uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual. Os alunos só recebem do professor o problema e o material e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional (Grau IV – ver Referencial teórico na dissertação). Os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma. Pode

ser difícil conseguir um kit para cada grupo, assim, como sugestão, pode ser utilizados dois ou três kits, que ficarão em mesas separadas e os grupos devem revezar sua manipulação.

Nessa atividade, o professor propõe as seguintes perguntas:

- Como é possível obter corrente elétrica a partir de um campo magnético? Quais as variáveis relevantes? (descreva)
- A corrente no experimento é contínua? (Explique)

Comentários:

Esse experimento segue a mesma abordagem da atividade experimental 1, o professor atua como um observador, instigando os alunos a levantar hipóteses. As discussões devem ficar restritas aos membros do grupo. Mais uma vez sugere-se que o professor evite a troca de informações entre alunos de grupos diferentes.

Encontro 4

I. Plano de Aula: Encontro 4: discussão do experimento de indução eletromagnética realizado na aula anterior.
IV. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
III. Objetivos: • Aprofundar entendimento sobre as variáveis pertinentes para descrever a indução de corrente elétrica em uma bobina. • Entender a relações entre as variáveis pertinentes a fim de construir as leis de Faraday e Lenz.
V. Desenvolvimento do tema: • Debater ideias, hipóteses e descobertas que surgiram durante do experimento de indução eletromagnética com os outros alunos dos outros grupos. • Debater a história do eletromagnetismo. • Convidar os alunos a debaterem com a turma inteira as ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões ocorridas e descobertas no experimento realizado na aula anterior (experimento de indução eletromagnética). • Aproveitando as discussões e conclusões dos alunos, construir com eles o princípio de indução eletromagnética conceitualmente. • Formular a Lei de Faraday em conjunto com a turma. • Realizar o experimento demonstrativo-investigativo Freio Magnético (atividade experimental 3) • Resolver o exercício de queda de ímã atravessando uma espira • Formular a Lei de Lenz em conjunto com toda a turma.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco. Atividade Experimental 3.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola.

Comentários:

Nessa aula, a discussão ocorre na turma inteira, ou seja, o objetivo desse encontro é promover uma discussão entre alunos de grupos diferentes, a fim de que ocorra troca de ideias entre eles.

Assim como no encontro 2, a mediação do professor procura instigar e promover uma discussão entre os alunos. Sugere-se que o professor procure evitar ser o centro das discussões, deixando os alunos como figuras centrais e ativas desse debate. Em resumo, o professor pode seguir as mesmas recomendações do encontro 2.

O professor constrói com os alunos (durante o debate) a expressão matemática da lei de Faraday baseando-se no entendimento das relações entre as variáveis pertinentes, em invés de simplesmente apresentá-la de maneira puramente formal. Se a turma já tiver conhecimentos a respeito de derivada, também é possível discutir a lei de Faraday como taxas variacionais.

Recomenda-se que as discussões a respeito da Lei de Lenz ocorram a partir da situação-problema mostrada abaixo. Em conjunto com essa situação-problema, o professor pode realizar a demonstração investigativa (para mais detalhes, ver capítulo Referencial teórico da dissertação) o experimento do freio magnético (ver atividade experimental 3).

Situação-problema:

Um ímã em forma de barra reta, inicialmente em repouso em relação à espira circular, é abandonado acima dela e cai, atravessando-a.

Qual é o sentido da corrente induzida na espira:

- a) enquanto o ímã está em repouso em relação a ela?**
- b) um pouco antes de o ímã atravessar a espira?**
- c) logo após a passagem completa do ímã pela espira?**

Atividade Experimental 3

Freio Magnético

Objetivo:

- Introduzir a Lei de Lenz.
- Evidenciar um fenômeno de transferência de energia relacionado com indução eletromagnética.

Grupos: atividade experimental demonstrativo-investigativa.

Material utilizado

- Cinco pequenos ímãs de neodímio
- Pequeno parafuso
- Pequeno pino de madeira
- Tubo de cobre (entre 1m a 1,5m)

Atividade experimental (Demonstração Investigativa):

A demonstração consiste em deixar cair os diversos materiais, o parafuso, o pino de madeira e o ímã de neodímio dentro do tubo de cobre e observar o tempo de queda.

A questão a ser investigada é:

- Por que o tempo de queda do neodímio é muito maior do que o dos outros materiais?

Comentários:

Essa atividade experimental é uma demonstração investigativa. Demonstração porque é o professor que irá realizar as manipulações para toda turma. Investigativa, pois o professor instiga os alunos a levantar hipóteses que possam explicar por que o tempo de queda do neodímio é maior. Assim, o professor vai repetindo o experimento sempre que solicitado, a fim de testar as hipóteses dos alunos ou como forma de responder algum questionamento.

Encontro 5

I. Plano de Aula: Encontro 5: Aula de Exercícios
II. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Resolução de exercícios
IV. Objetivos: • Desenvolver habilidades para a resolução de exercícios de indução eletromagnética. • Saber empregar os conceitos discutidos nas aulas anteriores nos exercícios propostos.
V. Desenvolvimento do tema: • Propor aos alunos exercícios a respeito de indução eletromagnética. • Os alunos devem resolver os exercícios individualmente. • Retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente a fim de começar a discutir algumas aplicações da indução eletromagnética, principalmente quanto à produção de energia elétrica.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático, lista de exercícios.
VII. Avaliação: Identificação de possíveis concepções alternativas, observação das atitudes e das resoluções propostas pelos alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros textos que o professor julgar necessário.

Comentários:

Essa é uma aula de exercícios, porém recomenda-se que o professor procure observar as atitudes dos alunos durante a resolução dos exercícios. Outra recomendação é que os alunos sejam livres para resolver a quantidade de exercício que quiserem enquanto o professor instiga/motiva os alunos a resolverem todos os exercícios propostos e a discutir individualmente, se possível, ou em pequenos grupos, a solução encontrada e como ele o está relacionada ao que foi discutido até agora.

É importante que neste primeiro encontro de exercícios o professor proponha exercícios, em sua maioria, conceituais. Sem excluir, é claro, exercícios com soluções numéricas, para os quais é necessário desenvolver habilidades específicas. Em geral, recomenda-se que os exercícios tenham um caráter de desafio/problema.

Nesse encontro, a mediação do professor procura responder eventuais questionamentos que aparecem durante a resolução dos exercícios. É importante evitar dar respostas, soluções prontas, a fim de promover a postura ativa dos alunos.

O professor pode, também, retomar as conclusões e conceitos abordados e discutidos até então, com o propósito de começar a conversar com os alunos sobre algumas aplicações da indução eletromagnética, principalmente quanto à produção de energia elétrica.

Encontro 6

I. Plano de Aula: Encontro 6: Aplicações da Indução Eletromagnética
II. Conteúdo: Aplicações da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Discussão e apresentação de aplicações da Indução eletromagnética.
IV. Objetivos: • Identificar-Reconhecer aplicações da indução eletromagnética. • Saber debater sobre a importância das aplicações da indução eletromagnética nos dias atuais. • Saber relacionar os princípios da indução eletromagnética com a produção e transmissão de energia elétrica (corrente alternada). • Formular (em conjunto com a turma) a expressão matemática para o transformador de tensão e compreender seu princípio de funcionamento.
V. Desenvolvimento do tema: • Apresentar de maneira expositiva diversos exemplos de aplicação da indução eletromagnética. • Funcionamento do Transformador de Tensão. • Conduzir com os alunos uma discussão a respeito das aplicações da indução eletromagnética.
VI. Recursos didáticos: Datashow para apresentação de imagens e/ou vídeos.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).

Comentários:

Nesse encontro o professor pode começar apresentando de maneira expositiva, diversas aplicações da indução eletromagnética no dia a dia. Recomenda-se que o professor, a fim de instigar e motivar os alunos, pergunte se eles sabem citar exemplos do uso da indução eletromagnética.

O exemplo mais comum da indução eletromagnética é o seu uso na produção de energia elétrica, assim, como sugestão, o professor pode propor um

trabalho/pesquisa sobre os diferentes tipos de usinas de energia, suas vantagens e desvantagens a fim de propor um debate entre os alunos a respeito do tema.

Alguns exemplos da aplicação do princípio da indução eletromagnética são:

- Produção de energia elétrica.
- Transformadores de Tensão.
- O Forno de Indução (Correntes de Foucault)
- Freio Magnético.
- Transdutores (Microfones, agulhas dos discos de vinil, fitas-cassete, cartões magnéticos).
- Receptores-transmissores.
- Aplicações militares.

Dependendo da turma e/ou da proposta de planejamento do professor, pode-se aprofundar um pouco mais no funcionamento do transformador de tensão, inclusive construindo em conjunto com os alunos a expressão para a transformação da tensão elétrica. Outra opção é aproveitar esse encontro para começar a se discutir com os alunos a corrente alternada e suas especificidades em relação à corrente contínua. Recomenda-se que o transformador de tensão seja discutido a partir de uma situação problema.

Sugestão:

Situação-problema: “Como seria possível transmitir energia elétrica de um circuito fechado para outro circuito fechado independente”.

Assim como em encontros anteriores, é fundamental a discussão entre alunos. Ainda que nesse encontro a “fala do professor” seja predominante, o ele pode procurar instigar e motivar os alunos com perguntas e hipóteses, a fim de que eles discutam, inclusive entre si, essas diversas aplicações da indução eletromagnética que fazem parte do seu dia a dia.

Encontro 7

I. Plano de Aula: Encontro 7: Aula de Exercícios
IV. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
II. Tema: Resolução de exercícios
III. Objetivos: • Aprofundar habilidades de resolução de exercícios. • Saber adaptar os conceitos às situações ou exercícios propostos. • Saber relacionar os casos presentes nos exercícios com exemplos de aplicações de indução eletromagnética discutidos no encontro anterior.
V. Desenvolvimento do tema: • Propor aos alunos exercícios a respeito de indução eletromagnética. • Os alunos devem resolver os exercícios individualmente. • Retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente, inclusive as aplicações discutidas.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático, lista de exercícios.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das resoluções propostas pelos alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros texto que o professor julgar necessário.

Comentários:

Essa aula, segue em geral, as mesmas recomendações apresentadas na aula de exercícios anterior (encontro 5). Recomenda-se que a maioria dos exercícios propostos sejam com soluções numéricas para os quais seja necessário desenvolver habilidades específicas. Sugere-se uma seleção de exercícios com caráter de desafio/problema.

O professor pode retomar os exemplos de aplicação da indução eletromagnética discutidos na aula anterior. Sugerimos que o professor observe as atitudes dos alunos durante a resolução dos exercícios. Recomendamos que os alunos sejam livres para resolverem a quantidade de exercícios que quiserem. O papel do

professor é instigar/motivar os alunos a resolverem todos os exercícios propostos. É importante lembrar que o professor deve evitar dar respostas e soluções, a fim de promover a postura ativa dos alunos.

Encontro 8

I. Plano de Aula: Encontro 8: Encerramento e Avaliação da UEPS
II. Conteúdo: Aplicações da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Encerramento e revisão do conteúdo. Avaliação da UEPS.
IV. Objetivos: • Identificar-Reconhecer aplicações da indução eletromagnética. • Saber debater sobre a importância das aplicações da indução eletromagnética nos dias atuais. • Saber relacionar os princípios da indução eletromagnética com a produção e transmissão de energia elétrica. • Avaliar, junto com os alunos, a UEPS.
V. Desenvolvimento do tema: • Retomar os conceitos e as aplicações de induções eletromagnéticas discutidas ao longo dos encontros. Os alunos devem resolver os exercícios individualmente. • Abordar mais detalhadamente o processo de produção de energia elétrica. • Revisar de maneira breve toda eletrodinâmica. • Promover uma avaliação dos alunos a respeito da UEPS.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático.
VII. Avaliação: Observação das atitudes dos alunos e ouvir a avaliação deles a respeito da UEPS (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros texto que o professor julgar necessário.

Comentários:

Nesse encontro o professor propõe uma discussão retomando as aplicações já discutidas anteriormente e então ele pode dar ênfase ao processo de produção de energia. O professor pode abordar de maneira expositiva detalhes do processo de produção de energia e da corrente alternada e suas especificidades. Essa discussão com os alunos pode abranger os diversos tipos de usinas, instigando os alunos a debaterem sobre suas diferenças, vantagens e desvantagens.

Encerrando a discussão sobre produção de energia, o professor pode começar uma revisão de todo o conteúdo de eletrodinâmica, dialogando com os alunos sobre todo o processo de transformação de energia no circuito elétrico, desde a energia sendo produzida na usina de energia, sua transmissão (incluindo as mudanças de intensidade na f.e.m) e seu uso pelos aparelhos elétricos em geral. Caso esse conteúdo de indução eletromagnética seja o último conteúdo do ano, essa discussão pode ser usada como revisão e fechamento do conteúdo do ano letivo.

Por fim, o final desse encontro é dedicado à avaliação dos alunos em relação a essa proposta de UEPS. O professor promove um diálogo com os alunos sobre a opinião deles em relação à abordagem de ensino utilizada para o conteúdo de indução eletromagnética.

Encontro 9

I. Plano de Aula: Encontro 9 : Avaliação somativa
II. Conteúdo: Avaliação do conteúdo de indução eletromagnética.
III. Objetivos: • Avaliar com uma prova formal a aprendizagem.

Comentários:

Esse encontro é destinado à avaliação formal do conteúdo. Recomenda-se que o professor planeje essa avaliação procurando explorar os conceitos e aplicações da indução eletromagnética discutidos ao longo dos encontros.

Breve História do Eletromagnetismo: de Oersted a Faraday

Atribui-se a Oersted a descoberta da interação entre eletricidade e magnetismo, no início do século XIX. Nascido em Rudkøbing, Dinamarca, em 14 de agosto de 1777, ele teve ótima formação básica e, na farmácia do pai, aprendeu química e Física. Lendo todos os livros que conseguia encontrar, adquiriu uma boa formação humanística (MARTINS, 1986). Aos 17 anos, entrou para a Universidade em Copenhague, onde se formou farmacêutico e depois terminou seu doutorado em Filosofia. Entre 1801 e 1803 visitou, por meio de uma bolsa de estudos no exterior, Alemanha, Holanda e França, período em que estabeleceu grandes e importantes contatos pessoais com cientistas e intelectuais (MARTINS, 1986). Em 1804, retornou à Dinamarca, passando a lecionar Física na universidade.

Pouco depois da invenção da pilha de Volta, Johann Wilhelm Ritter afirmou ter descoberto muitas semelhanças entre os efeitos químicos da pilha elétrica e de ímãs. Alguns resultados foram divulgados por seu amigo Oersted, que afirmou ter presenciado esses efeitos. A escola alemã, influenciada pela Filosofia da Natureza, acreditava na unidade de todas as forças e procurava estabelecer uma relação entre aqueles dois tipos de fenômenos (MARTINS, 1986). Esses trabalhos tiveram uma influência decisiva nas investigações de Oersted. Voltando à Dinamarca, passou a admitir a hipótese de que os fenômenos magnéticos possam ser produzidos pela eletricidade.

O próprio Oersted, em seu artigo escrito em 1820, durante a preparação de uma aula para o curso de eletricidade e magnetismo, conjecturou que, se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isso não poderia ocorrer na direção da corrente, pois já havia tentado isso várias vezes e em todas se mostrou em vão, mas talvez, poderia ocorrer por uma ação lateral, semelhante aos efeitos luminosos e caloríficos da corrente. Como esses efeitos dependiam de uma grande quantidade de eletricidade, ele não esperava observar um grande efeito magnético da pilha galvânica, chegando a supor que a eletricidade necessária deixaria o fio condutor incandescente. Oersted, então, testou a ideia na própria aula e conseguiu um modesto sucesso. A agulha foi perturbada, mas como o efeito era muito fraco e irregular não impressionou muito o público presente. Em julho de 1820, retornou ao

experimento utilizando um aparelho galvânico mais poderoso e embora os efeitos fossem ainda fracos nos primeiros experimentos, o sucesso foi evidente.

O experimento de Oersted foi realmente revolucionário, tendo suas primeiras repercussões na França. O físico francês Arago, o primeiro a tomar conhecimento, chegou a declarar inicialmente que aquilo era impossível e só se convenceu após assistir a uma repetição da experiência em agosto de 1820, em Genebra (MARTINS, 1986). A grande dificuldade era aceitar a novidade sob o ponto de vista da simetria do fenômeno – uma agulha imantada, se colocada sobre o fio, gira para um lado e, colocada abaixo, gira no sentido oposto. De fato, a ideia de um efeito magnético circulando em torno do fio era tão inverossímil que surgiram várias tentativas de refutá-la, todas sem sucesso. O problema existente na época estava relacionado com o problema de simetria (MARTINS, 1988). Porém, à medida que o experimento de Oersted era repetido, a comunidade científica passou a reconhecer o trabalho.

Ainda em 1820, meses após a publicação do experimento de Oersted, o físico francês Ampère apresentou um trabalho em que descrevia um aparelho que utilizaria o efeito eletromagnético para a medida de corrente elétrica, chamando-o de “galvanômetro”. Em seguida, uma semana depois, demonstrou a interação entre duas correntes elétricas, que se atraem quando são paralelas e no mesmo sentido, e se repelem quando em sentido oposto, sugerindo que o magnetismo é um fenômeno secundário, e que na superfície dos ímãs existiriam correntes elétricas fechadas, responsáveis por seus efeitos. Em 1823, dois físicos franceses, Biot e Savart, apresentaram a expressão matemática para a força magnética produzida pelas correntes sobre uma agulha imantada, conhecida como Lei de Biot-Savart. Ampère dedicou-se a aprimorar o trabalho de Oersted e, como resultado de suas análises, defendeu existência de uma relação intrínseca de causa e efeito, entre a corrente elétrica e a agulha imantada, de forma que sempre que ocorre deflexão de uma agulha imantada nas proximidades de um condutor, podia-se garantir a existência de corrente no condutor (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). O experimento de Oersted e o enorme número de publicações relacionados à ele que surgiram por volta de 1821 despertaram o interesse de Michael Faraday.

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butt, na Inglaterra, filho de um modesto ferreiro. Sua família foi para Londres quando Faraday tinha cinco anos. Faraday teve pouca formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Em 1804, com 13 anos, Michael Faraday foi trabalhar como aprendiz numa loja de encadernação. Nesse contato com os livros, ele teve a oportunidade de melhorar sua formação. Sem uma formação escolar regular, iniciou sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy. Acompanhando-o em viagens pela Europa, conheceu Ampère, Gay Lussac, Arago, Humboldt, Rumford e Volta, o que trouxe um grande enriquecimento científico para ele. Utilizando o laboratório de Davy, Faraday pôde tornar-se um grande experimentador.

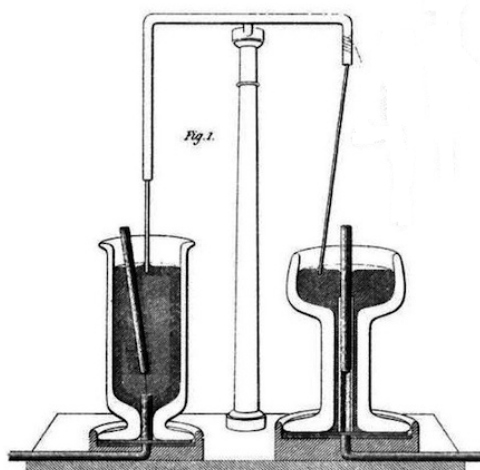
O experimento de Oersted também gerou grande interesse em Humphry Davy que começou a investigar o assunto (MARTINS, 1986). Ele realizou vários experimentos tendo Faraday como seu assistente, sendo esse o primeiro contato de Faraday com o eletromagnetismo.

Richards Phillips, editor dos "Annals of Philosophy", querendo ter uma compreensão maior do experimento de Oersted (pois existia muitas teorias conflitantes a respeito do experimento) pediu ao amigo Faraday que investigasse o assunto e escrevesse um texto sobre ele (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Assim Faraday refez várias experiências, estudou as diferentes teorias e propôs novos experimentos (publicados anonimamente, a pedido de Faraday).

Suas primeiras experiências foram guiadas pela ideia (que, atualmente, sabemos estar errada) de que um fio percorrido por corrente deveria atrair ou repelir os polos magnéticos de uma agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). Porém, ao repetir o experimento por diversas vezes alcançou o resultado mais importante dos experimentos: Faraday se convenceu de que, ao invés de sofrer atração e repulsão, o polo magnético da agulha tendia a girar em torno do fio condutor. Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Oersted que descrevia os movimentos de rotação da agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). No mesmo ano, em 1821, publicou um artigo no qual apresentou um experimento (ver figura 7A) em que um fio condutor podia girar livremente em torno de um ímã fixo (à direita na figura 7A) e um

ímã podia, também, girar livremente em torno de um fio condutor fixo (à esquerda na figura 7A). As rotações eletromagnéticas se tornaram uma importante contribuição ao desenvolvimento da nova área.

Figura 7A - Rotação de um ímã em torno de um condutor e vice-versa.



Fonte: LIMA (2014).

Estes experimentos levaram a uma intensa correspondência com Ampère, que chegou a escrever para Faraday descrevendo a repetição e análise dos experimentos de rotação eletromagnética, e sugerindo que tais experimentos poderiam ser utilizados como provas da existência das correntes elétricas no interior dos ímãs e, dessa análise, concluiu toda ação eletromagnética se dava em linha curva.

Por consequência da correspondência com Ampère, Faraday conheceu, em 1825, o livro escrito por Demoferrand: “Manuel d’électricité dynamique”, em que o autor afirmava que um fio percorrido por corrente elétrica tendia a induzir uma corrente permanente e de mesmo sentido em outro fio colocado próximo ao primeiro (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Acreditando que as afirmações presentes no livro estavam respaldadas por Ampère, Faraday considerou-as como verdadeiras em suas investigações a respeito das correntes induzidas. A partir desse momento, Faraday passou a ter interesse a respeito dos possíveis casos de indução. A experiência de Oersted mostrou que uma corrente elétrica produzia um efeito magnético. Assim, se a unidade era algo fundamental na natureza, por que um fenômeno magnético, provocado por um ímã, não poderia produzir corrente elétrica?

Buscando evidências experimentais de fenômenos relacionados à indução, Faraday construiu diversos experimentos. O primeiro deles consistiu em conectar os polos de uma bateria por um fio metálico, em forma de solenóide, com a extremidade ligada a um galvanômetro. Dentro do solenóide foi inserido um ímã e procurou-se observar alguma deflexão na agulha do galvanômetro (DIAS, MARTINS, 2004). Faraday considerou o experimento um fracasso, pois nada foi observado. Depois disso, realizou outro experimento em que mostrou, com pouco sucesso, que ao se conectar e desconectar uma pilha voltaica de um circuito, era possível induzir corrente em outro circuito próximo.

Em agosto de 1831, Faraday descreveu um anel de ferro doce que construiu para um experimento (ver figura 8A). O anel era constituído de um grupo de espiras de fio de cobre enroladas ao redor de uma metade do anel, e outro grupo de espiras de fio de cobre na outra metade. A extremidade de um dos lados foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Assim, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente nesse grupo de espiras do anel. No outro lado, as extremidades foram conectadas a uma bateria voltaica que, quando ligada ou desligada ao grupo, uma corrente transitória era detectada no grupo do outro lado do anel, uma vez que a agulha imantada se movia. Neste primeiro experimento bem sucedido, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. História essa diferente daquela que geralmente aparece nos livros didáticos ao se introduzir a indução eletromagnética.

Figura 8A - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética.



Fonte: PEREIRA (2009).

Faraday realizou uma série de experiências com esse experimento e começou a perceber uma possível relação entre o aparecimento de uma corrente induzida e o movimento, o que o levou a construir um experimento utilizando uma espécie de pinça formada por dois ímãs.

Figura 9A - Experimento da pinça.



Fonte: DIAS, MARTINS (2004).

Neste experimento mostrado na figura 9A, Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente. Assim, a partir das indagações consequentes desse experimento, em outubro de 1831, Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina. O experimento consistia de um cilindro de papel, oco, coberto por enrolamentos de fio de cobre, sendo as extremidades conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre. Uma série de experiências realizadas com esses experimentos levou Faraday a formular uma lei da indução.

Em publicações posteriores apresentou sua ideia de linhas de forças e de que todas as situações de indução eram provocadas por variações nas linhas de força magnética. Admitiu que não apenas os ímãs e as bobinas apresentavam ao seu redor linhas de força magnética, mas um fio condutor também estaria, quando percorrido por corrente, envolvido por tais linhas de força, que se apresentavam em forma de anéis, cuja intensidade diminuía conforme aumentava a distância ao fio.

O princípio descoberto por Faraday como resultado de seus trabalhos, completava a descoberta do eletromagnetismo por Oersted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos induzidos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas.

Por fim, não podemos deixar de mencionar o trabalho e as pesquisas desenvolvidas no campo do eletromagnetismo pelo norte-americano Joseph Henry. Henry nasceu em 1797 em Albany nos Estados Unidos da América, numa família pobre de ascendência escocesa. Foi um dos primeiros grandes cientistas norte-americanos após Benjamin Franklin.

Em 1829, Henry fez importantes melhorias no desenvolvimento de eletroímãs. Ao trabalhar no isolamento do enrolamento, Henry conseguiu um grande aumento da força magnética exercida pelo eletroímã. Foi durante esses estudos que Henry notou, pela primeira vez, o fenômeno de autoindução, em 1832, e três anos depois, criou e construiu o primeiro motor elétrico. Quando Faraday realizou seus experimentos em 1831, Henry já havia observado o fenômeno um ano antes. Ao longo das suas investigações em eletricidade e magnetismo, Henry descobriu as leis que regem o funcionamento do transformador de corrente elétrica e compreendeu que as correntes elétricas podiam ser induzidas à distância.

Referências

DIAS, V. S.; MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. Bauru, v.10, n.03, p. 517-530, 2004.

GUERRA, A.; REIS J. C; BRAGA M.; Uma abordagem histórico-filosófico para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2: p. 224-248, 2004.

LIMA, S. P. **Reapreciação da génese do electromagnetismo clássico**, Dissertação Mestrado. Universidade de Lisboa. Lisboa: 2014.

MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino de Física. **Cadernos Catarinenses de ensino de Física**, Florianópolis, n. 5, p. 49-57, 1988.

MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, n. 10, p. 89-114, 1986.

PEREIRA, A. G. **Um estudo histórico da evolução do conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos: 2009.