

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

MARLON LABAS

**UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM HISTÓRICO-EXPERIMENTAL
DA LEI DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE FARADAY À LUZ DA
TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**PONTA GROSSA
2016**

MARLON LABAS

**UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM HISTÓRICO-EXPERIMENTAL
DA LEI DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE FARADAY À LUZ DA
TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ensino da
Universidade Estadual de Ponta Grossa 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:

Prof. Dr. Fábio Augusto Meira Cássaro

PONTA GROSSA

2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

Labas, Marlon

L112 Uma proposta de abordagem
histórico-experimental da lei de Indução
eletromagnética de Faraday à luz da teoria
da aprendizagem significativa/ Marlon
Labas. Ponta Grossa, 2016.
193f.

Dissertação (Mestrado Profissional em
Ensino de Física - Área de Concentração:
Física na Educação Básica), Universidade
Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto
Meira Cássaro.

1.Ensino de Física. 2.Aprendizagem
significativa. 3.Experimentação. 4.Lei da
indução eletromagnética de Faraday.
I.Cássaro, Fábio Augusto Meira. II.
Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Mestrado Profissional em Ensino de Física.
III. T.

CDD: 530.07

TERMO DE APROVAÇÃO

UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM HISTÓRICO EXPERIMENTAL DA LEI DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE FARADAY À LUZ DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

MESTRANDO MARLON LABAS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela seguinte banca examinadora:



Professor Dr. Fábio Augusto Meira Cássaro (orientador)
Departamento de Física – UEPG/PR



Professor Dr. Hércules Alves de Oliveira Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)



Professor Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes
Departamento de Física – UEPG/PR

Ponta Grossa, 09 de setembro de 2016

Dedico esta dissertação a todos os professores.

*“Os professores são heróis anônimos,
meu amigo. Trabalham muito, ganham
pouco. Semeiam sonhos numa
sociedade que perdeu a capacidade de
sonhar.”*

Augusto Cury

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, pelo apoio, compreensão e incentivos constantes.

Ao professor Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro, que me orientou durante a elaboração desse trabalho, pela dedicação e competência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela competência, apoio e pelo conhecimento compartilhado.

Aos colegas de mestrado, pelo companheirismo, pelos momentos de estudo juntos e em especial pela amizade.

Aos colegas de trabalho, pela torcida, incentivo e apoio durante esse período de estudos.

A CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos concedida.

A minha amada Ariely, pelo apoio, compreensão, carinho e incentivos constantes.

RESUMO

O ensino de Física vem sendo realizado, especialmente no Ensino Médio, mediante a apresentação de conceitos, equações e leis que servem para explicar e modelar fenômenos da natureza. Sendo muito comum que essa abordagem aconteça somente no âmbito teórico, o que, na maior parte das situações, solicita um grande esforço de abstração por parte dos alunos. Ainda que a experimentação represente uma parte importante e não dissociada do ensino de ciências, a ausência de uma realização sistemática desse tipo de atividade é comum no ensino da Física. Reconhecendo esse problema, nesse trabalho apresentamos resultados da inclusão de atividades experimentais e simulação computacional, aplicadas para o ensino e abordagem de conceitos relacionados à lei da indução eletromagnética de Faraday. A base teórica adotada nesse tipo de enfoque foi a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e avaliamos qualitativamente a aprendizagem dos alunos utilizando a elaboração de mapas conceituais, antes e depois da abordagem do assunto em questão, algo similar ao que propõe Novak. A proposta didática foi oferecida inicialmente a 51 estudantes de duas turmas de terceiras séries do Ensino Médio da Escola de Educação Básica Barão de Antonina, localizada em Mafra – SC, no ano letivo de 2015. A carga horária total para a execução da proposta foi de 10 aulas de 45 minutos cada. Veremos que o uso dessa estratégia de ensino e avaliação rendeu belos trabalhos, avanços conceituais e evidências de aprendizagem significativa por parte dos alunos. Finalmente, as práticas didáticas também serviram para a organização de um manual destinado a professores do Ensino Médio, um produto deste mestrado, o qual inclui: planos de aula, textos de apoio e roteiros e descrição de kits experimentais.

Palavras-chave: Ensino de Física, aprendizagem significativa, experimentação, lei da indução eletromagnética de Faraday.

ABSTRACT

The physics teaching has been done, especially in high school, by presenting concepts, equations and laws that serve to explain and to model phenomena of nature. It is very common that this approach only happens in the theoretical scope, which, in most situations, requires a great effort of abstraction by the students. Although the experimentation represents an important part and not dissociated from the teaching of science, the absence of a systematic realization of this type of activity is common in the physics teaching. Recognizing this problem, in this paper we present results of the inclusion of experimental activities and computational simulation, applied to teaching and approach of concepts related to the Faraday's law of electromagnetic induction. The theoretical basis adopted in this type of approach was the theory of meaningful learning of Ausubel and we evaluated qualitatively the student learning using the elaboration of conceptual maps before and after the approach to the subject in question, similar to what is proposed by Novak. The didactic proposal was initially offered to 51 students of two classes of third grade of high school of Escola de Educação Básica Barão de Antonina, located in Mafra - SC, in the academic year 2015. The total time for the implementation of this proposal was 10 lessons of 45 minutes each. We will see that the use of this teaching strategy and evaluation yielded beautiful works, conceptual advances and evidence of significant learning by the students. Finally, those teaching practices also served to the organization of a handbook for high school teachers, a product of this master degree, which includes: lesson plans, texts of support, experimental scripts and description of experimental kits.

Key words: Physics teaching, meaningful learning, experimentation, Faraday's law of electromagnetic induction.

Sumário

1. Introdução	10
2. Formulação do problema	13
2.1 Problema	13
2.2 Hipóteses	14
2.3 Justificativas	15
3. Objetivos	16
3.1 Geral	16
3.2 Específicos	16
4. Referencial teórico	17
5. A Física e o contexto histórico	23
6. Métodos	28
6.1 Local de aplicação	28
6.2 Atividades desenvolvidas.....	28
6.2.1 Aula 01: Concepções prévias – Elaborando mapas conceituais	28
6.2.2 Aula 02: Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã	29
6.2.3 Aula 03: Experiência de Oersted	30
6.2.4 Aula 04: Construindo eletroímãs	32
6.2.5 Aula 05: Transformador de Faraday	32
6.2.6 Aula 06: Experiência de Faraday	34
6.2.7 Aula 07: Conceito de fluxo magnético	35
6.2.8 Aula 08: Lei da indução eletromagnética de Faraday	36
6.2.9 Aula 09: Produção de energia elétrica	36
6.2.10 Aula 10: Avaliação	37
7. Análise da aplicação do produto	38
7.1 Mapas conceituais	38
7.1.1 Turma 3ª06 EMI	39
7.1.2 Turma 3ª07 EMR	45
7.2 Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã	52
7.2.1 Turma 3ª06 EMI	52

7.2.2	Turma 3ª07 EMR	67
7.3	Experiência de Oersted	79
7.3.1	Turma 3ª06 EMI	79
7.3.2	Turma 3ª07 EMR	83
7.4	Experiência de Faraday	90
7.4.1	Turma 3ª06 EMI	90
7.4.2	Turma 3ª07 EMR	93
7.5	Avaliação via mapas conceituais	99
7.5.1	Turma 3ª06 EMI	99
7.5.2	Turma 3ª07 EMR	106
8.	Considerações finais	115
	Referências	120
	Apêndice: Produto Educacional	122

1. Introdução

A experimentação representa uma parte fundamental para o ensino de ciências e, portanto, não pode estar ausente no processo de ensino e aprendizagem da Física. Ainda assim, o que se observa é um ensino de Física descaracterizado da experimentação.

Muitas vezes a falta de material pedagógico para o desenvolvimento de atividades experimentais nas escolas, bem como limitações na formação acadêmica dos docentes determinam a ausência de uma realização sistemática desse tipo de atividade no ensino de Física, tanto no nível Fundamental quanto no Médio, como destaca Coelho (2008).

Acredita-se, assim como Seré (2003), que as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão algum sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. De acordo com Piaget (1976), se a mente do indivíduo se encontra mais para a assimilação de coisas no concreto, a experimentação constitui um poderoso recurso instrucional e instrumental para possibilitar ao estudante o aprendizado significativo de um assunto.

Ainda assim, estudos apontam que o uso da experimentação no ensino de Física é freqüentemente negligenciado ou mesmo desconsiderado. Uma incoerência, apontada por Farias (1992), considerando-se que o desenvolvimento teórico e a observação experimental são instâncias que se complementam na evolução da Física e da ciência de modo geral. No laboratório que ocorre toda a checagem, que implicará na confirmação ou refutação de qualquer modelo teórico.

No caso específico da lei da indução eletromagnética, obtida a partir de experimentos realizados por Faraday entre os anos 1820 e 1831 que a teoria pôde ser concebida. Evidenciando-se ainda mais o caráter experimental da ciência, em especial da Física.

Na tentativa de resgatar e promover a experimentação na sala de aula, alguns projetos e propostas têm sido desenvolvidos pela academia, destaque para a proposta da Universidade Estadual Paulista, o projeto “Experimentos de Física para o Ensino Médio e Fundamental com materiais do dia-a-dia”. Nessa proposta, as atividades experimentais são construídas com materiais de fácil acesso e baixo custo, pois são reconhecidas as dificuldades estruturais e financeiras do ensino público, em todos os níveis.

Uma tendência mais atual é a da utilização de ambientes virtuais para a execução de experimentos. O uso de simulações virtuais tem sido estudado, pesquisado, e seus resultados

publicados no meio acadêmico, mostrando-se como uma alternativa eficaz na melhoria da qualidade do ensino da Física.

Entretanto, poucos educadores da área utilizam tal recurso em sala de aula. Em muitos casos, simplesmente por não se sentirem preparados para extrair desse material uma prática passível de aplicação.

No art. 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996), está previsto que as entidades competentes devem oferecer ao professor a possibilidade de seguir seus estudos, dentro da perspectiva de formação continuada. Nesse contexto, destaca-se a importância do professor continuar estudando e atualizando sua prática e seus conhecimentos.

Neste trabalho, organizamos uma sequência de atividades experimentais, que contemplou, ainda que de forma adaptada, os experimentos originais realizados por Faraday e Oersted, através dos quais ocorreu a unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos. Uma abordagem mais específica foi realizada no experimento elaborado por Faraday, em 1831, o qual acabou resultando na concepção do fenômeno da indução eletromagnética.

A partir desses experimentos, verificamos que os estudantes foram capazes de identificar os fenômenos físicos fundamentais envolvidos na produção da energia elétrica, essencial para o estabelecimento do estilo de vida moderno.

Para facilitar a discussão do conceito de fluxo magnético, devido ao seu caráter abstrato, utilizamos um simulador que, com seu potencial visual, auxiliou os estudantes a abstrair e estabelecer novos conceitos.

A base teórica adotada nesse trabalho foram a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria a respeito dos mapas conceituais proposta por Novak.

Como instrumento de avaliação do aprendizado, propomos a elaboração de mapas conceituais pelos educandos.

Assim como Moreira (2003) acreditamos que mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Sendo, portanto, uma estratégia apropriada para uma avaliação qualitativa e formativa da aprendizagem.

Essa pesquisa teve como escopo central a proposição de uma abordagem inovadora para o ensino da lei da indução eletromagnética de Faraday, na qual priorizamos a experimentação, aspectos e personagens históricos envolvidos no desenvolvimento de conceitos associados ao eletromagnetismo e os desdobramentos tecnológicos que este conhecimento propiciou.

Essa proposta foi aplicada em duas turmas de terceira série do Ensino Médio no ano letivo de 2015, na Escola de Educação Básica Barão de Antonina, localizada em Mafra – SC.

As análises dos roteiros experimentais e dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes evidenciaram aspectos positivos a respeito da validade e aplicabilidade desta sequência de ensino.

As práticas didáticas investigadas nessa pesquisa serviram para a organização de um manual, destinado a professores do Ensino Médio, para o ensino da lei da indução eletromagnética de Faraday, o qual constituirá o produto deste mestrado.

2. Formulação do problema

2.1 Problema

O ensino de Física vem sendo realizado, especialmente no Ensino Médio, mediante a apresentação de conceitos, equações e leis que servem para explicar e modelar fenômenos da natureza.

Entretanto, é muito comum que essa abordagem aconteça somente no âmbito teórico, o que muitas vezes conta com um grande esforço de abstração por parte dos alunos. Mais que isso, apresenta-se o conhecimento científico como algo acabado, definitivo e fruto da genialidade de alguns cientistas, sem considerar os erros e o trabalho, por vezes exaustivo, desses personagens.

A experimentação representa uma parte importante e não dissociada do ensino da Física. Através da experimentação é possível adquirir conhecimento não apenas teórico, mas também em termos de atitudes e métodos próprios da atividade científica, como destaca Coelho (2008).

Acreditamos, no entanto, que a ausência de uma realização sistemática desse tipo de atividade no ensino de Física evidenciada por Coelho (2008), compromete o aprendizado e coloca o estudante no papel de espectador e crente dessas teorias.

Por vezes, o seu sucesso num curso de Física fica assegurado apenas quando o aprendiz for capaz de solucionar problemas associados à aplicação das fórmulas ou leis, muitas vezes vazias de significado. Essa prática no ensino da Física é comum, mas nem sempre apreciada pelos professores, tampouco pelos estudantes.

A falta de material pedagógico para o desenvolvimento de atividades experimentais nas escolas, bem como limitações na formação acadêmica dos docentes são apontadas por Coelho (2008) como possíveis causas para esse ensino de Física descaracterizado de experimentação.

2.2 Hipóteses

Esse estudo reconhece essa falta de atividades experimentais e de investigação científica no ensino de Física no nível Médio e sugere uma sequência de ensino que prioriza a experimentação, mesmo que de forma qualitativa.

A falta de estrutura física adequada, de laboratórios específicos, é reconhecida como um empecilho à experimentação e as propostas experimentais desse estudo levaram em conta essa realidade. Os materiais utilizados nas atividades experimentais foram escolhidos priorizando, sempre que possível, os critérios de baixo custo e fácil obtenção.

Verifica-se na literatura que as práticas experimentais realizadas em sala de aula muitas vezes consistem em reproduções de experimentos organizados de forma procedimental, sem que haja a possibilidade de discussão dos fenômenos relacionados, especialmente porque geralmente não fica claro aos educandos como tal experimento proposto foi concebido.

Acreditamos que uma das formas de despertarmos o interesse dos estudantes ao aprendizado da Física pode ser apresentando-a de tal forma que os permita reconhecer que a Física, tal como qualquer ciência, é construída por pessoas e que não está desconectada das demandas culturais e sociais do momento histórico em que ocorrem e/ou ocorreram. Ou seja, ao propormos as atividades experimentais procuramos contextualizá-las histórica e socialmente, levando em consideração os experimentos originais daqueles que outrora investigaram os mesmos fenômenos.

Outros aspectos importantes acerca da ciência experimental, os quais procuramos evidenciar durante a realização das aulas, foram: os avanços tecnológicos, em geral, são obtidos a partir da experimentação; as ideias evoluem no tempo e por várias vezes um experimento foi aprimorado ao longo de vários anos antes de se obter alguma teoria a respeito do fenômeno estudado.

O aprendizado de alguns conceitos como fluxo magnético e variação do fluxo magnético, fundamentais para o entendimento da lei da indução eletromagnética de Faraday, demandam uma grande capacidade de abstração do estudante. Para facilitar e favorecer o entendimento desses conceitos, utilizamos o simulador do PhET "Faraday's Law".

Acreditamos que essa abordagem da experimentação de forma contextualizada, levando em consideração os personagens e os experimentos originais, além de inovadora pode ser mais efetiva para a aprendizagem.

2.3 Justificativas

Com o ensino de ciências no nível Médio, espera-se promover o desenvolvimento de competências e habilidades que permitam ao estudante realizar conexões entre o conhecimento científico e o desenvolvimento de novas tecnologias, não os dissociando do contexto histórico e social nos quais estão inseridos.

Nesse contexto, os professores do Ensino Médio enfrentam o desafio de interpretar as dinâmicas sociais de seu tempo e criar modelos pedagógicos adequados, os quais correspondam a essa realidade, como destacam Salvador e Olivieri (2003).

Os professores de Física têm ousado em mudar, mas, muitas vezes se sentem inseguros, desamparados e pouco confiantes quanto aos resultados a serem obtidos, Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ (2002).

Na tentativa de auxiliar os professores, pelo Brasil afora e nos últimos anos, diversas instituições de ensino superior desenvolveram atividades de educação continuada, uma delas via o Projeto Pró-Ciências, tendo como público alvo, exatamente, os professores do Ensino Médio (EM) das escolas públicas, SALVADOR, et al (2003).

A pesquisa de Delizoicov (2008) faz uma revisão bibliográfica sobre a formação continuada de professores de Física no Ensino Médio, e os resultados indicam a validade das iniciativas mencionadas anteriormente, sugerindo a necessidade de incorporar os resultados da produção da pesquisa em Educação em Ciências nos processos formativos.

De acordo com a necessidade de promover a mudança das práticas didáticas no ensino de Física, apontada e sugerida pelos PCNs, e em consonância com o art. 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996), nossa pesquisa se justifica ao propor e desenvolver uma abordagem inovadora para o ensino no nível médio da lei da indução de Faraday.

Na proposta, práticas experimentais (inspiradas nas originais), contextualizadas histórica e socialmente, são exploradas de forma a ligar conceitos de magnetismo à Lei da indução de Faraday.

3. Objetivos

3.1 Geral

Propor uma abordagem de ensino da lei da indução eletromagnética de Faraday para estudantes do Ensino Médio, a qual introduza a experimentação, apresente aspectos e personagens históricos envolvidos no desenvolvimento de conceitos associados ao eletromagnetismo e os desdobramentos tecnológicos que este conhecimento propiciou.

3.2 Específicos

Abordar a experimentação e simulação interativa em sala de aula do ensino médio.

Propor atividades experimentais que utilizem materiais de fácil acesso e baixo custo, para o desenvolvimento de conhecimento na área específica de conhecimento deste projeto.

Apresentar uma abordagem inovadora do ensino da lei de Faraday.

Avaliar qualitativamente a mudança conceitual dos estudantes acerca do assunto abordado, utilizando como estratégia de avaliação a elaboração de mapas conceituais.

4. Referencial teórico

A elaboração desse trabalho teve como base teórica o marco conceitual cognitivista e humanista das teorias de David Paul Ausubel e Joseph Donald Novak.

David Ausubel nasceu em 1918 em Nova York, onde faleceu aos 90 anos. Conta-se que cresceu insatisfeito com a educação escolar, especialmente no que se refere aos castigos e humilhações impostos aos alunos, fatos comuns naquela época. Formou-se psicólogo e dedicou-se a introduzir melhorias no processo de ensino. Sua maior contribuição foi a proposição de uma teoria explicativa do processo de aprendizagem humana, a qual acabou sendo conhecida como teoria da aprendizagem significativa.

Joseph D. Novak, nascido em 1932, formou-se em Ciências e Matemática, em 1952, na Universidade de Minnesota, onde concluiu seu Mestrado em Ciências da Educação dois anos mais tarde. Na mesma universidade, graduou-se em Biologia e Ciências da Educação, em 1958. Hoje em dia é professor emérito da Cornell University e Pesquisador Sênior no IHMC. Sua pesquisa está centrada na aprendizagem humana. Em 1970, ganha reconhecimento mundial pelo desenvolvimento da teoria a respeito dos mapas conceituais, originalmente baseada na teoria da aprendizagem de Ausubel.

No seu livro "Teorias de Aprendizagem" o Prof. Dr. Marco Antônio Moreira destaca as contribuições de Joseph D. Novak na elaboração, refinamento e divulgação da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, sugerindo inclusive que ela poderia se chamar de teoria de Ausubel e Novak. Enquanto Ausubel estaria mais associado à perspectiva Cognitivista, Novak, ao aprimorar a teoria de Ausubel se colocaria entre o cognitivismo e o humanismo.

Moreira (1999) discorre sobre o conceito central da teoria de Ausubel, a aprendizagem significativa:

"Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, ou seja, esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçores, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na

qual os elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos."

Basicamente, na teoria de Ausubel, o fator isolado que mais influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (subsunçores), e, portanto, não pode ser negligenciado no processo de ensino. É importante destacar que o conceito de subsunçor nem sempre é de fato um conceito. Pode ser uma crença, um modelo, uma suposição, a qual, por sua vez pode apresentar-se ou não como obstáculo epistemológico para o aprendizado. Trata-se de um processo interativo, em que o novo conhecimento relaciona-se ao conhecimento prévio, modificando-o, alterando-o ou fortalecendo-o.

Moreira ainda destaca a definição de Ausubel para outra forma de se aprender, a chamada aprendizagem mecânica. Seria a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes em sua estrutura cognitiva.

O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a subsunçores específicos.

É reconhecido que a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Nos primeiros anos de vida, as crianças adquirem conceitos por meio de um processo conhecido por formação de conceitos. Ao atingir a idade escolar a maioria das crianças já possui um conjunto adequado de conceitos (subsunçores) que permite a ocorrência da aprendizagem significativa.

Em seu artigo, Pelizzari, et al. (2002) destacam as condições necessárias para haver a aprendizagem significativa:

"Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógica e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem."

Portanto, a ocorrência da aprendizagem significativa requer: do aprendiz a disposição para aprender; do professor, materiais potencialmente significativos e do currículo, algum conhecimento relevante.

Joseph Novak, segundo Moreira, tem uma proposta mais ampla da qual a aprendizagem significativa é parte integrante. A premissa fundamental da teoria de Novak é que os seres humanos fazem basicamente três coisas: pensam, sentem e atuam.

No processo de ensino e aprendizagem, segundo Novak, estão envolvidos cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação.

Dessa forma, qualquer evento educativo resume-se a uma ação que proporciona a troca de significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o mestre. Ou seja, pensamentos, sentimentos e ações estão interligados, positiva ou negativamente e, portanto, devem ser considerados no processo de ensino. Para Novak, atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa facilitam a aprendizagem significativa, assim como a concepção de que o conhecimento humano é um processo de construção.

Moreira (1999) destaca que os conhecimentos adquiridos por aprendizagem significativa são muito resistentes à mudança, de modo que o ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa e a ensejar experiências afetivas positivas.

Ainda com relação às vantagens da aprendizagem significativa, Pelizzari, et al. (2002) destacam que na teoria de Ausubel são descritas três vantagens essenciais dessa em relação à aprendizagem mecânica:

“Em primeiro lugar, o conhecimento que se adquire de maneira significativa é retido e lembrado por mais tempo. Em segundo, aumenta a capacidade de aprender outros conteúdos de uma maneira mais fácil, mesmo se a informação original for esquecida. E, em terceiro, uma vez esquecida, facilita a aprendizagem seguinte – a “reaprendizagem”, para dizer de outra maneira. A explicação dessas vantagens está nos processos específicos por meio dos quais se produz a aprendizagem significativa onde se implica, como um processo central, a interação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conteúdo de aprendizagem. Essa interação traduz-se em um processo de modificação mútua tanto da estrutura cognitiva inicial como do conteúdo que é preciso aprender, constituindo o núcleo da aprendizagem significativa, o que é crucial para entender as propriedades e a potencialidade.”

Ausubel sugere a adoção de uma estratégia, o uso de organizadores prévios para, conscientemente, manipular a estrutura cognitiva do estudante, a fim de facilitar a aprendizagem significativa.

Como organizadores prévios podem ser utilizados materiais introdutórios antes do conteúdo a ser aprendido. Segundo o próprio Ausubel, a função dos organizadores é de servirem de pontes entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve aprender.

Sobre os processos de aprendizagem, em seu trabalho recente Moreira (2016) destaca a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Na medida em que se aprende um novo conteúdo ou assunto, novos conhecimentos são apresentados ao aprendiz, e caso ocorra à aprendizagem significativa, esses novos conceitos passam pelas etapas de diferenciação entre si.

Entretanto, caso essa diferenciação não ocorra de forma definitiva, logo os conceitos estarão tão diferenciados entre si que será difícil para o educando estabelecer conexões entre eles.

Ausubel (2000) explica:

“A natureza e as condições da aprendizagem por recepção significativa ativa também exigem um tipo de ensino expositivo que reconheça os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora nos materiais de instrução e que também caracterize a aprendizagem, a retenção e a organização do conteúdo das matérias na estrutura cognitiva do aprendiz. O primeiro princípio reconhece que a maioria da aprendizagem e toda a retenção e a organização das matérias é hierárquica por natureza, procedendo de cima para baixo em termos de abstração, generalidade e inclusão. A reconciliação integradora tem a tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor e/ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes.”

Portanto, é fundamental para a ocorrência da aprendizagem significativa que aconteça uma reconciliação de novos saberes ao longo do processo de ensino. Assim, espera-se que o estudante seja capaz de distinguir aspectos de cada novo conceito, e também que consiga integrar os novos conhecimentos, reconciliando-os de tal forma que ao fim do processo os estudantes sejam capazes de organizar os novos conceitos pelas suas semelhanças e diferenças.

Para Moreira, o modelo ausubeliano da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa está implícito no uso de mapas conceituais.

Em sua obra “Aprendendo a aprender”, Joseph Novak (1988) discorre sobre a natureza dos mapas conceituais:

“Os mapas conceituais são destinados para representar relações significativas entre os conceitos forma de proposições. Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica. Na sua forma

mais simples, um mapa conceitual consiste apenas dois conceitos unidos por uma palavra de ligação para formar uma proposição (...).”

Para Novak, um mapa conceitual pode atuar como um "mapa do caminho", que mostra algumas das vias que podem ser seguidas para ligar os significados dos conceitos de modo que resultem em proposições. Uma vez que uma tarefa de aprendizagem é concluída, eles fornecem um resumo esquemático do que foi aprendido.

Além disso, ao elaborar um mapa conceitual, o educando passa a refletir sobre o conhecimento apreendido, podendo tornar conscientes conceitos que anteriormente não estavam evidentes, como destacado nesse trecho:

“Sem dúvida, no processo de elaboração de mapas podemos desenvolver novas relações conceituais, especialmente se, de uma forma ativa, tentamos construir relações proposicionais entre os conceitos que anteriormente não considerávamos relacionados: alunos e professores que fazem mapas conceituais podem, muitas vezes a perceber novas relações e, portanto, novos significados (ou pelo menos significados que não possuíam conscientemente antes de elaborar o mapa). Neste sentido, a elaboração de mapas conceituais pode ser uma atividade criativa e pode ajudar a promover a criatividade.”

O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usada em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação (Moreira e Buchweitz, 1993).

Os processos de avaliação são discutidos nos trabalhos de Novak, que supõe Mapas conceituais e diagramas Vê como instrumentos efetivos de avaliação de aprendizagem.

Neste trecho, Novak (1988) indica inclusive que talvez a maior utilidade dos mapas conceituais seja como um instrumento de avaliação do aprendizado:

“(...) Talvez a contribuição mais significativa dos mapas conceituais para o progresso da educação reside na melhoria básica de técnicas de avaliação, especialmente aquelas aplicadas à investigação.”

Moreira (2003) também investiga formas alternativas de avaliação, mais especificamente no campo da Física e sugere a utilização de mapas conceituais como uma possibilidade para a verificação da aprendizagem significativa.

Ele discorre sobre o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação:

“Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. É mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem.”

É sabido que não existe um referencial teórico definitivo, ou seja, as práticas didáticas podem apresentar características cognitivistas, humanistas e até comportamentalistas, dependendo da experiência e das características pessoais do professor.

Entretanto, procuramos nesse trabalho, desenvolver nossa própria sequência didática levando-se em consideração características da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Para tanto, focamos nas duas condições mínimas para a ocorrência da aprendizagem significativa: disposição para aprender pelo educando e um conteúdo potencialmente significativo escolhido pelo professor.

Ao propormos práticas experimentais, contextualizadas histórica e socialmente, acreditamos poder despertar a intenção de aprender nos estudantes. Além disso, essas atividades geralmente estão associadas a sentimentos positivos, que facilitariam a aprendizagem significativa.

Ao escolhermos o conteúdo, eletromagnetismo e a lei da indução de Faraday, abordaremos as descobertas que nos permitiram sair de um mundo movido a vapor e iluminado por gás para outro, movido e iluminado por eletricidade. Tamanha relevância dessas descobertas, indicam que este assunto é mais que significativo, mas essencial para o entendimento da vida moderna.

Por fim, optamos por utilizar mapas conceituais como instrumentos de avaliação prévia e posterior às aulas, tal como sugerem Novak e Moreira.

5. A Física e o contexto histórico

Até o século XVIII pouco se sabia sobre o magnetismo. O termo que define os fenômenos magnéticos provém do nome Magnésia, uma região costeira da antiga Tessália, na Grécia, onde pedras incomuns eram encontradas pelos gregos há mais de 2.000 anos. Tais pedras possuíam a propriedade intrigante de interagir, atrair pedaços de ferro. A essas pedras deu-se o nome de ímãs naturais.

Os chineses, por volta do século XII, foram os primeiros a utilizar os ímãs na confecção de bússolas o que favoreceu a navegação ao redor do mundo.

Na época medieval, Pierre de Maricourt (1220-1270), engenheiro militar francês destacou-se por seu conhecimento sobre ímãs. Atribui-se a ele a denominação de polos, bem como a ideia de monopolo magnético.

Em 1600, William Gilbert (1544-1603) confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em pedras de magnetita. Nessa época, publica a obra “De Magnete”, onde adota a ideia de uma “esfera de influência” em torno do ímã, uma noção primitiva do conceito de campo. Foi Gilbert quem teve a percepção de que a Terra se comporta como uma grande esfera magnética, ao realizar uma experiência com um ímã esférico (Terrella) mostrou que a agulha magnética sempre aponta na direção dos polos magnéticos da Terra. Depois de Gilbert, por mais de 200 anos pouco se avançou no estudo dos fenômenos magnéticos.

O pensamento científico europeu do final do século XVIII foi fortemente influenciado pelo ideário iluminista, o qual se sustentava na racionalidade, pregava que a verdade científica derrotaria a ignorância.

Nesse contexto, em 1790, Alessandro Volta (1745-1827) inicia sua busca por uma nova fonte de eletricidade, que não fosse aquela obtida por meios eletrostáticos. Ele descobriu que duas moedas de metais diferentes, colocadas na ponta da língua com uma colher de prata em cima de ambas produzia uma sensação de formigamento, muito semelhante à obtida pela descarga de uma Garrafa de Leiden.

Inspirado nesse experimento, Volta acabaria inventando a pilha eletrolítica, que por produzir eletricidade de maneira constante, possibilitou a elaboração de diversos experimentos.

Nesse contexto o magnetismo, que parecia tratar de fenômenos distintos da eletricidade, mantinha-se à margem dos estudos. Ainda que alguns cientistas já desconfiassem que eletricidade e magnetismo pudessem estar relacionados, todas as tentativas de se

estabelecer um elo entre esses fenômenos por meio da ação eletrostática tinham sido infrutíferas.

O cenário mudaria em 1820, quando Hans Cristian Oersted (1777-1851) anuncia em um artigo intitulado “Experiência a respeito do efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética” um experimento por ele elaborado que demonstrava uma conexão entre fenômenos elétricos (corrente elétrica) e magnéticos inaugurando assim um novo ramo de pesquisa: o eletromagnetismo.

O experimento elaborado por Oersted foi um marco na comprovação do fenômeno eletromagnético e resultou em uma febre de experiências e descobertas que sucederam sua publicação.

Experiências com espiras percorridas por corrente elétrica contínua mostravam que elas interagiam como se fossem ímãs, o que levou à ideia de que o magnetismo de ímãs naturais poderia ser explicado considerando-se que eles fossem constituídos de um material composto por uma infinidade de pequenas espiras por onde passavam correntes. Essa ideia foi proposta originalmente por André-Marie Ampère (1775-1836), e por essa razão, tais correntes ficaram conhecidas como “correntes amperianas”.

Os franceses Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) destacam-se ao determinar que a intensidade da força magnética é proporcional ao inverso do quadrado da distância. A partir desses estudos, Laplace (1749-1828) obteve o que se hoje como a Lei de Biot-Savart, que permitiu o cálculo do campo magnético criado pela passagem de uma corrente por um elemento de fio.

O primeiro dispositivo que popularizou a eletricidade foi o telégrafo. Para entender seu funcionamento precisamos conhecer um tipo especial de ímã, o eletroímã. Ou seja, um ímã criado por uma corrente elétrica.

Os primeiros eletroímãs foram criados de forma independente por William Sturgeon (1783-1850), na Grã-Bretanha, e Joseph Henry (1797-1878), nos EUA. Eles descobriram que acrescentando mais bobinas aos seus fios condutores de corrente, poderiam criar um campo magnético mais intenso. Ou seja, quanto mais bobinas, mais intenso é o campo de um eletroímã.

Se enrolarmos adequadamente o filamento condutor em espiras, o formato do campo magnético produzido se assemelha ao campo produzido por um “ímã natural”.

A descoberta de Oersted divulgada em julho de 1820 desencadeou uma série de experiências e descobertas. Em 1821, ao ser solicitado pelo editor da revista “Annals of Philosophy” a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo,

publicadas no ano anterior, Michael Faraday não demorou a perceber que não podia se limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

Ainda em 1821, Faraday criou um circuito usando uma bateria, fios, um recipiente contendo mercúrio e um ímã permanente colocado no meio desse recipiente. Quando a corrente passava pelo circuito o fio se movia circulando ao redor do ímã. Este dispositivo foi o primeiro a converter a corrente elétrica em movimento contínuo. Basicamente, é o primeiro motor elétrico. Um dos efeitos duradouros da descoberta de Faraday, a das rotações eletromagnéticas em 1821, foi que ela fazia a ligação entre eletricidade, magnetismo e movimento.

Faraday já sabia que as correntes elétricas estacionárias produziam efeitos magnéticos. Ou seja, um fenômeno elétrico poderia produzir um fenômeno magnético, a grande questão que surgiu nessa época foi em relação ao inverso ocorrer, isto é, se o magnetismo poderia produzir correntes elétricas.

Ele elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando a evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes.

Não obteve sucesso algum até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento. Esse experimento ficaria conhecido como “transformador de Faraday”.

Ao realizar experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro, notou, acidentalmente, que surgia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina. Ou seja, toda vez que a corrente variava num fio (circuito primário), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito secundário), colocado nas suas vizinhanças.

Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, logo em seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenômeno, porém sua presença o intensificava.

Em 17 de outubro de 1831, Faraday lançou mão de um ímã de barra, o inseriu e retirou do interior de uma bobina. Ele detectou uma pequena corrente elétrica na bobina, movendo-se ora em um sentido e ora em outro. Uma corrente era induzida neste circuito, no momento em que o ímã era inserido ou retirado do conjunto de espiras.

Após esta e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era variação, e utilizando o conceito de linhas de força, sintetizou seus

resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra campo para se referir à disposição e à intensidade das linhas de força no espaço.

Uma consequência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como dínamo de disco de Faraday.

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados, mas a produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, só se tornou realidade nas últimas décadas do século XIX.

Em 1831, Faraday afirmou que a corrente elétrica induzida por um campo magnético em um circuito fechado é proporcional à taxa de variação temporal do número de linhas de fluxo magnético que atravessam a área delimitada pelo circuito.

Atualmente, definimos fluxo magnético através de uma superfície como a integral do produto escalar do vetor indução magnética (campo magnético) pelo elemento diferencial de área ao longo de toda a superfície em consideração. Matematicamente o fluxo magnético é dado pela seguinte expressão:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

No caso específico de um campo magnético uniforme, o resultado dessa integral fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos(\theta)$$

onde B é a intensidade do campo magnético que atravessa a região delimitada pela área (A) e θ é o ângulo formado entre o vetor normal a área A e o vetor B.

Em 1834 o físico russo Heinrich F. E. Lenz (1804-1865) chega às mesmas descobertas de Faraday, entretanto, ele mostra que os efeitos de uma corrente induzida por forças eletromagnéticas sempre se opõem a essas mesmas forças, o que chamamos de lei de Lenz. Complementando assim as ideias de Faraday.

Um dos problemas encontrados pela comunidade científica para compreender o que Faraday estava dizendo deveu-se ao fato de que ele definiu sua lei de maneira verbal, usando o arcabouço de linhas de campo que ele mesmo havia desenvolvido. De modo que ele nunca chegou a uma expressão matemática que resumisse o fenômeno.

Por volta de 1845, o físico alemão Franz E. Neumann (1798-1895) expressa as ideias de Faraday e Lenz em uma fórmula, segundo a qual a força eletromotriz induzida (d.d.p.

induzida) em um circuito é igual à variação temporal do fluxo magnético que o atravessa, essa expressão ficaria conhecida por Lei de Faraday-Neumann-Lenz:

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

O princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico baseia-se na indução eletromagnética, mais especificamente, um campo magnético variável na região onde ficam as bobinas do gerador produz uma força eletromotriz induzida (f.e.m. induzida).

No gerador, um conjunto de bobinas é fixado em um eixo que pode rotacionar ao redor de ímãs ou eletroímãs fixos. A variação do fluxo magnético nas bobinas, devida à rotação em torno dos ímãs, induz nelas uma tensão que pode ser utilizada para, por exemplo, ser conduzida através de redes elétricas.

Para abastecer grandes populações é necessário um sistema que minimize as perdas de energia ao longo do circuito de distribuição. Para reduzir as perdas por aquecimento dos fios condutores (efeito Joule), utiliza-se um transformador. Ao elevar-se a tensão reduz-se a corrente no circuito, pois:

$$E = P\Delta t \rightarrow E = (Ui)\Delta t ,$$

onde E representa a energia consumida, P a potência dissipada, U a tensão, i a intensidade da corrente elétrica e Δt o intervalo de tempo.

Assim, na saída da usina geradora a tensão é elevada por transformadores atingindo valores entre 10 mil e 300 mil volts. Ao chegar próximo às unidades consumidoras (indústrias, residências, etc.) a tensão é reduzida de acordo com a necessidade.

No Brasil, a tensão disponibilizada pelas companhias de fornecimento de energia elétrica para as residências é de 110 V ou de 220 V.

6. Métodos

6.1 Local de aplicação

Essa proposta didática foi oferecida a 51 estudantes de duas turmas de terceiras séries do Ensino Médio da Escola de Educação Básica Barão de Antonina, localizada em Mafra – SC.

A carga horária total para a execução da proposta foi de 10 aulas de 45 minutos para a turma 3ª06 do Ensino Médio Inovador (09 alunos) e 10 aulas de 40 minutos para a turma 3ª07 do Ensino Médio Noturno (42 alunos).

6.2 Atividades desenvolvidas

O planejamento das atividades desenvolvidas foi detalhado nos planos de aula (Apêndice - Produto Educacional, p. 138).

6.2.1 Aula 01: Concepções prévias – Elaborando mapas conceituais

Aos 22 dias do mês de outubro de 2015 iniciamos a aplicação da sequência didática proposta como parte do produto que está sendo desenvolvido ao longo desse programa de pós-graduação.

Nesta data propusemos aos estudantes da 3ª06 do EMI que elaborassem um mapa conceitual sobre o tema Eletromagnetismo. A mesma atividade foi executada pelos estudantes da 3ª07 EMR na terça-feira (dia 27).

Nessa atividade, através desses mapas conceituais, esperava-se obter os conceitos prévios dos alunos (subsunçores) a respeito do tema. Os conceitos registrados nos mapas e a maneira como foram relacionados nos dariam subsídios para avaliarmos as mudanças conceituais ao longo da aplicação da sequência didática e, portanto, a validade da proposta. Entre outras coisas, procuraram-se evidências do conhecimento da relação entre os fenômenos “eletricidade” e “magnetismo” por parte dos alunos.

6.2.2 Aula 02: Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã

No dia 28, na segunda aula da sequência, realizamos a primeira atividade experimental com a turma 3ª06 EMI, cujos objetivos gerais foram a de observar a interação entre ímãs, para se reconhecer a atração e repulsão magnética e mapear os campos magnéticos terrestre e de um ímã (fornecido pelo professor) para se visualizar suas configurações e propriedades. A turma 3ª07 EMR realizou a mesma atividade no dia seguinte (quinta-feira, 29 de outubro).

A primeira fotografia (Figura 6.2.1) registra um estudante da 3ª06 EMI mapeando o campo magnético de um ímã. A técnica de mapeamento apresentou ótimos resultados em relação ao formato do campo magnético obtido, a segunda imagem (Figura 6.2.2) registrou o resultado desse mapeamento. Ao longo do roteiro experimental (Apêndice – Produto Educacional, p. 172) foram propostas algumas perguntas de modo que se favorecessem a reflexão e a discussão da atividade na síntese integradora.



Figura 6.2.1 - Mapeamento do campo magnético de um ímã

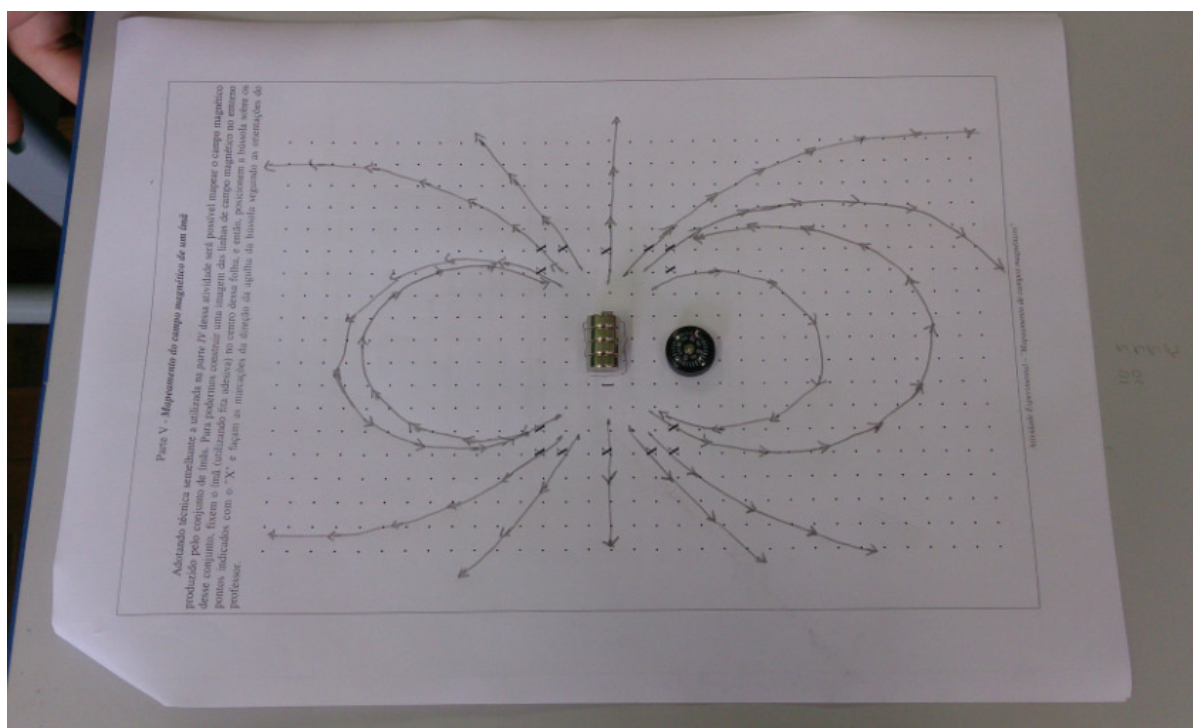


Figura 6.2.2 - Representação gráfica das linhas de campo

6.2.3 Aula 03: Experiência de Oersted

Na segunda-feira, dia 9 de novembro, retomamos com os alunos da 3ª06 EMI a sequência proposta de aulas. Nesta aula procuramos reproduzir a famosa experiência de Hans Christian Oersted (figura 6.2.3), fundamental no processo de unificação dos estudos sobre eletricidade e magnetismo no chamado eletromagnetismo.

Nessa atividade, realizada com os estudantes da 3ª07 EMR na terça (10/11), buscamos observar a interação entre ímãs e bússolas e um fio condutor percorrido por corrente elétrica, utilizamos como material de apoio um roteiro experimental (Apêndice – Produto Educacional, p. 175). Os estudantes demonstraram grande entusiasmo quando visualizavam a deflexão da agulha da bússola quando o circuito era percorrido por uma corrente elétrica (figura 6.2.4). Na síntese integradora o professor procurou sintetizar as ideias e favorecer o entendimento de que a deflexão da agulha das bússolas era obtida pelo aparecimento de um campo magnético produzido pela corrente elétrica que atravessava um fio condutor.

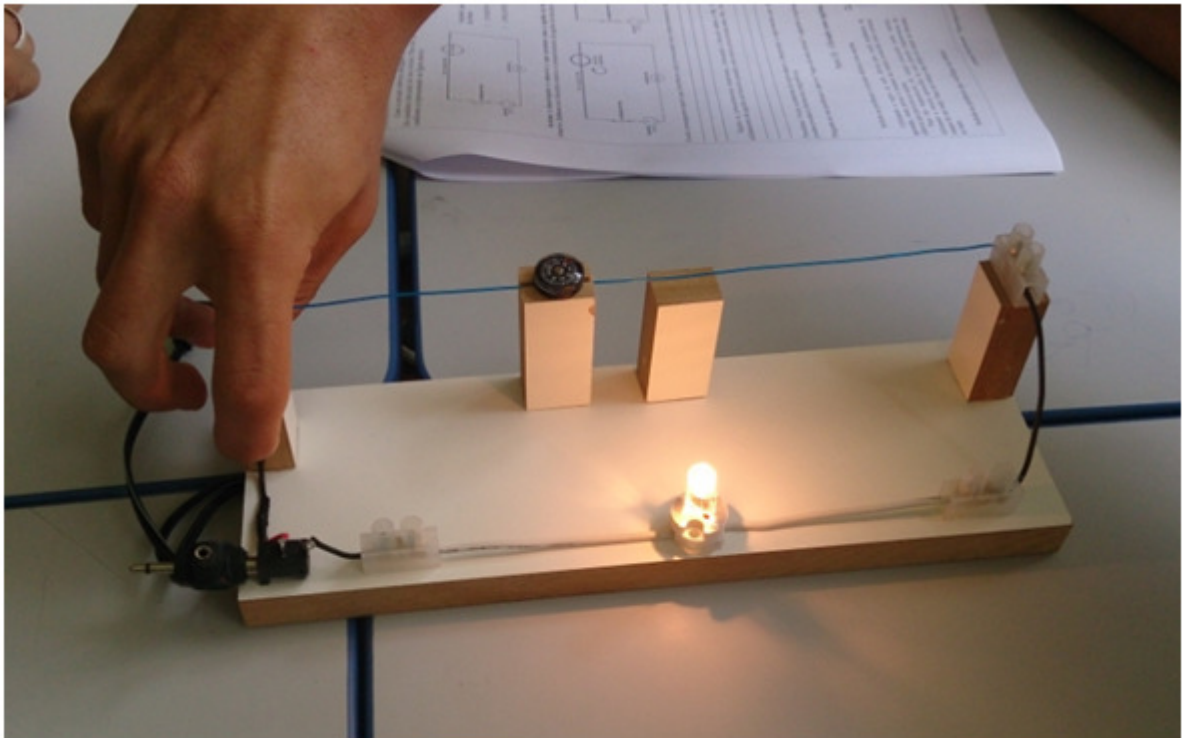


Figura 6.2.3 - Reprodução da experiência de Oersted

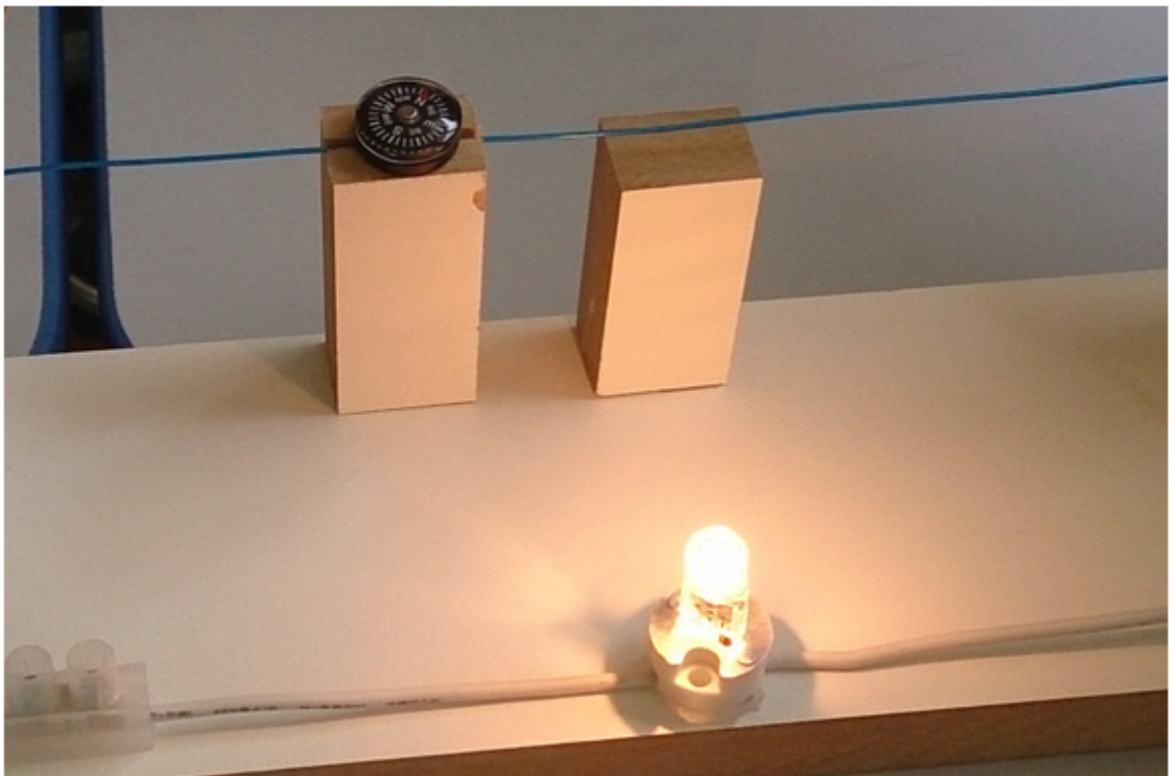


Figura 6.2.4 - Detalhe da deflexão da agulha da bússola causada pela passagem da corrente elétrica no fio

6.2.4 Aula 04: Construindo eletroímãs

A quarta aula também foi uma atividade experimental, mas desta vez sem roteiro. Ela foi proposta na manhã do dia 12 para a 3ª06 EMI e no período noturno para a 3ª07 EMR. Seus objetivos eram: construir eletroímãs e observar seu funcionamento, reconhecer que o magnetismo de um eletroímã é resultado da passagem da corrente elétrica pelo seu fio, observar que a intensidade do campo magnético do eletroímã é proporcional ao número de voltas (espiras) no entorno do material ferromagnético e discutir o fenômeno e sua relação com os chamados domínios magnéticos.

Essa atividade foi pensada como um organizador do novo conhecimento, ou seja, para que o conhecimento prévio pudesse ganhar novos significados, ficando mais estável e elaborado. Por exemplo, o magnetismo pode agora ser modelado pelo conceito de domínio magnético (“ímã elementar”), o alinhamento desses domínios magnéticos resulta na intensificação do campo magnético do objeto, essas ideias são úteis para a realização das próximas atividades.

6.2.5 Aula 05: Transformador de Faraday

A descoberta de Oersted, divulgada em julho de 1820, desencadeou uma série de experiências e descobertas. A pergunta que necessitava de uma resposta era: será que o magnetismo não poderia produzir correntes elétricas? Michael Faraday elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes. Não obteve nenhum sucesso até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento, o dispositivo construído por Faraday era, agora sabemos, um transformador primitivo. Na quinta aula dessa sequência, nos dias 16 e 17 de novembro propusemos as turmas que reproduzissem o experimento de Faraday com o material previamente preparado pelo professor (figura 6.2.5).

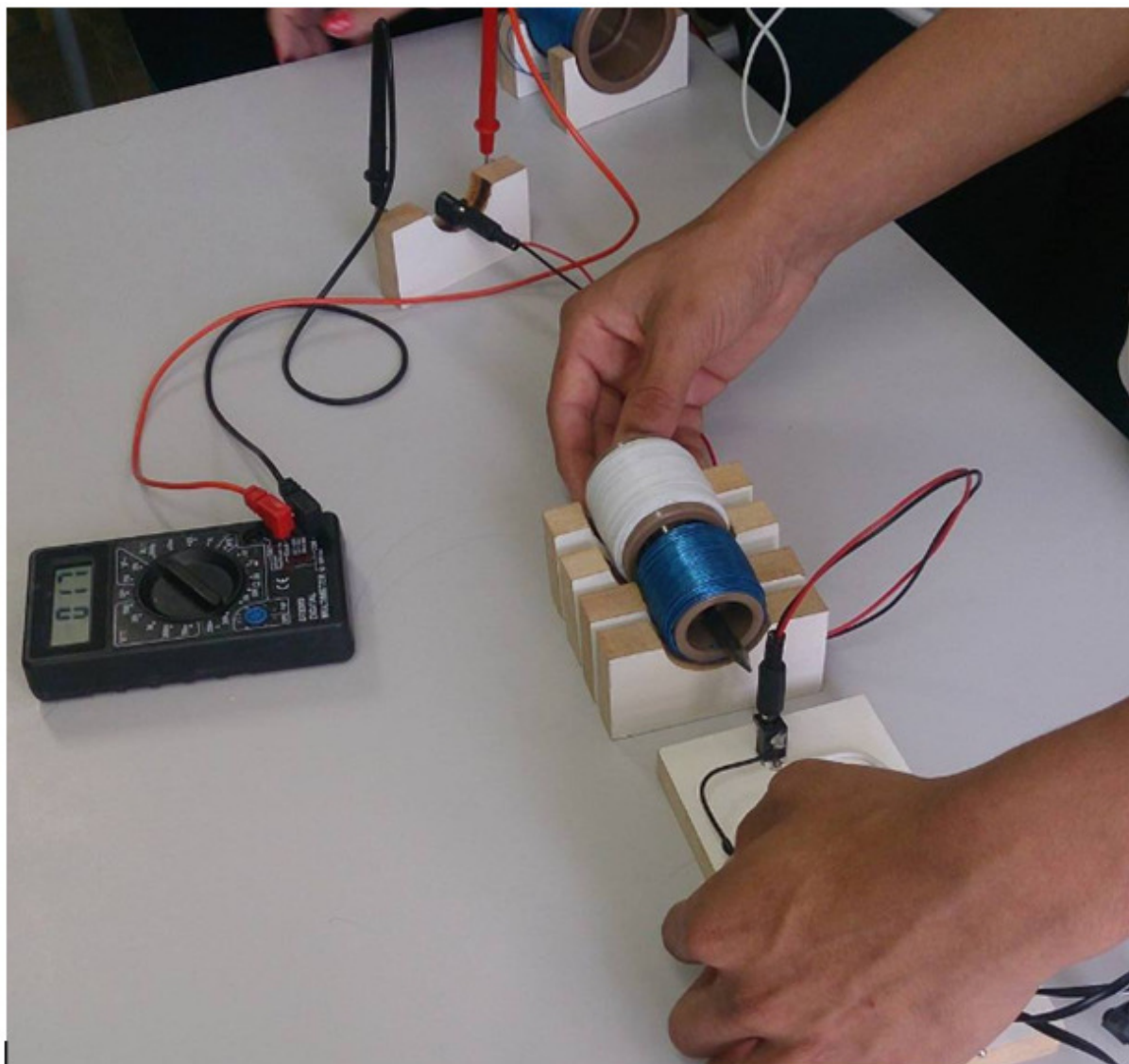


Figura 6.2.5 - O "transformador" de Faraday

O objetivo dessa atividade era, entre outros, o de verificar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir de um fenômeno eletromagnético, observar o funcionamento de um transformador elétrico e perceber que a intensidade da corrente elétrica induzida pode ser influenciada pelo material que é colocado no interior das bobinas.

6.2.6 Aula 06: Experiência de Faraday

Na sexta aula, propusemos a realização do experimento de Faraday, no qual se verifica a produção de eletricidade através do magnetismo. Essa atividade experimental também contou com um roteiro de apoio (Apêndice D) e foi executada nos dias 17 e 19 de novembro, respectivamente, com as turmas 3ª07 EMR e 3ª06 EMI. A figura 6.2.6 registra o momento da realização da experiência por um estudante.

Dentre os objetivos da aula pode-se destacar: observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir da variação do fluxo magnético através do enrolamento (figura 6.2.7), ou seja, compreender o princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico.

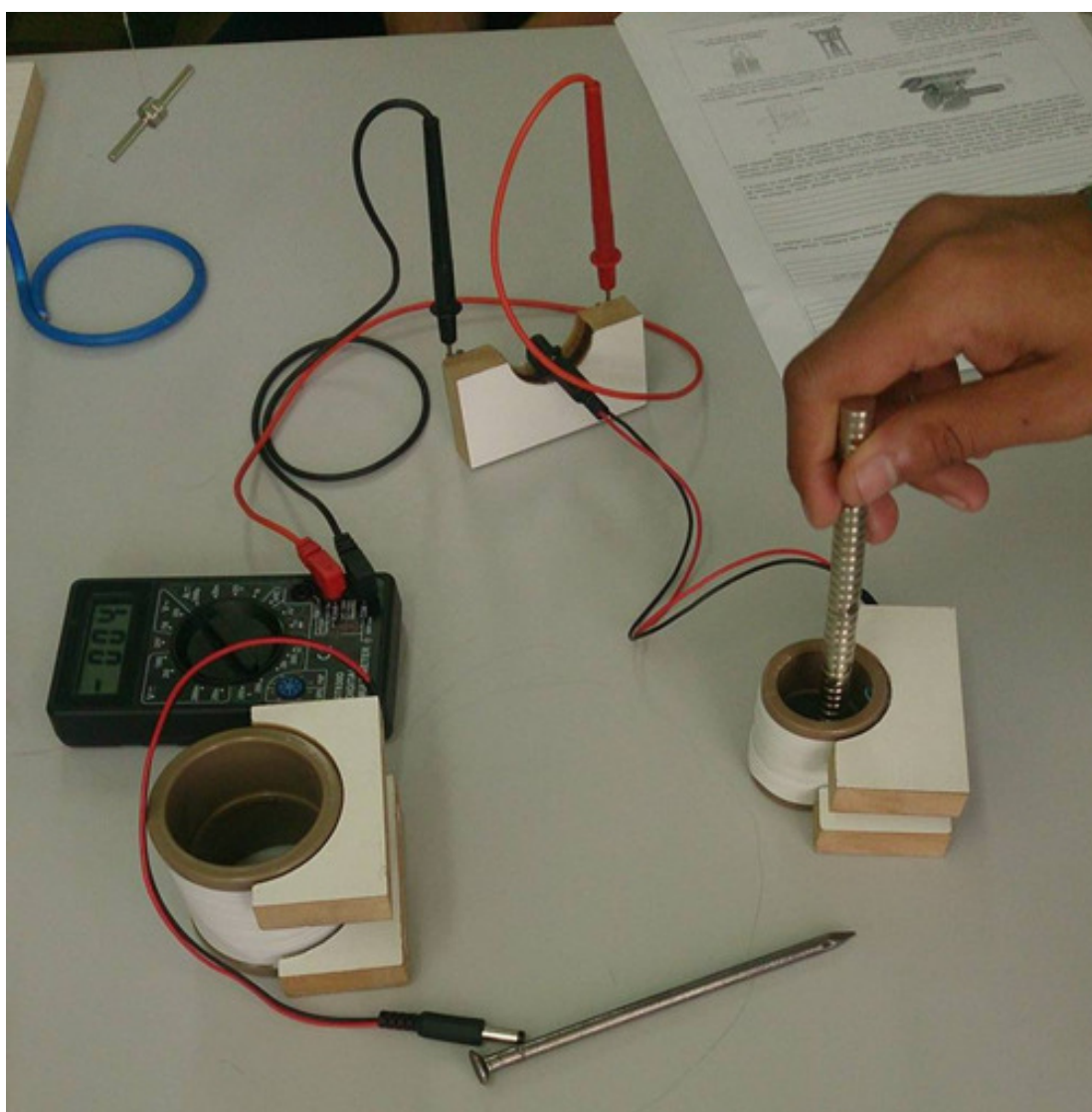


Figura 6.2.6 - Experimento de Faraday

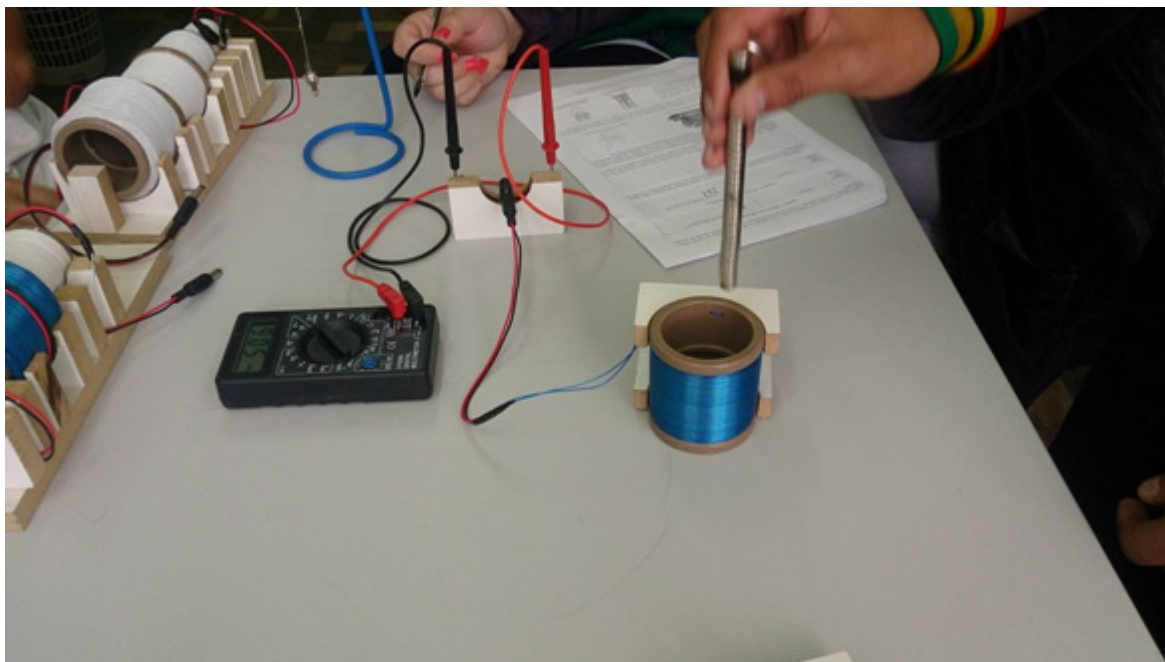


Figura 6.2.7 - Variação do fluxo magnético na bobina e o surgimento de corrente induzida

6.2.7 Aula 07: Conceito de fluxo magnético

No dia 19 de novembro a aula com a 3ª07 aconteceu no laboratório de informática da escola, essa mesma atividade foi aplicada aos alunos da 3ª06 EMI na segunda-feira (dia 23), no período da manhã. Após a realização dos experimentos e a observação dos fenômenos, era necessário organizar as ideias e definir alguns conceitos importantes para a compreensão do modelo teórico aceito para descrever e entender o que foi observado.

Para tornar esse assunto um pouco menos abstrato, optou-se por utilizar o simulador Faraday's Law do PhET (figura 6.2.8), o qual facilitou o entendimento do fenômeno da indução eletromagnética.

Esses recursos foram utilizados na tentativa de tornar claro aos estudantes que o conceito de fluxo magnético evolui dos conceitos desenvolvidos por Faraday. O professor resgatou as imagens das linhas de força desenhadas pelos próprios estudantes na primeira aula experimental e associou-as a imagem fornecida pelo simulador. Esperava-se reforçar os conceitos prévios, preparando os estudantes para a aula seguinte na qual se definiu de forma qualitativa e quantitativa a lei de indução de Faraday.

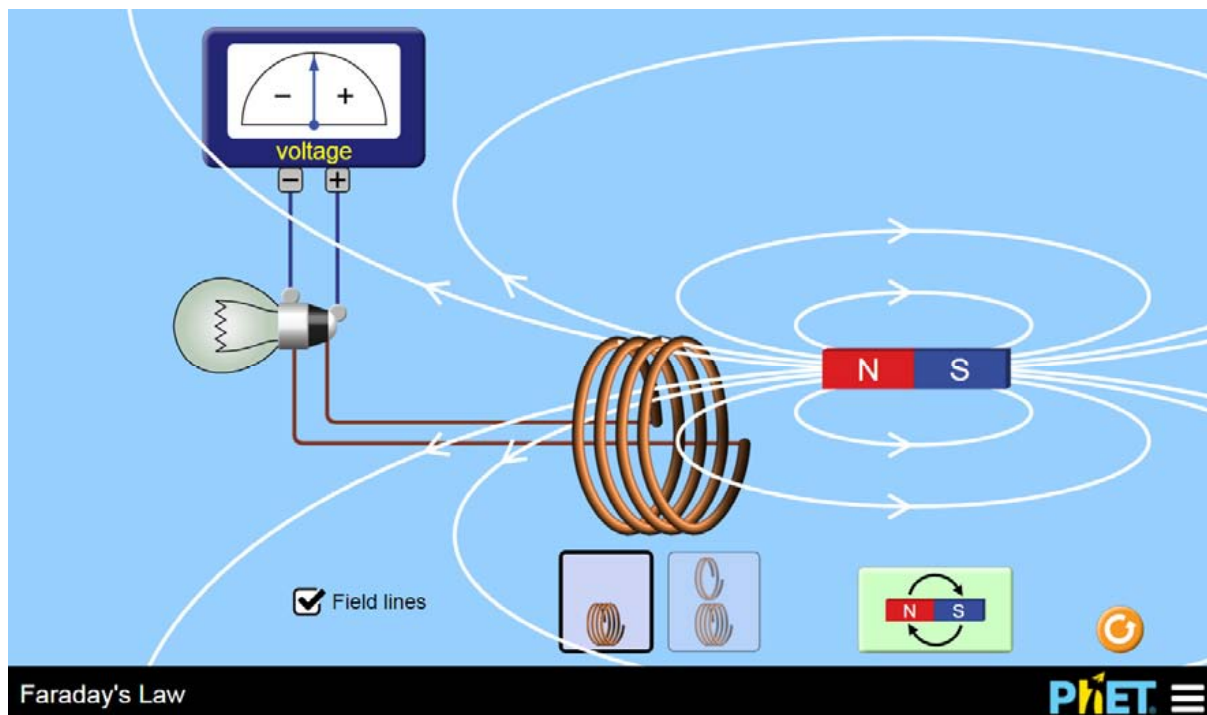


Figura 6.2.8 - Interface do simulador Faraday's Law

6.2.8 Aula 08: Lei da indução eletromagnética de Faraday

A oitava aula foi oferecida nos dias 23 (período vespertino) para a turma do EMI e 24 de novembro para a 3ª07. Nessa atividade estabeleceu-se qualitativa e quantitativamente a lei da indução eletromagnética de Faraday. Discutiu-se a definição qualitativa atribuída a Michael Faraday e as contribuições de Heinrich F. E. Lenz e Franz E. Newmann para o estabelecimento de uma expressão matemática para essa Lei. Procurou-se avaliar o funcionamento de motores e geradores elétricos, ou seja, a aplicação tecnológica do fenômeno da indução eletromagnética. O professor utilizou para isso o mesmo material construído para se demonstrar o funcionamento de um gerador elétrico.

6.2.9 Aula 09: Produção de energia elétrica

No dia 26 de novembro, encerramos com ambas as turmas as aulas experimentais e expositivas da sequência didática. Nessa aula discutimos como pode ser gerada a energia elétrica em usinas e como ela chega até as residências. O professor projetou imagens dos geradores da Usina de Itaipu (disponíveis online).

Na sequência o professor propôs a leitura do quadro “Algo A +” das páginas 147-149 do livro didático (Apêndice - Produto Educacional, p. 170). Esse texto permitiu a discussão de vários temas relevantes tais como, por exemplo: o impacto ambiental das diferentes formas produção de energia elétrica, o custo associado a cada forma de produção, os perigos da produção de eletricidade em usinas nucleares e etc.

Foram apresentadas as formas alternativas de produção de eletricidade, tais como: a eólica, a fotovoltaicas e etc.

Por fim foram discutidos os sistemas de transmissão da eletricidade das usinas até as residências e em especial o uso de transformadores.

6.2.10 Aula 10: Avaliação

No artigo em que propõe o uso de mapas conceituais como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa, Moreira reconhece que se trata de uma técnica não tradicional de avaliação sendo mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem.

Optou-se por testar essa forma de avaliar a aprendizagem. A avaliação via elaboração de mapas conceituais aconteceu nos dias primeiro e 03 de dezembro, encerrando assim a sequência didática.

7. Análise da aplicação do produto

7.1 Mapas conceituais

Segundo o professor Marco Antônio Moreira, mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa. O seu uso no ensino sob uma abordagem ausubeliana possibilita, por exemplo, identificar os subsunçores necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino, bem como identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. De modo que o professor possa então organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos ou ainda, ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o estudante já possui e os que ele precisaria adquirir para aprender significativamente a matéria de ensino.

Acreditando nas potencialidades dos mapas conceituais, propomos como atividade inicial da sequência de aulas a elaboração de mapas de conceitos sobre o assunto “Eletromagnetismo”. Nessa atividade esperávamos conhecer numa primeira análise, os conceitos prévios dos estudantes (subsunçores) acerca do tema e a partir deles organizar quais tópicos do conteúdo (previamente escolhido) mereciam maior enfoque e dedicação do professor para favorecer as mudanças conceituais e a aquisição de novos significados ao conhecimento já estabelecido.

Ao sugerimos a elaboração de mapas conceituais antes da sequência de aulas prevíamos que o tema poderia ser familiar aos estudantes, pelo menos com relação à eletricidade, visto que eletrodinâmica e eletrostática foram assuntos discutidos desde o início do ano letivo, e também por uma questão semântica, a palavra em si trás pistas do que se trata: eletricidade e magnetismo. Essa suspeita nos fez crer que as palavras centrais ou em destaque mais recorrentes dos mapas seriam, portanto: *eletricidade* e *magnetismo*.

7.1.1 Turma 3ª06 EMI

Com o intuito de preservar a identidade dos educandos, neste trabalho atribuímos de forma aleatória os nomes “estudante 01, estudante 02, estudante 03, ...” em substituição aos nomes próprios dos estudantes. É importante dizer que uma vez definido o “codinome” ao estudante, mantivemos a atribuição de modo que toda vez que nos referirmos ao “estudante 01” estaremos falando da mesma pessoa, permitindo avaliarmos sua evolução ao longo das atividades desenvolvidas.

Ao analisar os mapas elaborados nessa primeira aula, contrariando nossas previsões, apenas um do total de oito mapas construídos pelos estudantes os termos *eletricidade* e *magnetismo* ficaram bem evidentes.

Ainda que o termo *magnetismo* esteja presente no mapa de conceitos do estudante 03, ele parece vazio de significado (vide Figura 7.1.1), as palavras que estão ligadas a esse conceito não estão muito claras quanto a sua relação com o termo, ou como no caso de “força de atração” estão contemplando apenas uma das características do fenômeno magnético a atração, desconsiderando a repulsão magnética. Isso demonstra que existe algum conhecimento preexistente sobre o tema, mas ele não está organizado ou até mesmo é insuficiente.

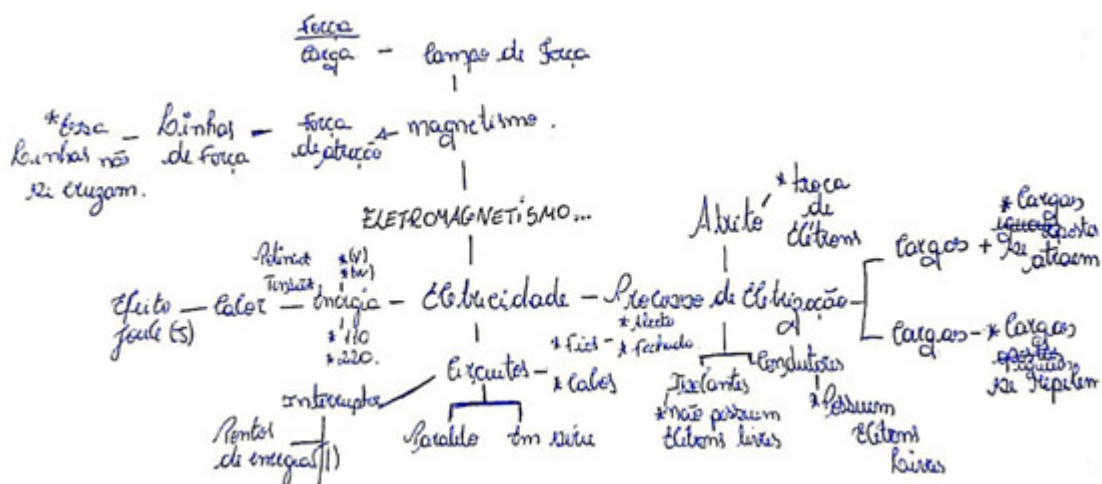


Figura 7.1.1 - Mapa conceitual do estudante 03

Por outro lado, é interessante destacar que o conhecimento prévio deste estudante sobre *eletricidade* é bem robusto. Vemos presentes conceitos relacionados à eletrostática e à eletrodinâmica, em ambos os casos, percebe-se uma boa estrutura, um bom entendimento sobre os assuntos. Os conceitos são ligados de forma coerente e bem organizada. Mas isso já era esperado, visto que esses conteúdos haviam sido trabalhados desde o início do ano,

inclusive o professor já havia solicitado nos bimestres anteriores a elaboração de mapas conceituais sobre os aqueles assuntos.

Outro mapa de conceitos, do estudante 05 (Figura 7.1.2), também traz o termo *magnetismo*, mas desta vez falta à palavra *eletricidade*. Nesse caso, entretanto, o uso do primeiro termo parece inadequado, pois ainda que o estudante utilize o conceito magnetismo e faça sua ligação aos conceitos de *atração* e *repulsão*, logo na sequência ele liga esses fenômenos à ideia de cargas. Consideramos essa uma evidência de um conceito prévio de “carga magnética” (ou monopolo magnético), o que está incorreto no entendimento da física. Esse subsunção poderia se tornar um obstáculo epistemológico e mesmo uma análise preeliminar desse mapa demonstrou a necessidade de o professor descaracterizar no momento oportuno essa concepção errônea.

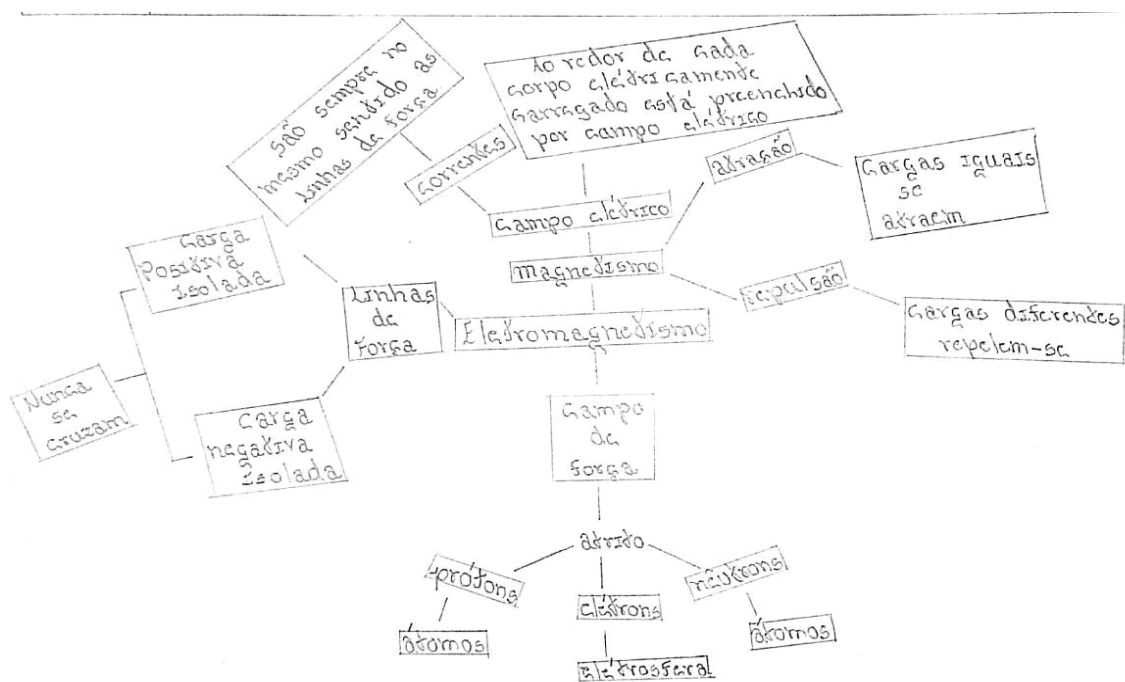


Figura 7.1.2 - Mapa conceitual do estudante 05

O mapa do estudante 07 (Figura 7.1.3) trás o eletromagnetismo como palavra central em destaque, dela derivam conceitos como: *eletricidade*, *eletrização*, *linhas de força* e *campo de força*. Como pode ser verificado na imagem desse mapa, o conhecimento prévio sobre fenômenos elétricos é abundante e até certo ponto preciso, no entanto, não é feita nenhuma referência à palavra ou conceito *magnetismo*.

das aulas iremos recuperar esses conceitos atribuindo novos significados, esperamos que esses subsunçores, modificados, reapareçam no mapa conceitual final.

O estudante 08 acabou misturando conceitos com imagens, seu mapa se parece até certo modo com um infográfico (vide Figura 7.1.5). Surgem os conceitos de carga elétrica positiva e negativa.

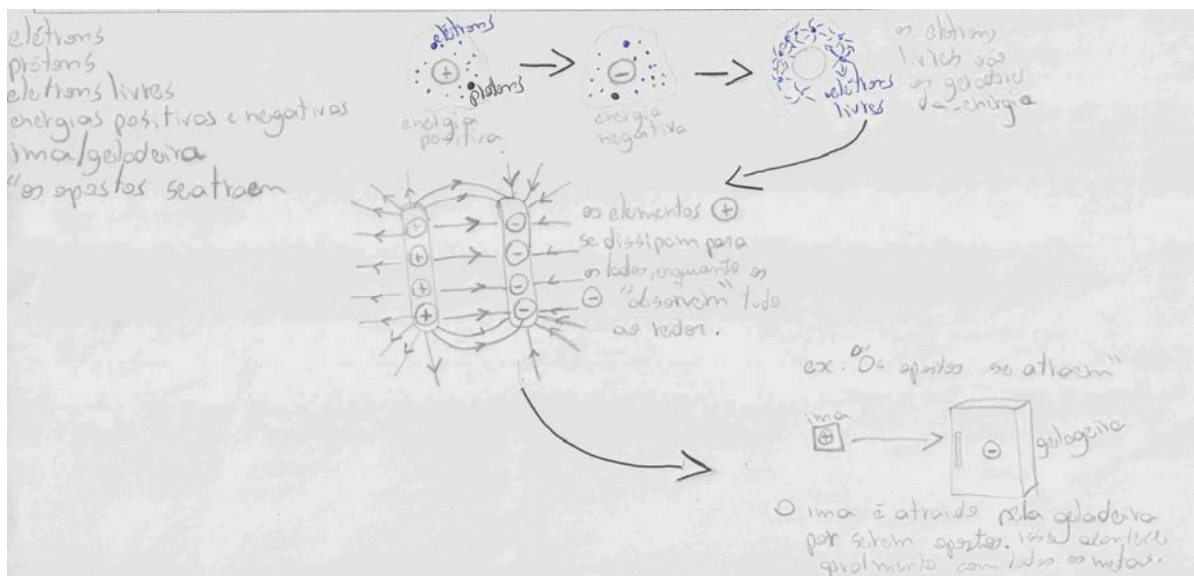


Figura 7.1.5 - Mapa conceitual do estudante 08

Ao representar duas placas paralelas, vemos a utilização de linhas (linhas de campo) e junto a essa representação uma legenda afirma que os “elementos positivos” se “dissipam”, provavelmente tentando explicar o conceito de campo elétrico divergente. Na mesma legenda, ele afirma que as cargas negativas “absorvem tudo ao redor”, que deve se tratar de uma descrição da ideia de campo convergente, ainda que dotada de graves erros conceituais.

Ao que parece assim como aconteceu no mapa do estudante 05, este estudante associa o fenômeno magnético a “cargas magnéticas”. Isso fica evidenciado no desenho feito e legendado no canto inferior direito do mapa (ou infográfico), em que o ímã aparece representado com uma “carga positiva” e a geladeira com uma “carga negativa”, esse subsunçor precisa ter seu significado modificado ao longo do processo, para que no fim das atividades a ideia de monopolo magnético tenha sido transformada, desconstruída, de tal modo que o estudante seja capaz de perceber as semelhanças e diferenças nos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, a existência de polos (ou cargas) no caso elétrico e a inseparabilidade (ou inexistência) dos polos no caso magnético.

O mapa conceitual do estudante 01 (Figura 7.1.6) não é exatamente um mapa conceitual, pelo menos não do modo convencional. É possível identificar algum

conhecimento sobre eletricidade, campo elétrico, modelos atômicos, etc., entretanto, é difícil interpretá-lo pela falta de conexão entre os conceitos.



Figura 7.1.6 - Mapa de conceitos do estudante 01

Os conceitos de campo elétrico divergente e convergente, atração e repulsão entre ímãs e cargas elétricas positivas e negativas podem servir para embasar o novo conhecimento, mas esse mapa demonstrou inclusive a necessidade de trabalhar a própria elaboração de mapas conceituais nesta turma para facilitar a avaliação ao fim da atividade.

O estudante 04 representou em seu mapa apenas conceitos relacionados com o fenômeno elétrico, não há nenhuma menção ao magnetismo. Destaca-se nesse trabalho o conceito de campo elétrico e sua ligação ao conceito de linha de força, esses subsunçores são importantes para o entendimento de novos conceitos, como: campo magnético, linhas de campo magnético e fluxo magnético.

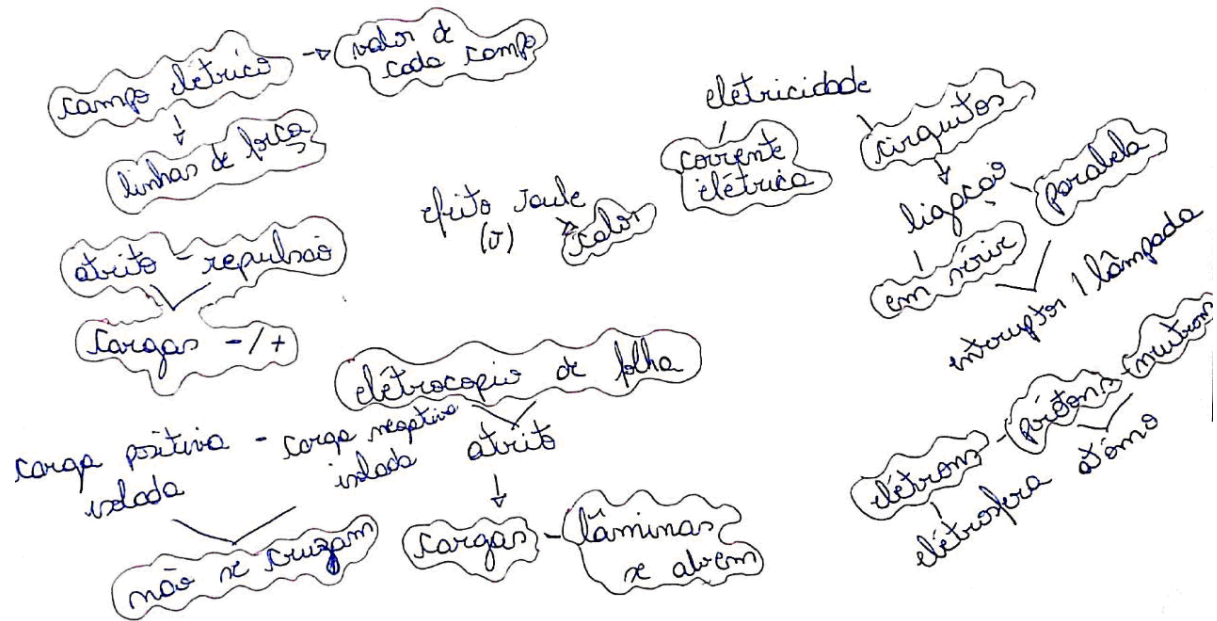


Figura 7.1.7 - Mapa conceitual do estudante 04

O estudante 02 destaca cinco conceitos em seu mapa e faz boas ligações entre os termos, ainda que nem sempre precisas, como vemos na figura 7.1.8.

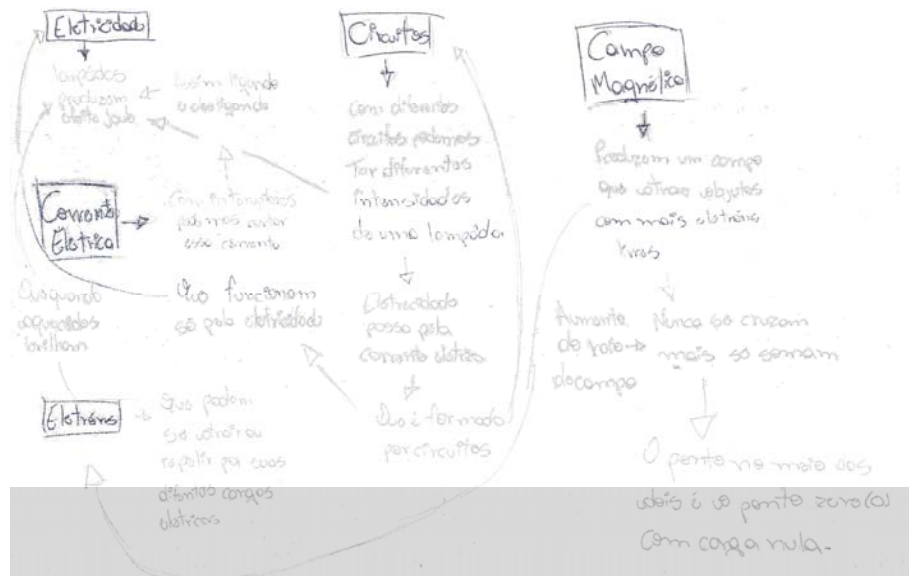


Figura 7.1.8 - Mapa de conceitos do estudante 02

Alguns conceitos, entretanto necessitam de esclarecimento, por exemplo, ao falar sobre o campo magnético o estudante afirma que se trata de um “campo que atrai objetos com mais elétrons livres”, o que não está correto. Essa ideia pode representar um obstáculo epistemológico, mas é possível que as atividades propostas modifiquem esses conceitos e então um novo conhecimento, mais preciso, se estabeleça.

7.1.2 Turma 3ª07 EMR

Seguindo os mesmos critérios adotados com a turma do Ensino Médio Inovador, atribuímos de forma aleatória os nomes “estudante 09, estudante 10, estudante 11, ...” em substituição aos nomes próprios dos estudantes dessa turma.

O maior problema encontrado durante a aplicação do produto com essa turma consistiu no alto índice de faltas injustificadas. Por se tratar do período noturno, a grande maioria dos estudantes faz dupla jornada, trabalhando durante o dia e estudando a noite. As aulas de física eram as primeiras do período, iniciando às 19h, por trabalharem até esse horário, foram freqüentes os casos de alunos que chegavam apenas depois das 19h20, comprometendo consideravelmente o desenvolvimento das atividades. Dos 42 alunos regularmente matriculados, não mais que 35 mantiveram regularidade de presença e menos ainda foram os que estiveram presentes em todas as 10 aulas que compuseram a seqüência didática. Obviamente não era o cenário ideal de aplicação de um produto, de uma pesquisa, mas não buscamos a situação ideal, pois a realidade nas escolas passa longe disso. Além do que, essas eram as duas únicas turmas de terceira série com as quais o professor estava trabalhando.

Considerando esse panorama, refinamos a análise do material produzido por apenas aqueles alunos que compareceram em todas as 10 aulas, consideramos que qualquer falta nesse período poderia comprometer o aprendizado e viciar os resultados. Dos 42 estudantes da turma, apenas 26 estiveram presentes nessa primeira atividade (e 23 na décima) e apenas 10 estudantes não faltaram em nenhuma das aulas aqui avaliadas, de modo que são esses dez que foram avaliados nesse documento.

Nossa busca nos mapas elaborados nessa primeira aula inicia pelos termos *eletricidade* e *magnetismo* e como esses foram relacionados, quando ocorreram, com o conceito mais geral *eletromagnetismo*. A primeira e única ocorrência em que os dois termos se fizeram presentes foi no mapa de conceitos do estudante 12 (Figura 7.1.9) e de forma bastante simplificada, associando eletricidade com eletrização e magnetismo com o termo “ímã”. Pela carência de detalhes, palavras de ligação e outros conceitos, tal como se verifica no próprio mapa, não é possível avançar muito nessa investigação.



Figura 7.1.9 - Mapa conceitual do estudante 12

O mapa do estudante 18 (Figura 7.1.10) apresenta o conceito eletromagnetismo numa posição central, dele derivam os termos *eletricidade* e *ímãs*, ainda que não tenha utilizado a palavra *magnetismo*, como imaginávamos que seria recorrente, o estudante demonstra ter algum conhecimento prévio sobre o assunto. Os conceitos de *atração* e *repulsão* magnética estão presentes, assim como o conhecimento do aparelho chamado *dinamo* e sua função como carregador de baterias.

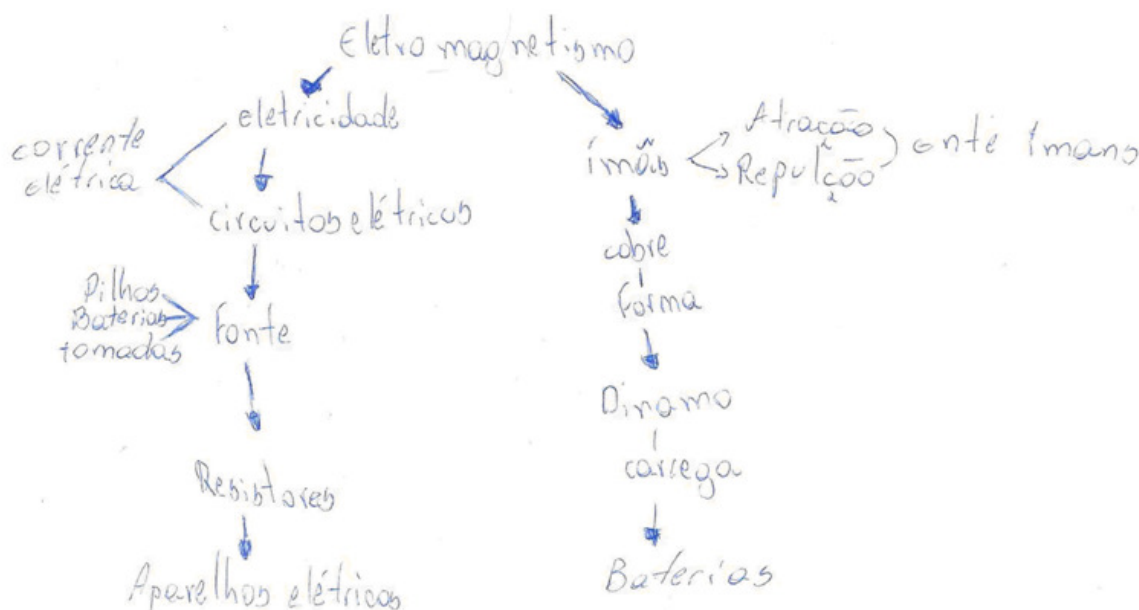


Figura 7.1.10 - Mapa conceitual do estudante 18

Em seu mapa, o aluno ignorou termos relacionados à eletrostática, mas fez boas associações entre eletricidade e conceitos da eletrodinâmica, como corrente elétrica e circuitos elétricos.

Os estudantes 09 e 10 trouxeram em seus mapas o conceito de *energia magnética*. Aparentemente essa forma de energia está relacionada aos conceitos de *atração* e *repulsão* magnéticas.



Figura 7.1.11 - Mapa de conceitos do estudante 09

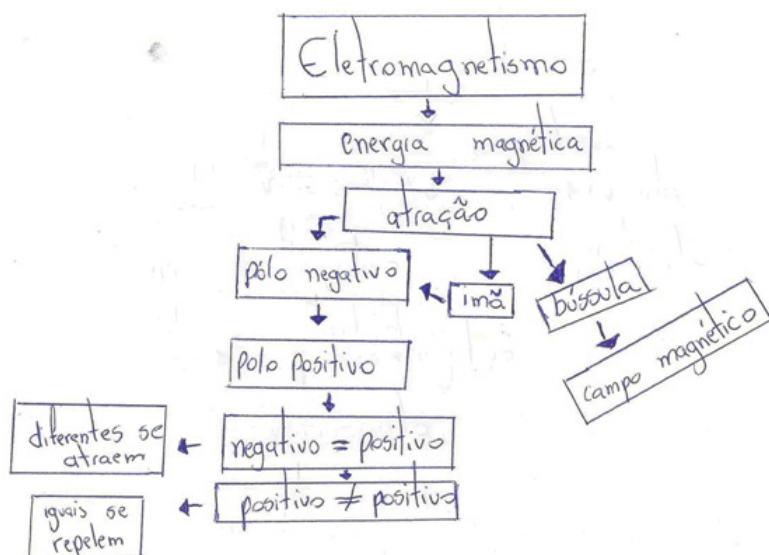


Figura 7.1.12 - Mapa conceitual do estudante 10

É curioso o fato de nenhum deles fazer referência direta ao conceito de eletricidade. Apareceram, entretanto, os conceitos de polos positivo e negativo (linguagem provavelmente oriundos dos estudos de eletrostática) e as idéias de repulsão de sinais iguais e atração de sinais diferentes, conhecimento que também aparece no mapa do estudante 13 (Figura 7.1.13).

O mapa do estudante 13 faz um paralelo entre *pilha* e *ímã*, o que dá a impressão de que na verdade estaria se referindo, respectivamente, à eletricidade e ao magnetismo, ou pelo menos aos fenômenos elétricos e magnéticos, representados pelos objetos escolhidos.

Conceitos que podem ser aproveitados para atribuir novos significados, além de ampliá-los e/ou modificá-los.

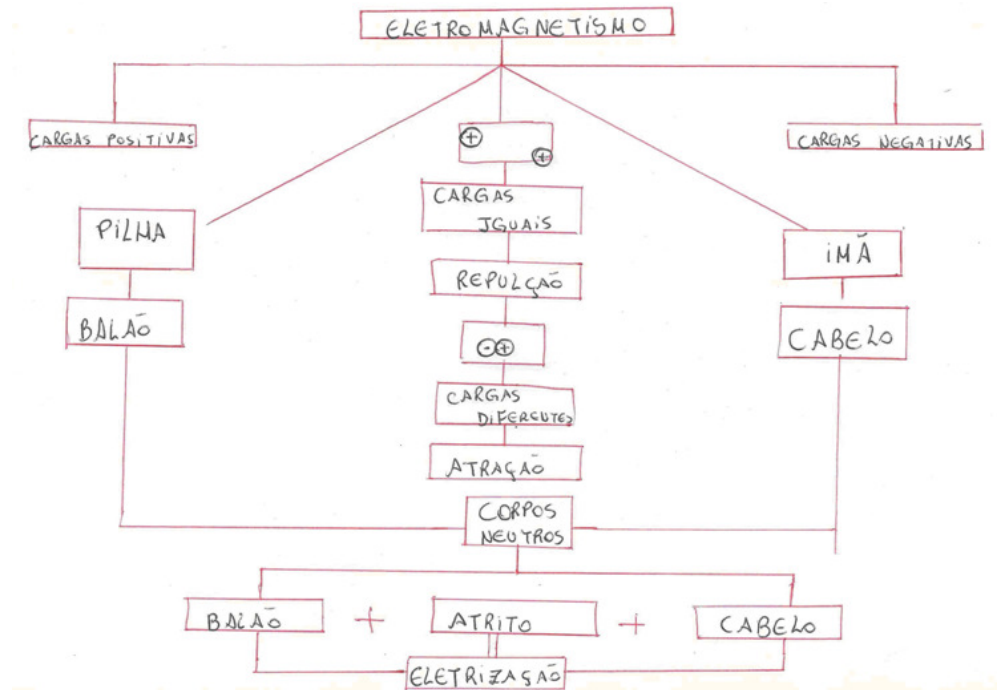


Figura 7.1.13 - Mapa conceitual do estudante 13

No mapa da aluna 11 (Figura 7.1.14), são trazidos conceitos de eletrostática, como o estado de eletrização de um corpo (neutro, positivamente e negativamente carregado), mas a relação direta com o termo *eletromagnetismo* é feita pela menção do *ímã*, e este, por sua vez está ligado com a atração provocada nos metais.

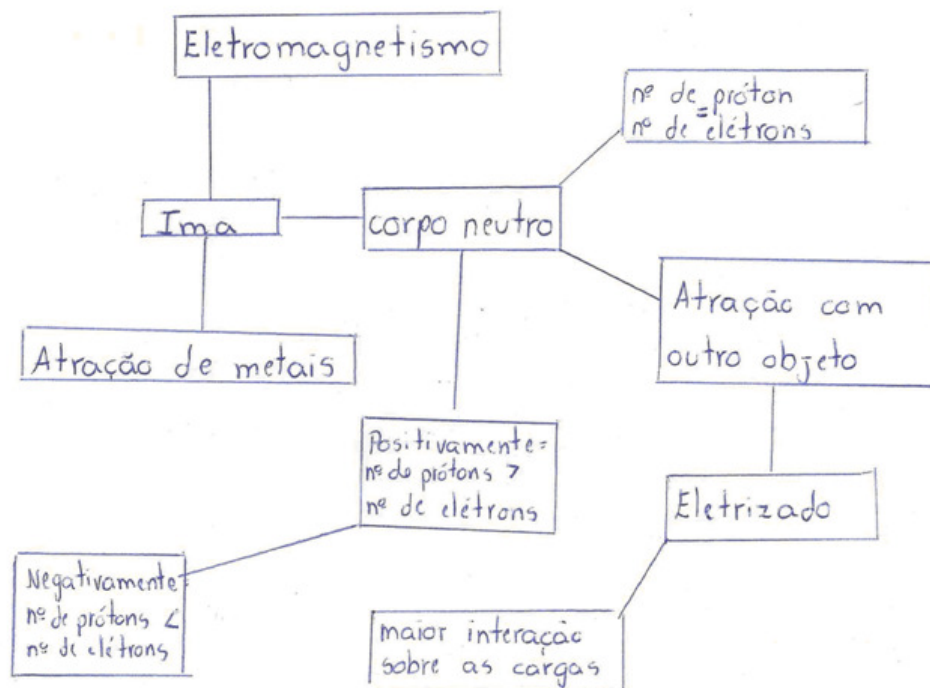


Figura 7.1.14 - Mapa de conceitos do estudante 11

Na elaboração de seu mapa, o estudante 14 (Figura 7.1.15) coloca como termo central a palavra *unidades*, o que não faz nenhum sentido. Seu mapa é uma reunião dos conceitos que ele buscou na memória e acabou registrando de forma pouco coerente.



Figura 7.1.15 - Mapa de conceitos do estudante 14

O aluno 15 é um estudante que foi transferido nos primeiros dias do mês de outubro e conforme relatou, não estava habituado a produzir mapas conceituais. Por esse motivo, ele teve grande dificuldade em relacionar os termos e se livrar da linearidade própria de uma lista de conceitos, como se verifica na figura 7.1.16.

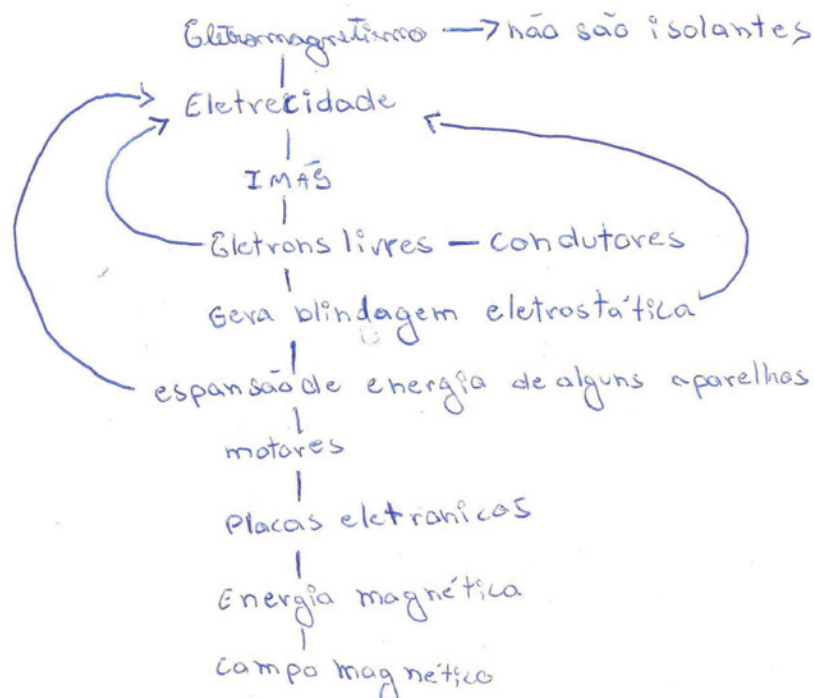


Figura 7.1.16 - Mapa conceitual do estudante 15

Os mapas dos alunos 16 e 17 diferem dos demais por trazerem o conceito de campo elétrico, algo inédito em comparação aos mapas de seus colegas (vide Figuras 7.1.17 e 7.1.18).

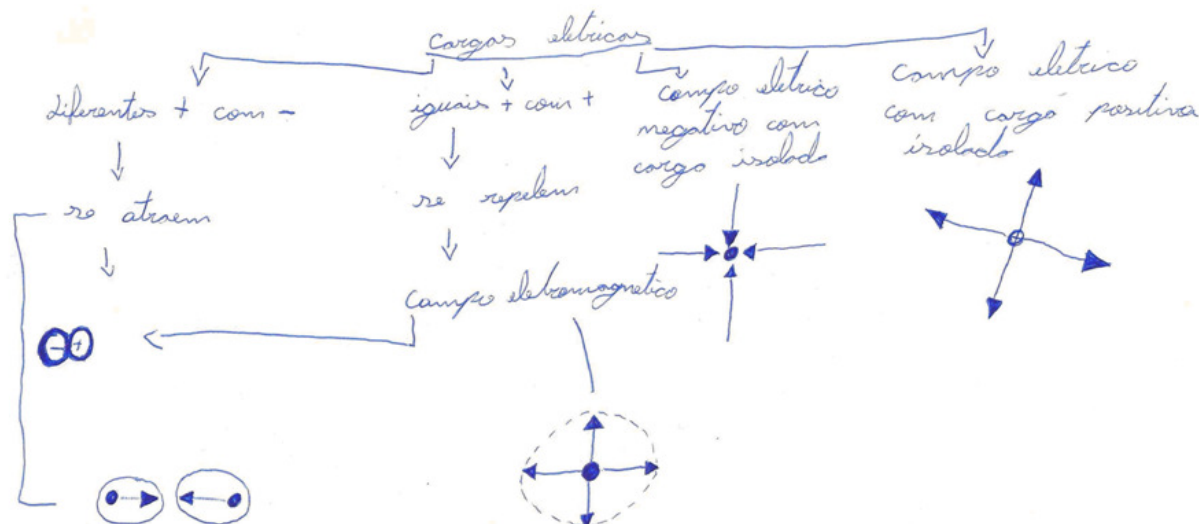


Figura 7.1.17 - Mapa conceitual do estudante 17

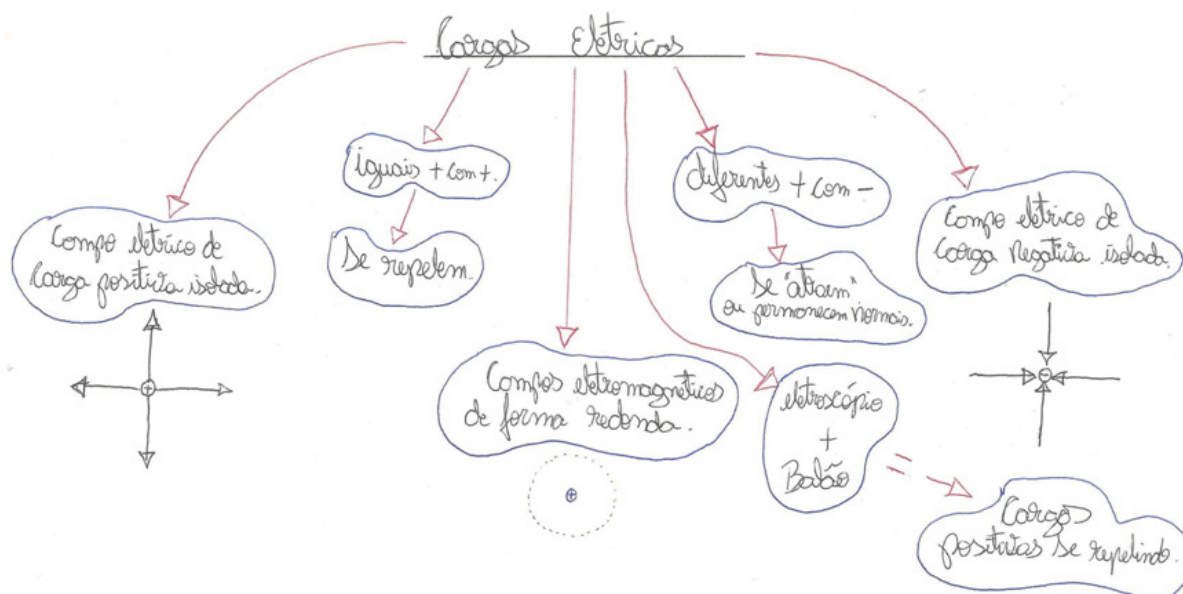


Figura 7.1.18 - Mapa de conceitos do estudante 16

Além disso, ambos os estudantes optaram por escolher o conceito de *cargas elétricas* como termo central, de onde partiram os conceitos de campo elétrico e atração/repulsão entre cargas. As semelhanças entre os mapas são inegáveis, deixando a impressão inclusive que um pode ter inspirado na elaboração do mapa do outro.

A análise desses trabalhos demonstra que nossa hipótese em relação aos conceitos mais recorrentes nesses mapas não condiz de forma consistente com aquilo que os estudantes

registraram nos mapas. Ou seja, não foram os termos *eletricidade* e *magnetismo* os que mais surgiram (ou foram acessados) no cognitivo desses aprendizes.

É possível concluir, de modo geral, que os estudantes têm mais conhecimento acerca dos fenômenos elétricos, sejam eletrostáticos ou eletrodinâmicos, do que de fenômenos magnéticos. Por essa razão é acertada a nossa decisão de propor na sequência uma atividade de investigação sobre fenômenos magnéticos.

Assim, a segunda aula foi pensada como um organizador prévio sobre o magnetismo, de modo que os estudantes desenvolvessem pra si conceitos e atribuíssem novos significados aos fenômenos magnéticos que observaram, para que estes pudessem ser acessados e reutilizados no futuro.

7.2 Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã

Essa atividade experimental inaugura a sequência de aulas propostas e foi, para alguns estudantes, a primeira vez que observaram com atenção a interação entre ímãs e puderam então reconhecer os fenômenos de atração e repulsão magnética. Ao mapearem os campos magnéticos terrestre e de um ímã, visualizaram suas configurações e propriedades.

7.2.1 Turma 3^a06 EMI

Os estudantes se organizaram em equipes para realizar a atividade proposta. Sugeriu-se que eles realizassem a experimentação em duplas.

Nos primeiros momentos da aula os estudantes observaram como os dois ímãs fornecidos pelo professor interagiam. No roteiro experimental fornecido (Apêndice - Produto Educacional, p. 172), os mesmos registraram essas observações:

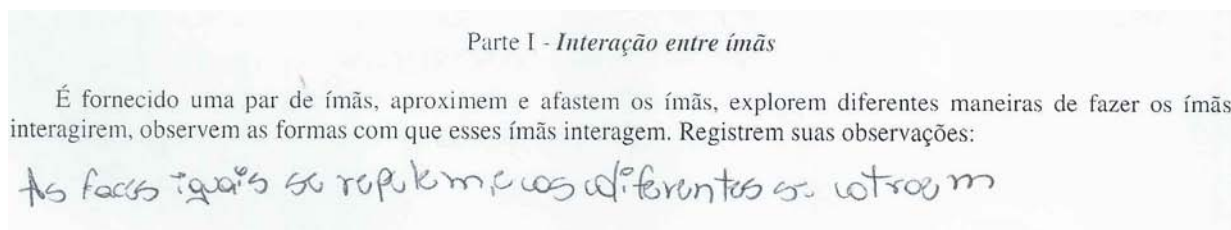


Figura 7.2.1 - Resposta dos estudantes 02 e 08 (Parte I do roteiro)

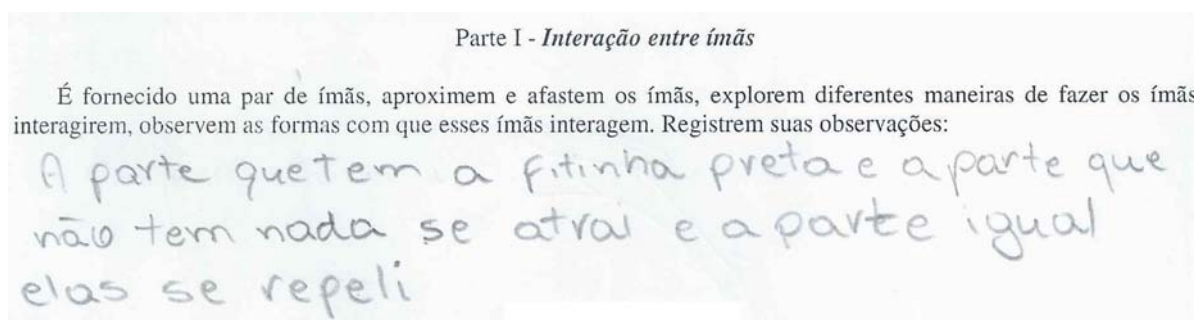


Figura 7.2.2 - Resposta dos estudantes 01 e 04 (Parte I do roteiro)

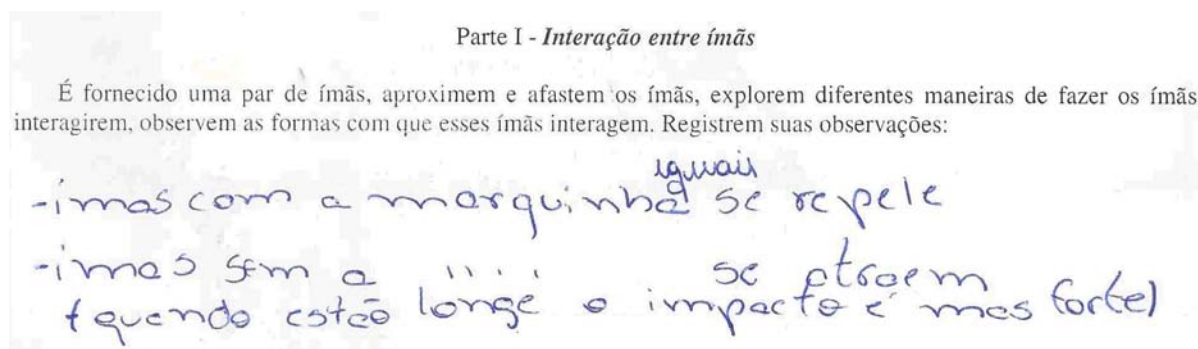


Figura 7.2.3 - Resposta dos estudantes 03 e 07 (Parte I do roteiro)

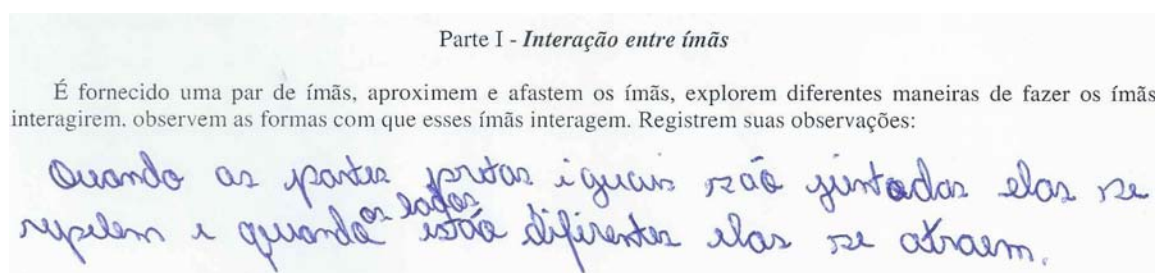


Figura 7.2.4 - Resposta dos estudantes 05 e 06 (Parte I do roteiro)

Os ímãs haviam sido preparados pelo professor previamente, de modo que, uma das faces foi marcada e a outra não. Inicialmente, a informação de qual das faces foi marcada (o norte do ímã) foi omitida para não se inserir informações extras e não importantes nessa fase da experimentação.

O que podemos verificar nas respostas dos estudantes, a despeito dos vários erros de português, é que basicamente todos concluíram que a interação entre ímãs é atrativa ou repulsiva. Sendo repulsiva quando se aproximam as faces iguais de dois ímãs e atrativa quando se aproximam faces diferentes.

Antes de seguirem para a segunda parte da atividade, o professor registrou essas ideias no quadro, inserindo outra observação que a maioria dos estudantes fez, mas não chegou a registrar, de que a interação é mais intensa quanto mais próximos estão os ímãs e menos intensa quanto mais afastados.

Além disso, o professor explicou nessa etapa de discussão, o propósito da marcação feita em uma das faces dos ímãs, comentando que os ímãs possuem dois polos inseparáveis, que historicamente foram chamados de norte e sul, e no caso, a face com a tira de fita isolante equivale ao polo chamado norte e a outra face ao polo sul do ímã.

Na segunda parte da atividade, depois de feitas as observações sobre a interação magnética entre ímãs e definidos os polos norte e sul, o professor forneceu aos estudantes uma mini bússola e mais 4 ímãs (para, combinados aos outros 2 ímãs formar um único ímã de

maior intensidade magnética). Não demorou para que os estudantes percebessem que a agulha bússola interagiu com o ímã, o que poderia indicar uma natureza magnética da bússola.

As duas primeiras perguntas dessa parte II foram pensadas para que os estudantes chegassem, pela observação e reflexão, na conclusão de que a agulha de uma bússola se comporta como um ímã, sendo atraída por uma das faces do ímã e repelida pela outra. O professor atuou como o mediador, ao oferecer o material que favoreceu as descobertas e, eventualmente, conduzir os alunos às conclusões esperadas.

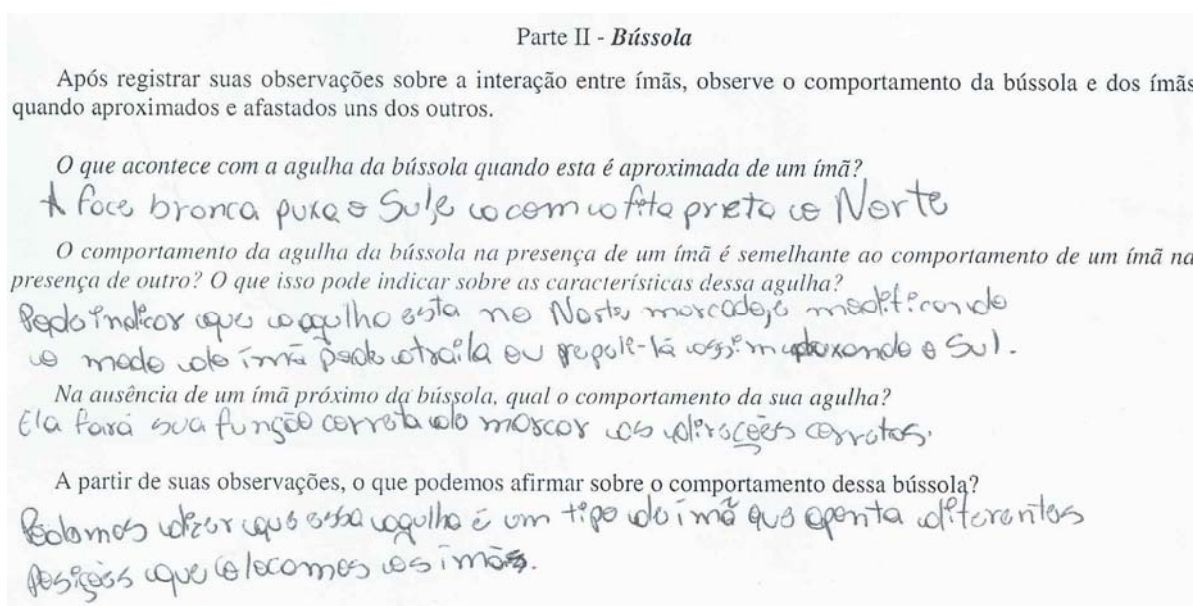


Figura 7.2.5 - Respostas dos estudantes 02 e 08 (Parte II do roteiro)

As respostas dos estudantes 02 e 08 (Figura) revelam algum conhecimento prévio sobre o funcionamento de uma bússola. Quando questionados sobre o comportamento da agulha da bússola na ausência de um ímã a resposta “Ela fará sua função correta de marcar as direções corretas” revela que os estudantes já sabem que as bússolas têm a função de determinar uma “direção correta”. Ainda que de forma não muito precisa existe um conhecimento prévio desses alunos da função de uma bússola.

A resposta dos alunos à pergunta final dessa parte: “Podemos dizer que essa agulha é um tipo de ímã (...)” confirma a conclusão esperada. Da mesma forma, a resposta dos demais estudantes para a mesma pergunta, indicaram que eles também chegaram à mesma conclusão: em última análise uma bússola se comporta como um ímã.

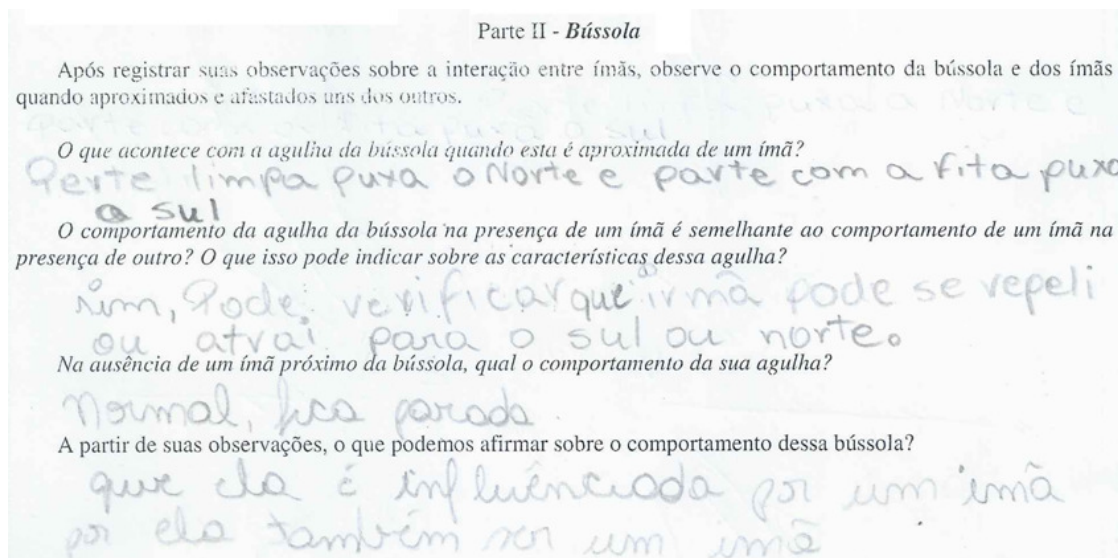


Figura 7.2.6 - Respostas dos estudantes 01 e 04 (Parte II do roteiro)

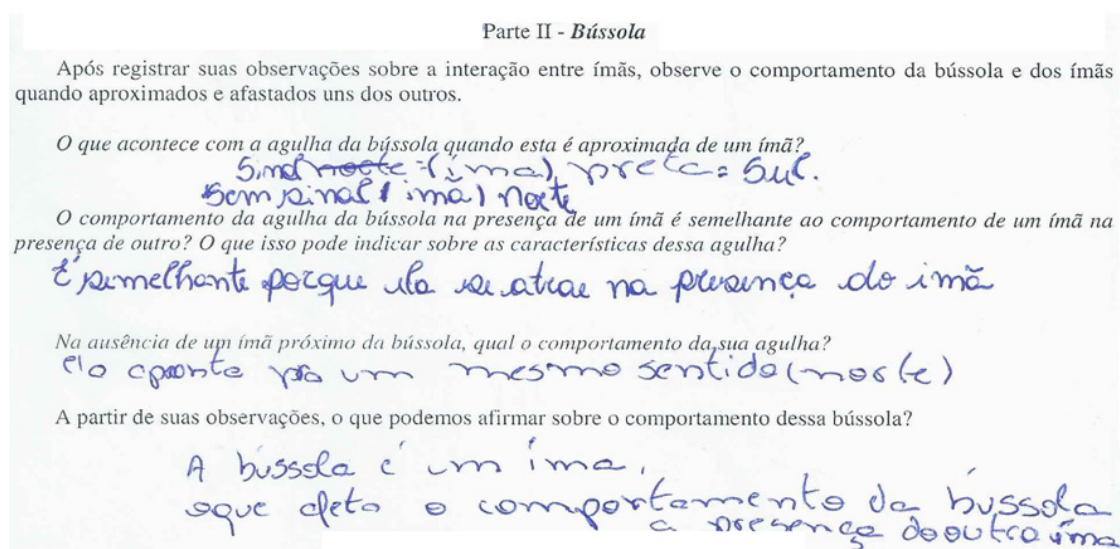


Figura 7.2.7 - Respostas dos estudantes 03 e 07 (Parte II do roteiro)

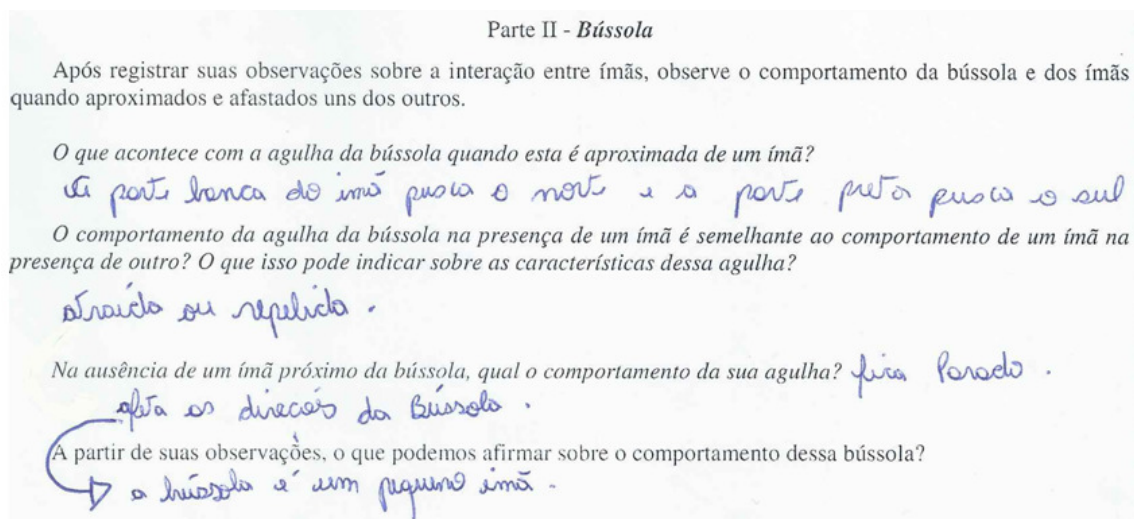


Figura 7.2.8 - Resposta dos estudantes 05 e 06 (Parte II do roteiro)

Uma vez que os estudantes reconheceram a bússola como um ímã, foi perguntado a eles: *Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?*

Após breve discussão, foi pedido para que os alunos afastassem o ímã da bússola para observar seu comportamento. O professor sugeriu então que os estudantes girassem a bússola na tentativa de desfazer o alinhamento da agulha, por exemplo, fazendo o norte da bússola apontar para uma direção aleatória. A conclusão a que os estudantes chegaram foi que na ausência da influência magnética do ímã, a agulha da bússola sempre aponta em uma direção específica.

O professor questionou o que isso poderia indicar, e sugeriu a existência de um outro ímã que forçasse esse alinhamento. Foi proposta a ideia de que a Terra pode ser um ímã, isso explicaria o comportamento da bússola. O professor propôs então o conceito de campo magnético, fazendo alusão ao campo elétrico, conceito já trabalhado previamente e que nesse momento foi resgatado e reaproveitado no contexto do magnetismo.

Na parte III, propôs-se o mapeamento do campo magnético terrestre, os resultados registrados nas figuras 7.2.9, 7.2.10, 7.2.11 e 7.2.12 indicam que se trata de um campo "aparentemente constante", cujas linhas de força são paralelas entre si. Nesse momento, o professor destacou que a utilização correta de uma bússola nesse campo magnético possibilitou as grandes navegações, e conseqüente, por exemplo, o descobrimento do Brasil, destacando como o conhecimento científico aliado a tecnologia se fizeram presentes ao longo dos mais importantes eventos histórico-sociais.

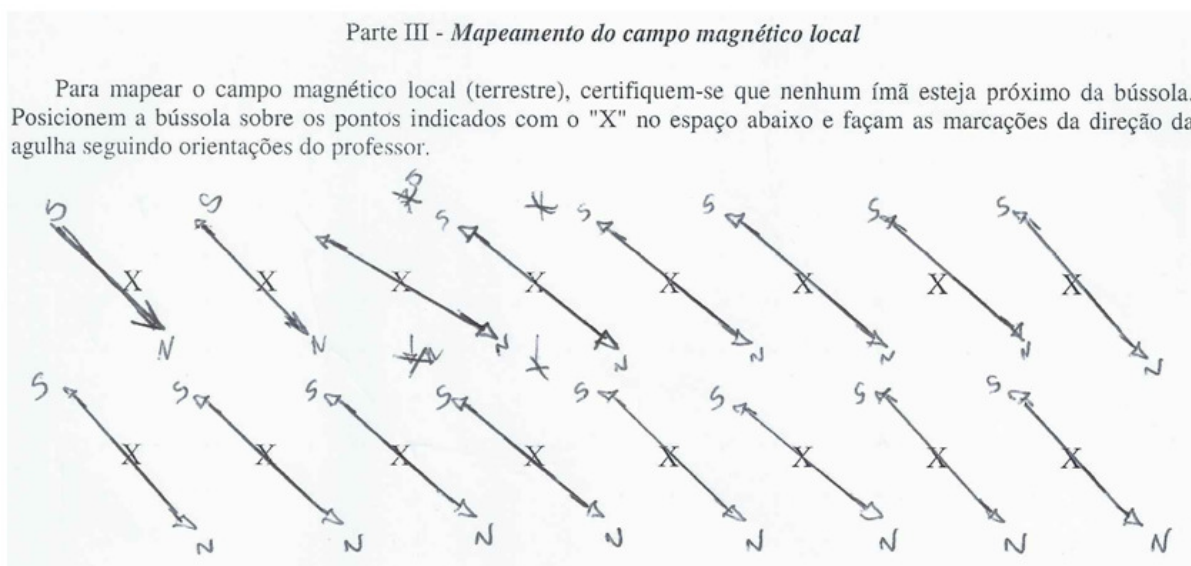


Figura 7.2.9 - Mapeamento do campo local feito pelos estudantes 02 e 08 (Parte III do roteiro)

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.



Figura 7.2.10 - Mapeamento do campo local feito pelos estudantes 01 e 04 (Parte III do roteiro)

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

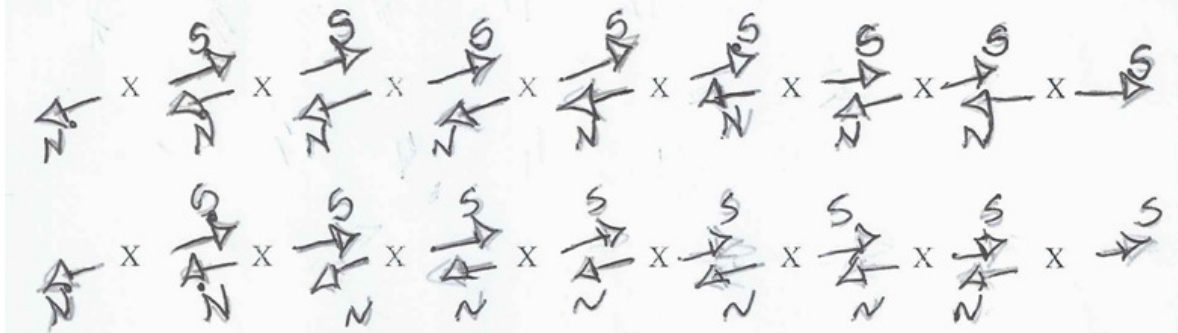


Figura 7.2.11 - Mapeamento do campo local feito pelos estudantes 03 e 07 (Parte III do roteiro)

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

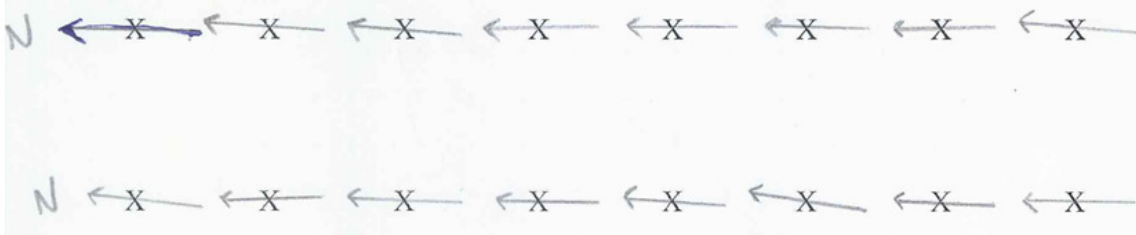


Figura 7.2.12 - Mapeamento do campo local feito pelos estudantes 05 e 06 (Parte III do roteiro)

Os resultados obtidos pelos estudantes para o mapeamento do campo magnético terrestre foram aparentemente “diferentes”, o que causou estranheza para eles num primeiro momento. Naturalmente questionaram o professor para saber qual dos mapeamentos estava correto.

O professor solicitou que os estudantes posicionassem novamente as bússolas sobre as marcações e observassem para onde o norte da bússola apontava. Em todos os casos o norte indicou a mesma direção, as diferenças apareceram somente porque os roteiros (as folhas) estavam girados em relação aos pontos cardeais. Para evitar essa situação o roteiro poderia ter sido colocado em uma determinada posição, entretanto, acreditamos que a experimentação não deve ser totalmente engessada para evitar desvios nos resultados, além disso, o “erro aparente” serviu para fomentar a discussão sobre as observações.

Na quarta parte dessa atividade, foi proposto a verificação do efeito local de um ímã, ou seja: um ímã alteraria o alinhamento da bússola devido ao campo magnético terrestre?

Para tal, o roteiro sugere que os estudantes utilizem o espaço reservado para posicionar a bússola e o ímã, em seguida foram orientados a colocar e retirar o ímã de uma posição pré-definida (vide Figura 7.2.13), registrando-se as observações e respondendo a duas perguntas. As figuras 7.2.13, 7.2.14, 7.2.15 e 7.2.16 trazem as respostas dos estudantes.

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

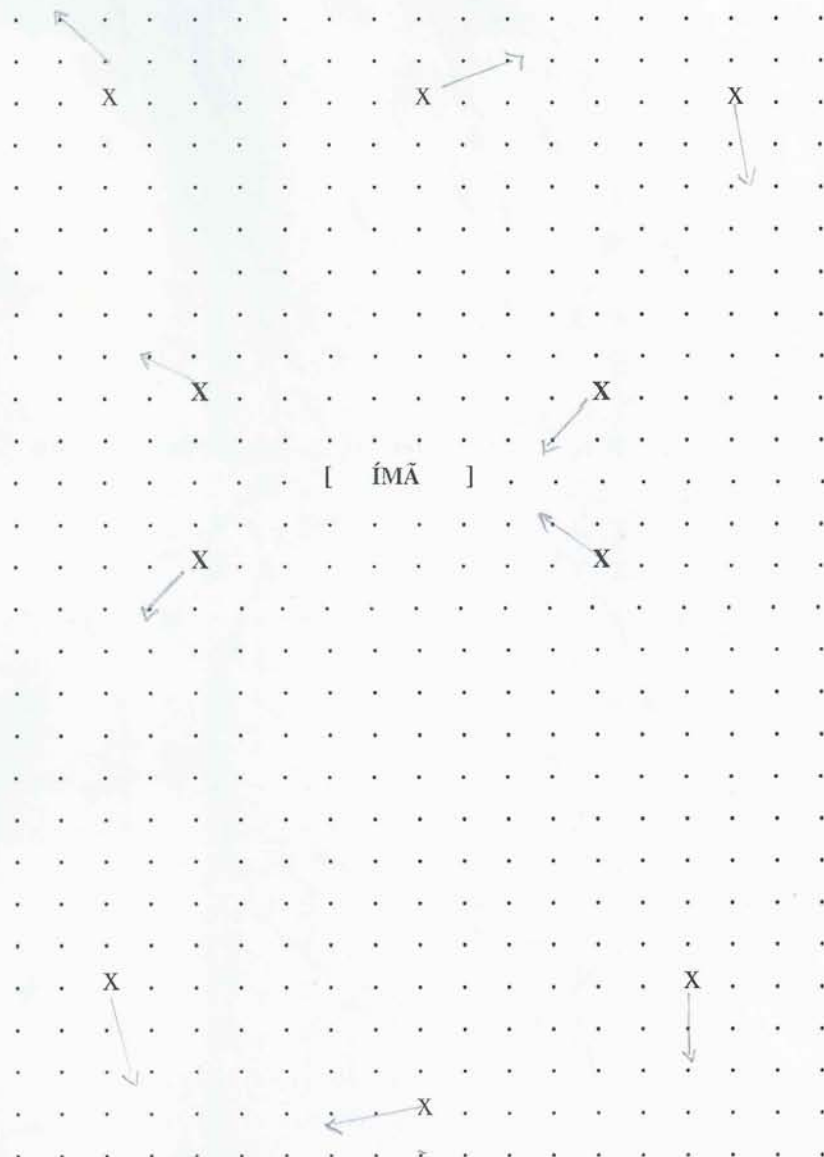
Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

interfere na direção da bússola

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim



Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.13 - Respostas dos estudantes 05 e 06 (Parte IV)

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

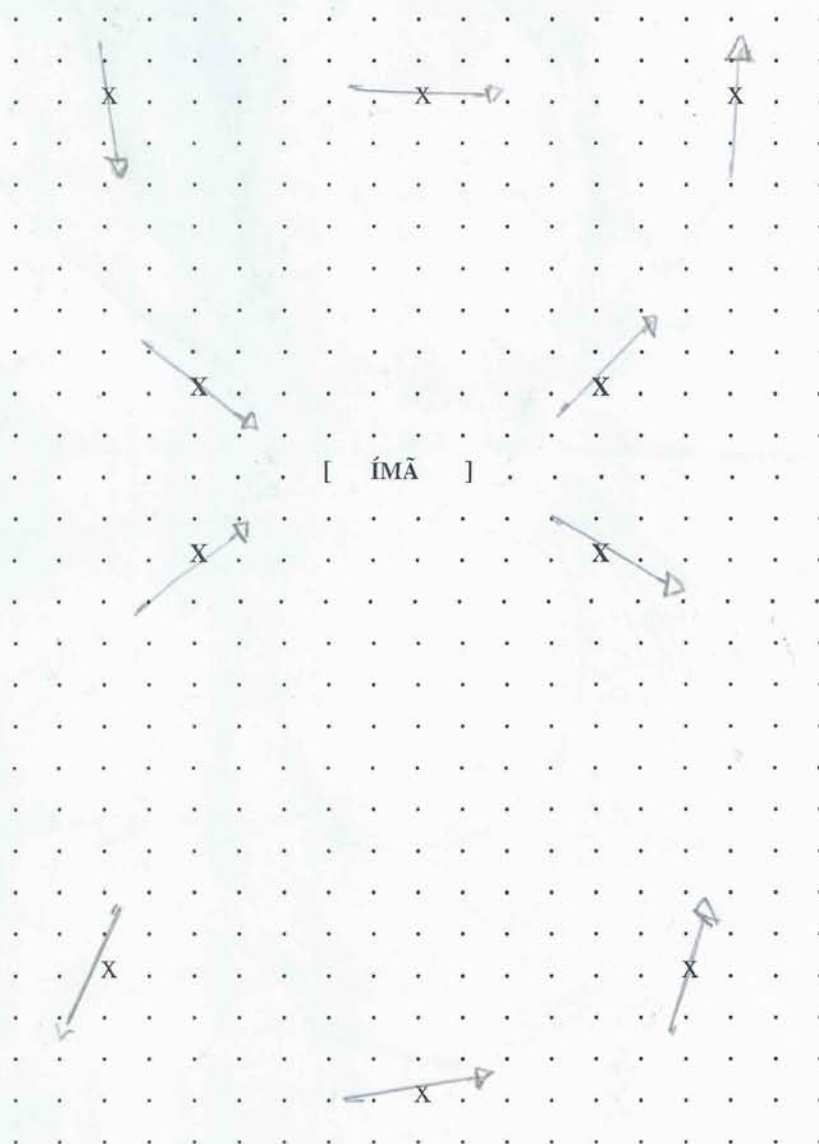
Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

Interfere na direção do campo

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim



Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.14 - Respostas dos estudantes 01 e 04 (Parte IV)

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

Ele interfere a direção da agulha

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim, ele muda a posição da bússola, alterando o seu alinhamento

Figura 7.2.15 - Respostas das alunas 03 e 07

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

O ímã atrai ou repele com os diferentes polos Sul ou Norte

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim

Figura 7.2.16 - Respostas dos estudantes 02 e 08 (Parte IV)

Como podemos verificar, todos os estudantes chegaram praticamente às mesmas conclusões, qual seja: o ímã interfere na orientação da agulha e, portanto, ele está alterando as propriedades magnéticas do seu entorno.

Na sequência, o roteiro solicita que os estudantes façam o mapeamento do campo magnético do ímã fornecido (6 ímãs associados). As figuras 7.2.17, 7.2.18, 7.2.19 e 7.2.20 registram os resultados obtidos.

Os mapeamentos mais completos foram feitos pelas duplas formadas pelos estudantes 01 e 04, e 05 e 06. Nas figuras (7.2.18 e 7.2.20) é possível ter uma visão geral das linhas de campo magnético, mostrando que elas saem de um polo e terminam no outro. Entretanto, em ambos os mapeamentos existem problemas com relação a marcação do sentido das linhas.

O professor orientou que os estudantes marcassem o sentido das linhas em concordância com o norte da agulha da bússola, mas algumas marcações das linhas estão comprometidas, pois do mesmo polo existem linhas saindo e entrando, o que não faz sentido. Já nos mapeamentos das outras duas duplas o sentido das linhas de campo foram traçados corretamente (de um polo somente linhas saindo e do outro chegando), entretanto, completaram parcialmente seus mapeamentos, como se verifica nas figuras 7.2.17 e 7.2.19.

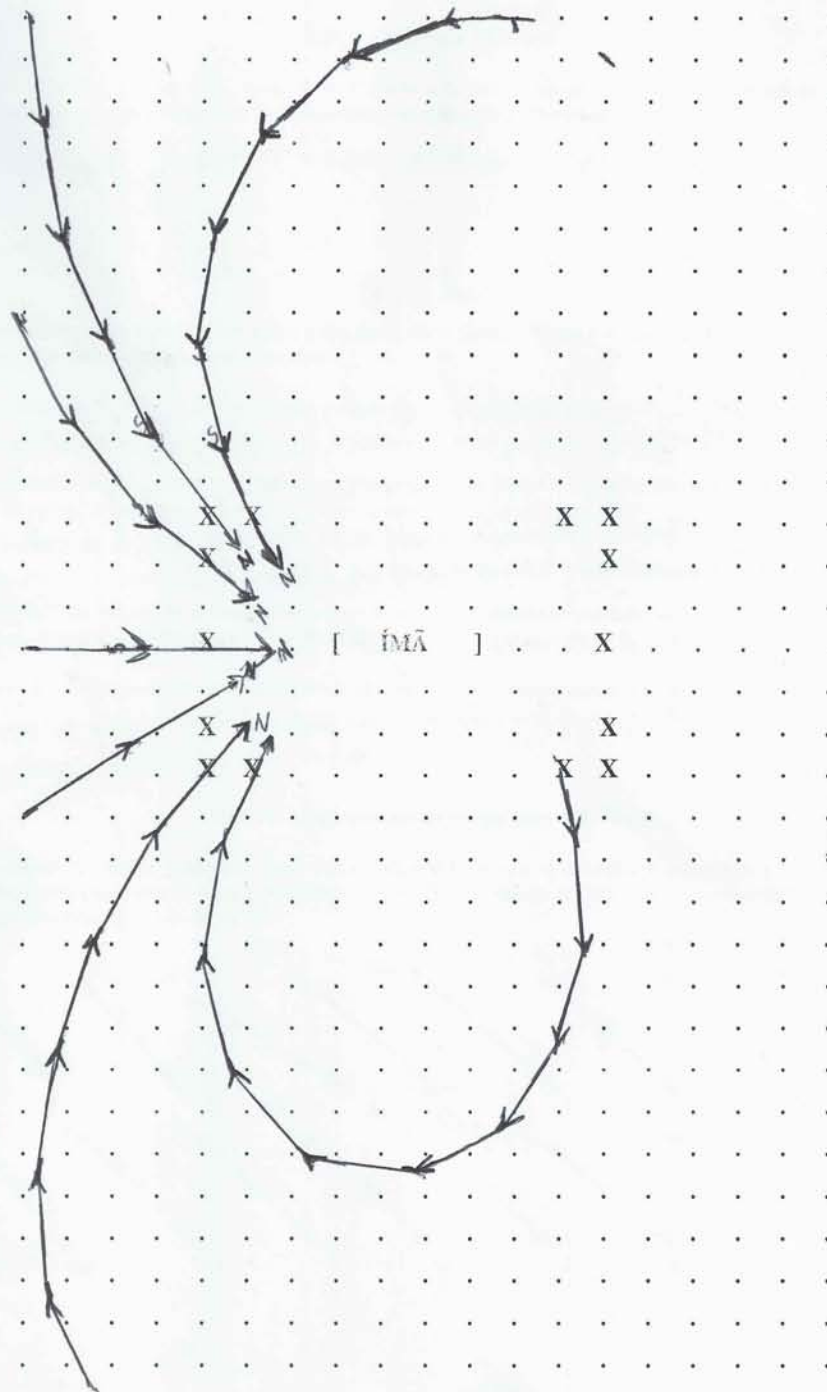
Na síntese integradora o professor discutiu a ideia de considerar a agulha da bússola como um tipo de vetor tangente a linha de campo magnético produzido pelo ímã. Mais tarde essa idéia será recuperada para se definir o conceito de *vetor indução magnética*.

Para finalizar essa aula, exibiu-se um vídeo, no qual se apresenta um experimento similar, que permite a visualização tridimensional (3D) do campo magnético de ímãs em forma de barra e ferradura. A visualização desse vídeo provocou, imediatamente, uma reação de esclarecimento e favoreceu a interpretação do desenho das linhas de campo que os estudantes tinham acabado de obter experimentalmente.

De um modo geral, esta atividade permitiu aos estudantes da 3ª06 EMI observarem a interação entre ímãs (atração e repulsão magnética), mapear os campos magnéticos terrestre e dos ímãs fornecido e visualizar suas configurações de campo e propriedades magnéticas, alcançando-se assim os objetivos gerais da aula.

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.

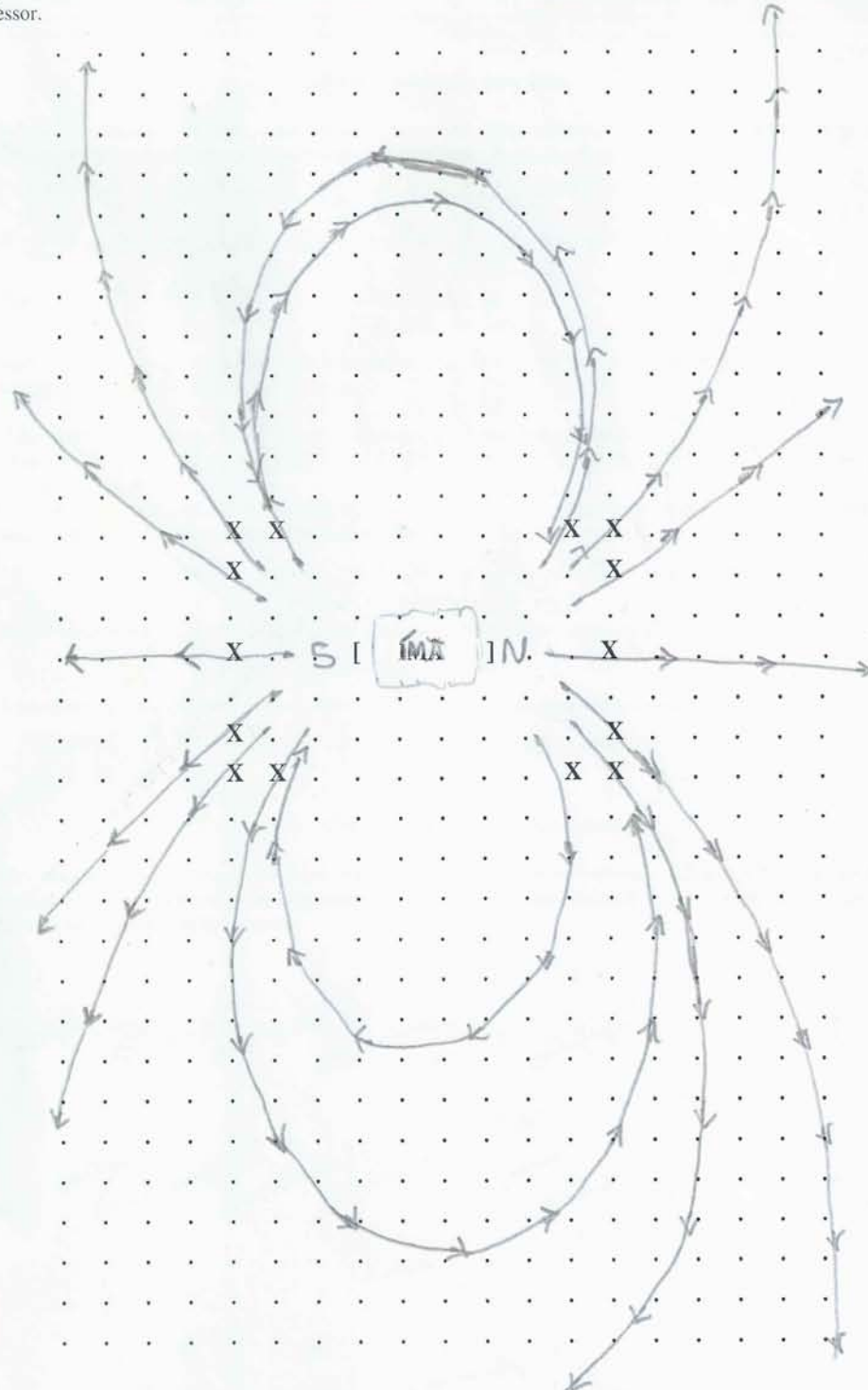


Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.17 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pelos estudantes 02 e 08 (Parte V)

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.

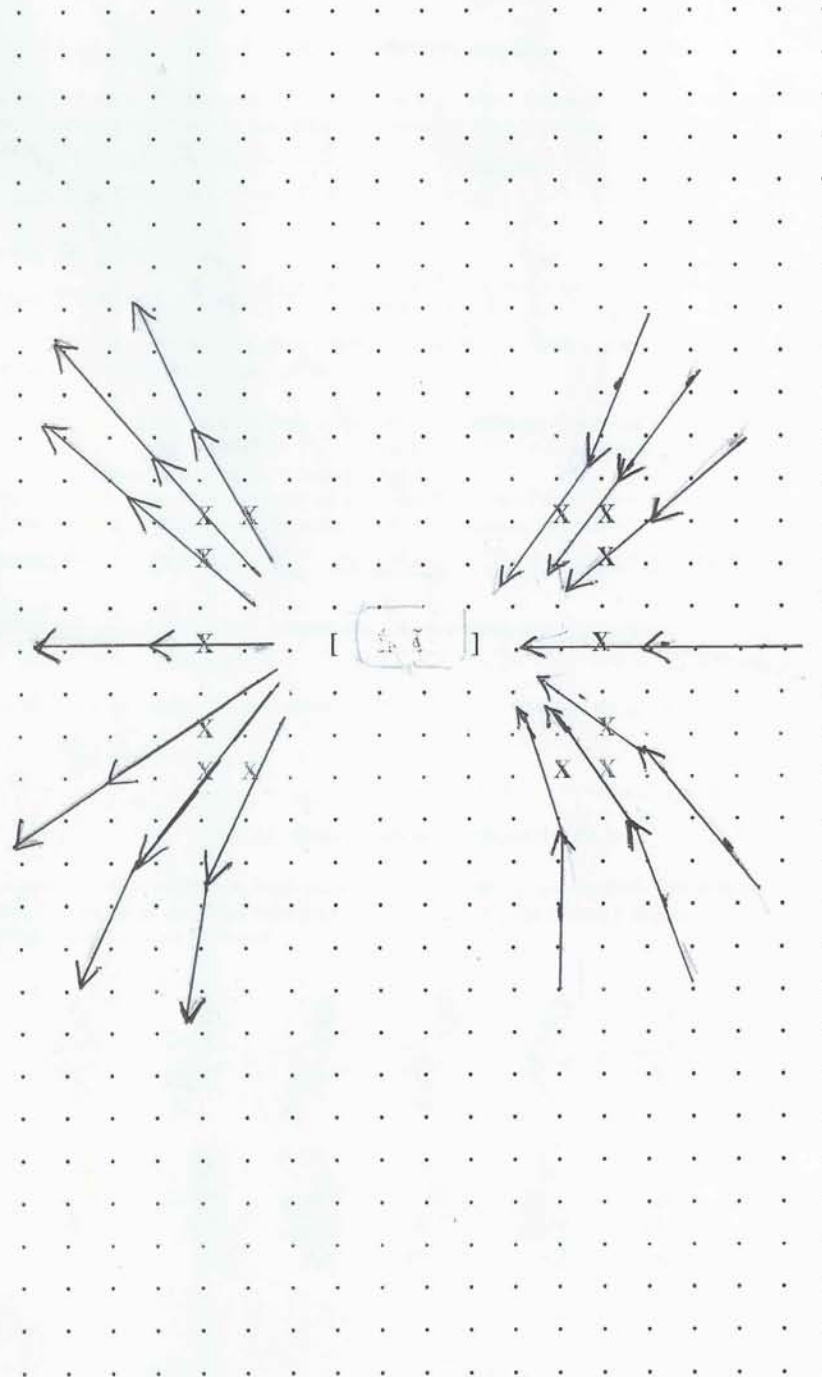


Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.18 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pelos estudantes 01 e 04 (Parte V)

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.

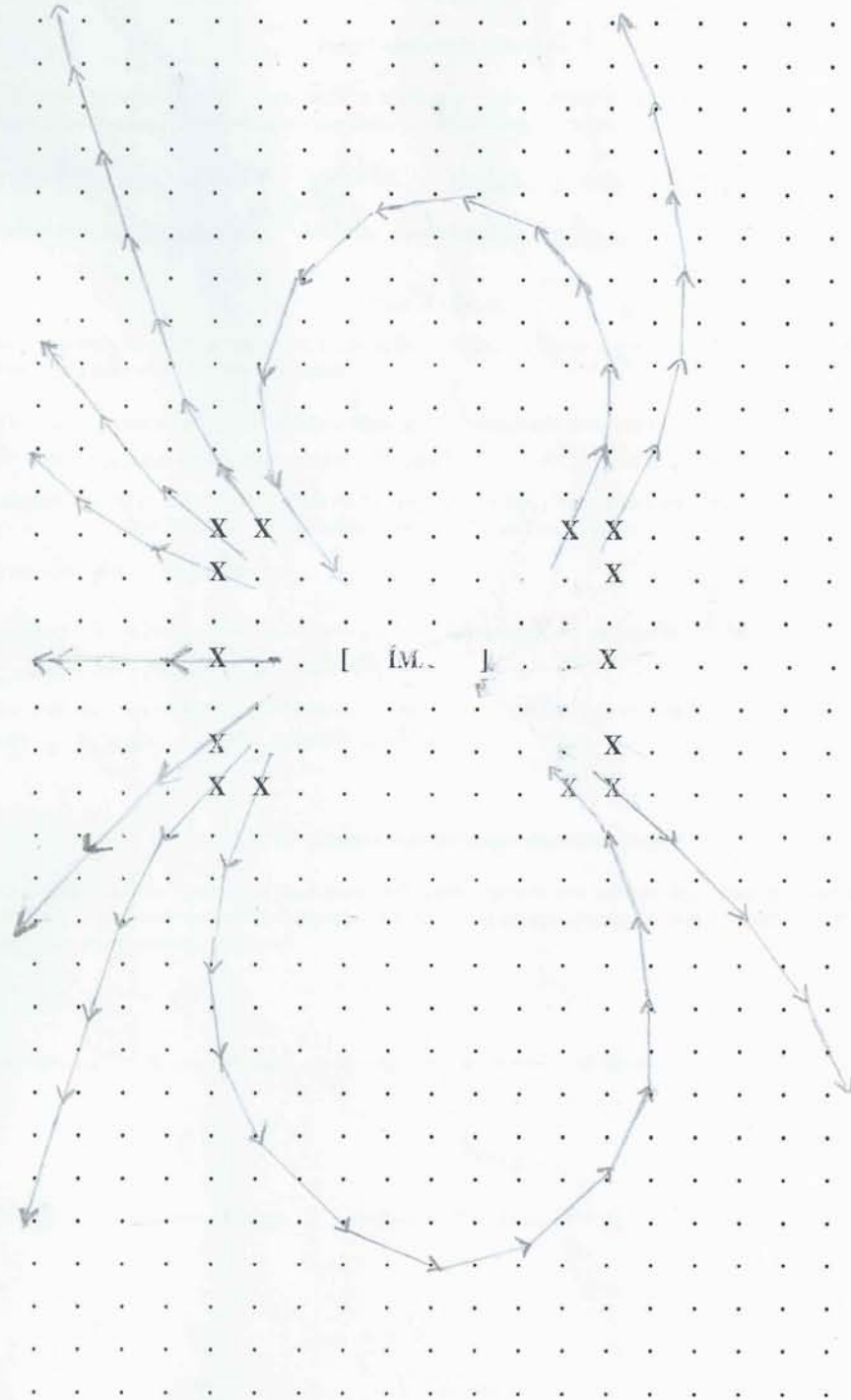


Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.19 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pelos estudantes 03 e 07 (Parte V)

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.



Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.20 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pelos estudantes 05 e 06 (Parte V)

7.2.2 Turma 3ª07 EMR

Da mesma forma, tal como os estudantes da turma do período integral, os alunos do curso noturno se organizaram em quatro equipes (com média de oito alunos por equipe) para realizar a atividade proposta.

Na primeira parte da atividade experimental, os estudantes observaram como os dois ímãs fornecidos pelo professor interagiram. Entretanto, somente a equipe 02, composta pelos estudantes 15, 16 e 17 registrou suas observações, as demais equipes não responderam ao questionário da parte I do roteiro, aparentemente por desatenção.

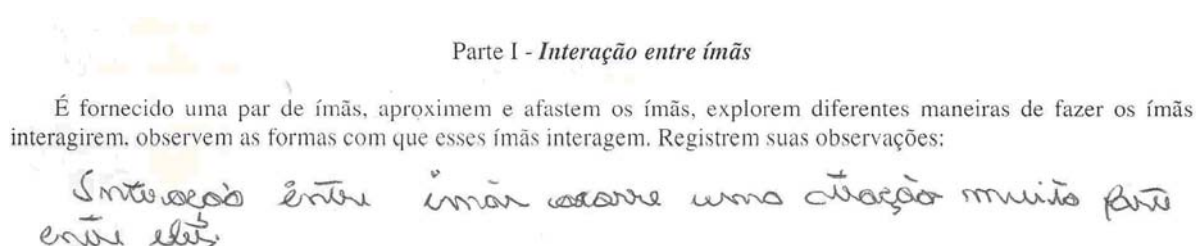


Figura 7.2.21 - Resposta da Equipe 02

Na parte II da atividade, o professor forneceu aos estudantes uma mini bússola e seis pequenos ímãs (os quais ao serem associados formassem um único ímã bastante intenso). Semelhante ao que se observou na aula com a turma anteriormente descrita, os estudantes perceberem que a agulha bússola interagiu com o ímã.

A equipe 01 foi composta, entre outros, pelos estudantes 09, 10, 11, 12 e 13. As respostas dessa equipe revelam algum conhecimento prévio sobre magnetismo. Os alunos da equipe, logo na segunda pergunta deixaram evidente a idéia de que uma bússola possui as propriedades de um ímã.

A resposta da terceira pergunta, de que a agulha da bússola se alinha devido ao campo magnético da Terra, mostra que os conceitos de pólo magnético e magnetismo terrestre já estavam presentes em seus conhecimentos prévios.

Parte II - Bússola

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

1. O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?

R: Ela é atraída ou repelida por ele

2. O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?

R: É semelhante. Isso indica que a agulha da bússola é um ímã.

3. Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?

Aponta para o pólo magnético da Terra

4. A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

R: Que seu norte varia de acordo com a posição do ímã ou a ausência dele.

Figura 7.2.22 - Respostas da Equipe 01 aos questionamentos da parte II

A equipe 02 trás em sua primeira resposta o conceito de campo magnético (Figura 7.2.23), quando afirma que a agulha da bússola é atraída ou repelida pelo campo magnético (supostamente do ímã), isso revela algum conhecimento preexistente em seus cognitivos sobre o fenômeno observado.

Parte II - Bússola

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?

Ela é atraída ou repelida pelo campo magnético

O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?

Relatividade em repulso ou ferro de movimento é o mesmo

Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?

Aponta para o mesmo direção

A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

Ela age pelo polo magnético

Figura 7.2.23 - Respostas da Equipe 02 aos questionamentos da parte II

Na equipe três, dos quatro estudantes que a compuseram, somente o estudante 14 participou de todas as aulas e foi avaliado.

Essa equipe demonstra algum conhecimento prévio sobre a natureza magnética da bússola, respondem “Sim, pois ambos são magnéticos, são atraídos entre si” (Figura 7.2.24), quando perguntados sobre a semelhança do comportamento de um ímã e de uma bússola na presença de outro ímã.

Parte II - Bússola

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?

ela muda a direção

O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?

sim, pois ambos são magnéticos, são atraídos entre si.

Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?

ela permanece em repouso

A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

Figura 7.2.24 - Respostas da Equipe 03 aos questionamentos da parte II

Na equipe quatro, também tivemos apenas um estudante analisado, o estudante 18. Essa equipe teve maior dificuldade em expressar suas observações, sendo que algumas respostas foram difíceis de serem interpretadas. Diferentemente de todas as outras equipes, esta considerou que os comportamentos da bússola e do ímã, quando próximos de outro ímã, não são semelhantes (vide Figura 7.2.25).

Parte II - Bússola

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?

ela move-se, e mostra o lado norte (sul do ímã)

O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?

não, pois se juntar o ímã a bússola ela vai repelir e indo para o norte, se os ímãs, conforme o lado, pode repelir e se juntar.

Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?

A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

ela vai indicar o sul do ímã e o norte da bússola

Figura 7.2.25 - Respostas da Equipe 04 aos questionamentos da parte II

As respostas dos alunos às perguntas da parte II do roteiro experimental indicam alguns problemas em relação às observações experimentais. O esperado seria de que todos os alunos concluíssem que a bússola é um ímã. Entretanto, isso só ocorreu claramente com a equipe 01. Uma possível explicação para o ocorrido está no fato das equipes terem ficado

muito numerosas, o que limitou a experimentação de cada estudante, diminuindo as chances de discussões e conclusões entre os aprendizes e, portanto, a eficácia das atividades propostas.

Antes de prosseguirem a atividade experimental, o professor questionou os resultados dos estudantes, e aproveitou o fato da equipe 01 ter chegado naquilo que era esperado: reconhecer que a agulha de uma bússola possui fundamentalmente o comportamento de um ímã e, portanto, outro ímã interage com ela.

Mediada essa conclusão, questionou-se: *Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?*

Assim como ocorreu com a outra turma, após alguma discussão, foi orientado aos estudantes seguirem para a terceira parte do roteiro. Nesse momento propôs-se o mapeamento do campo magnético terrestre.

Os resultados foram bem consistentes, não foi difícil notar que na ausência da influência de um ímã, as bússolas sempre apontaram em uma única direção. A equipe 01 já havia adiantado esse resultado na parte II do roteiro quando responderam que a bússola, na ausência de um ímã próximo, “aponta para o pólo magnético da Terra”. Entretanto, a resposta estava incompleta, pois não se menciona explicitamente a existência de dois pólos magnéticos.

O professor apresenta brevemente a idéia de do inglês William Gilbert publicada no ano de 1600. A partir de suas experiências com uma pequena esfera magnetizada usada como modelo para representar a Terra, Gilbert conclui que esta deveria ter um comportamento magnético, equivalente a um grande ímã. Esse era o motivo pelo qual as bússolas apontam para o norte geográfico do planeta. Discutiui-se também o formato das linhas de força, paralelas entre si, característica de um campo aparentemente “constante”, dadas as dimensões de nosso planeta. As figuras 7.2.26, 7.2.27, 7.2.28 e 7.2.29 retratam o mapeamento obtido pelos estudantes.

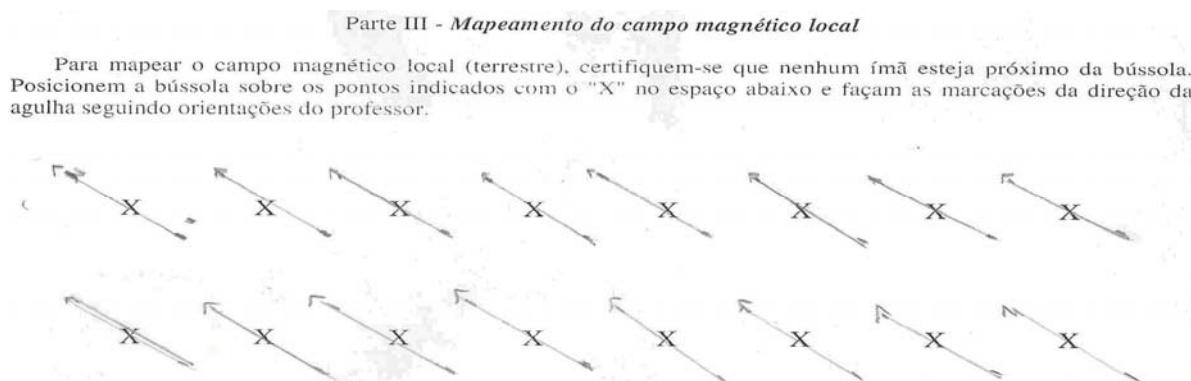


Figura 7.2.26 - Mapeamento do campo magnético local feito pela Equipe 01

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

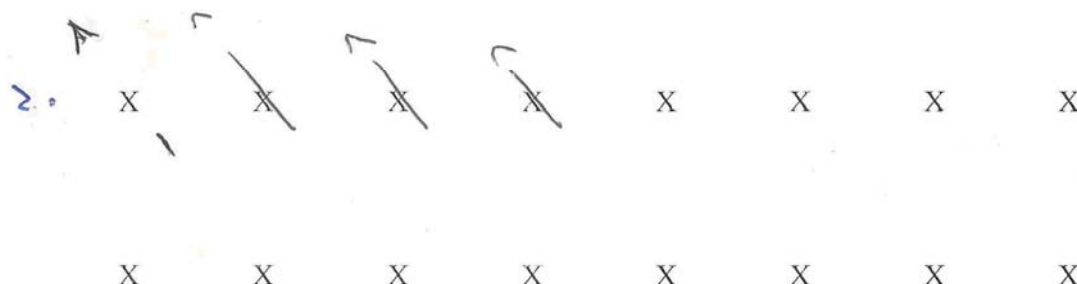


Figura 7.2.27 - Mapeamento do campo magnético local feito pela Equipe 02

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

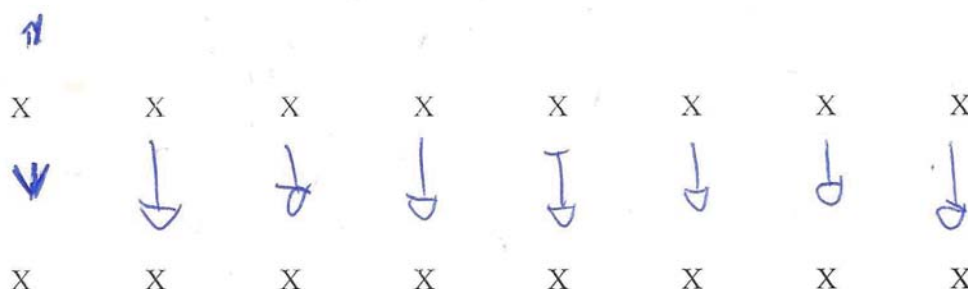


Figura 7.2.28 - Mapeamento do campo magnético local feito pela Equipe 03

Parte III - Mapeamento do campo magnético local

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

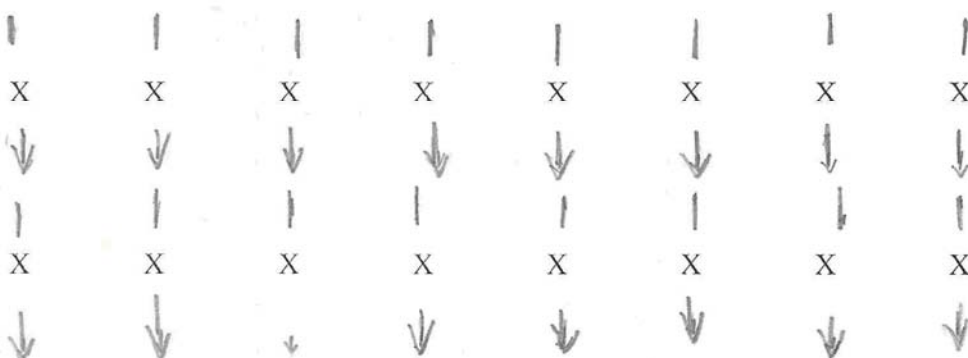


Figura 7.2.29 - Mapeamento do campo magnético local feito pela Equipe 04

O próximo passo foi o de verificar os possíveis efeitos de um ímã sobre o campo magnético terrestre. Os estudantes então seguiram o roteiro registrando as observações e respondendo a duas perguntas, cujos resultados são apresentados a seguir.

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na parte III dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

5- Qual o efeito local da presença do ímã?

Variação do norte na bússola, se

6- O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

R: Sim, variação do norte na bússola indica a variação das propriedades magnéticas no entorno.

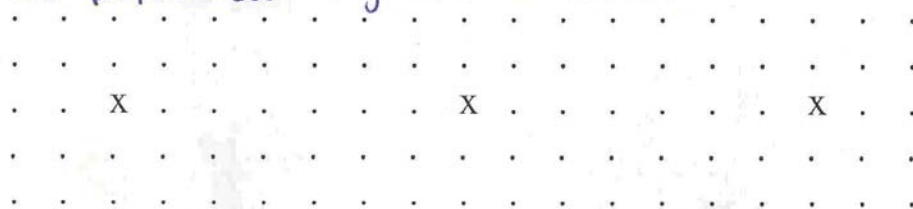


Figura 7.2.30 - Respostas da Equipe 01 (Parte IV)

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na parte III dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

Aparência de orientação para a parte do ímã a atrai e a repele

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim

Figura 7.2.31 - Respostas da Equipe 02 (Parte IV)

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na parte III dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

modificar a direção da agulha

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim

Figura 7.2.32 - Respostas da Equipe 03 (Parte IV)

Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

Repeli e atrai o lado norte da bússola

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?

Sim, porque faz a bússola mover e todo mundo

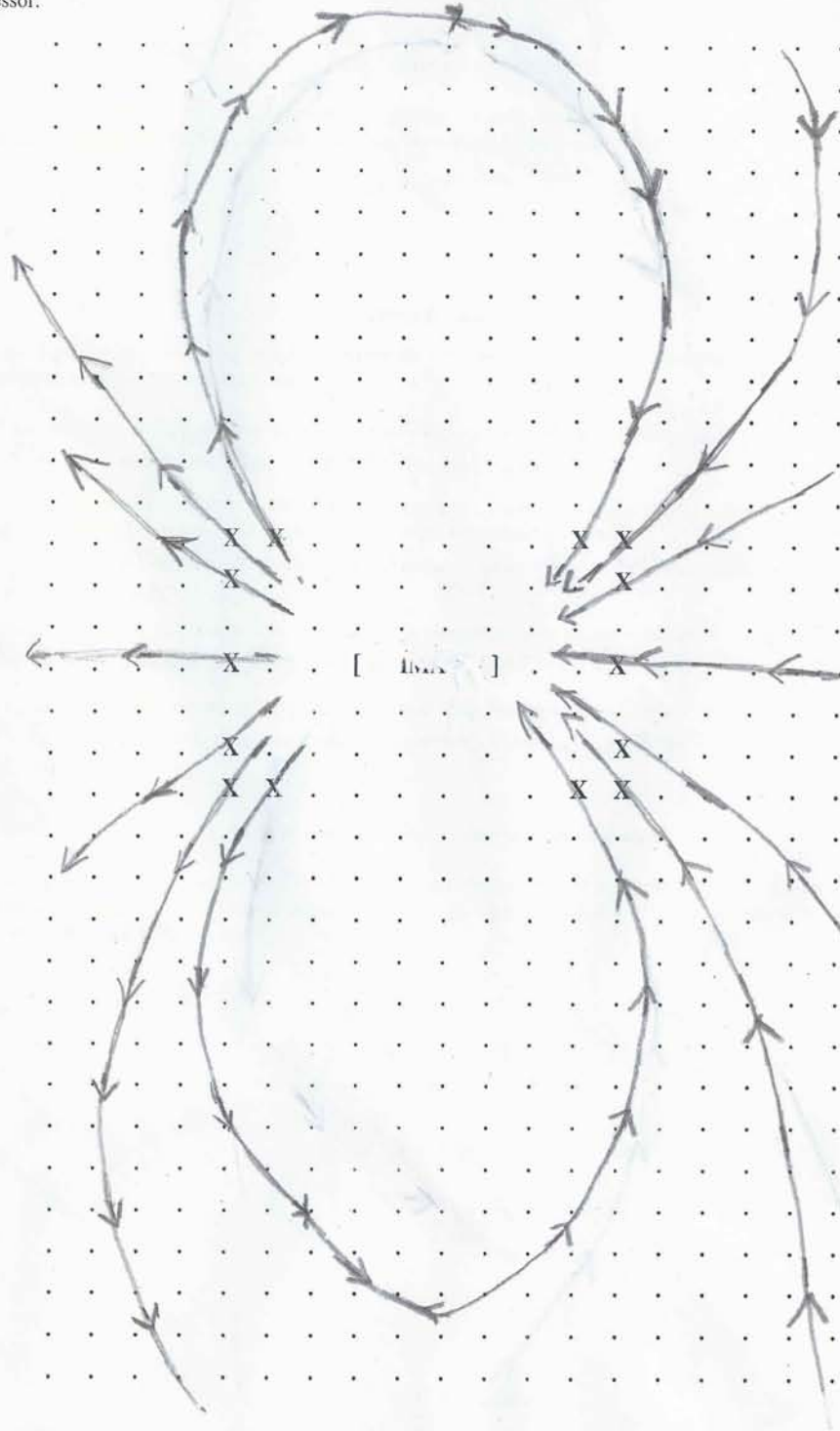
Figura 7.2.33 - Respostas da Equipe 04 (Parte IV)

As conclusões obtidas pelos estudantes são praticamente as mesmas dos alunos da outra turma. Um ímã interfere no direcionamento da agulha da bússola e, portanto ele está alterando as propriedades magnéticas do local.

Em seguida os estudantes fizeram o mapeamento do campo magnético do conjunto de ímãs fornecido, a parte V do roteiro.

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.



Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.34 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pela Equipe 01 (Parte V)

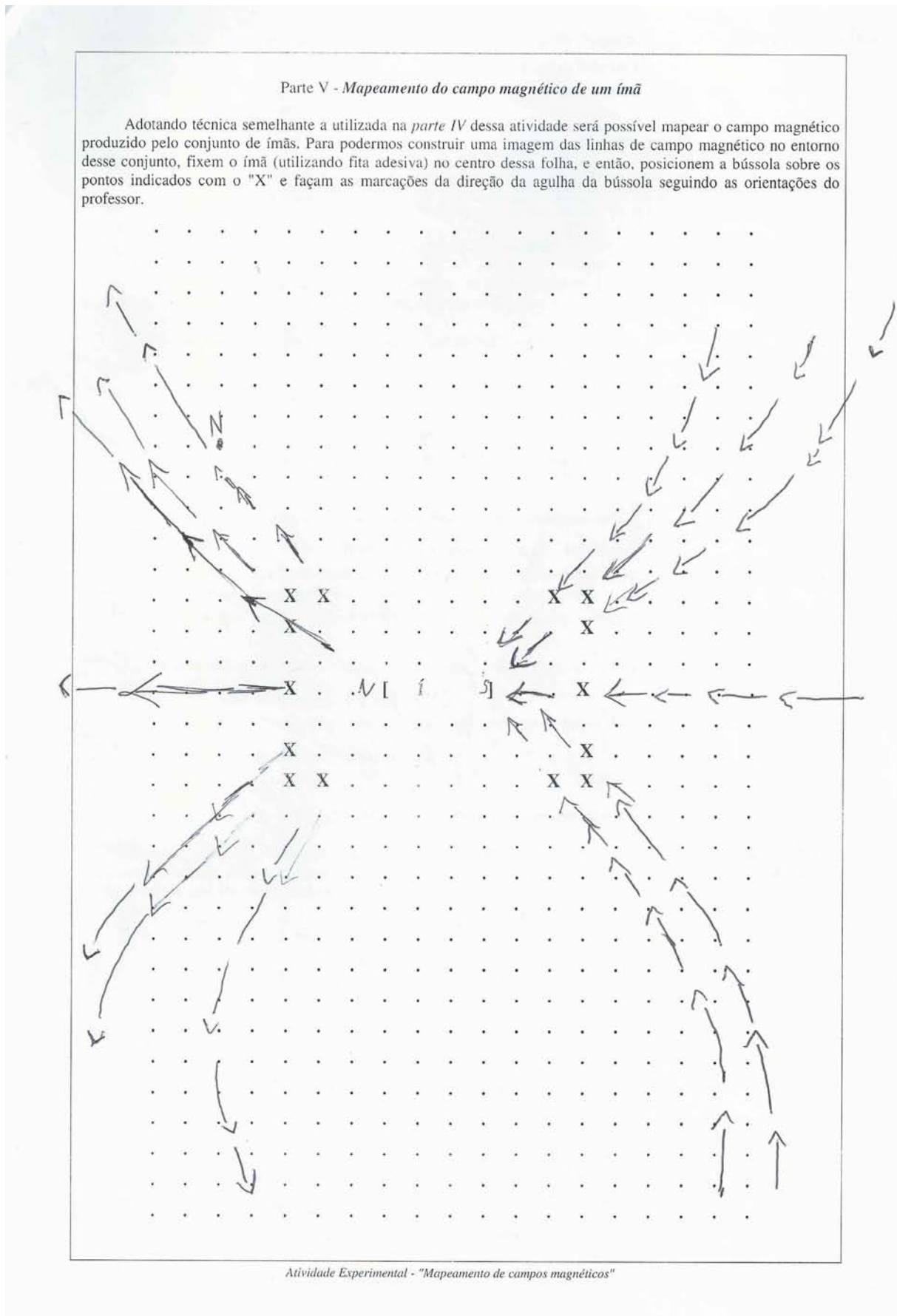
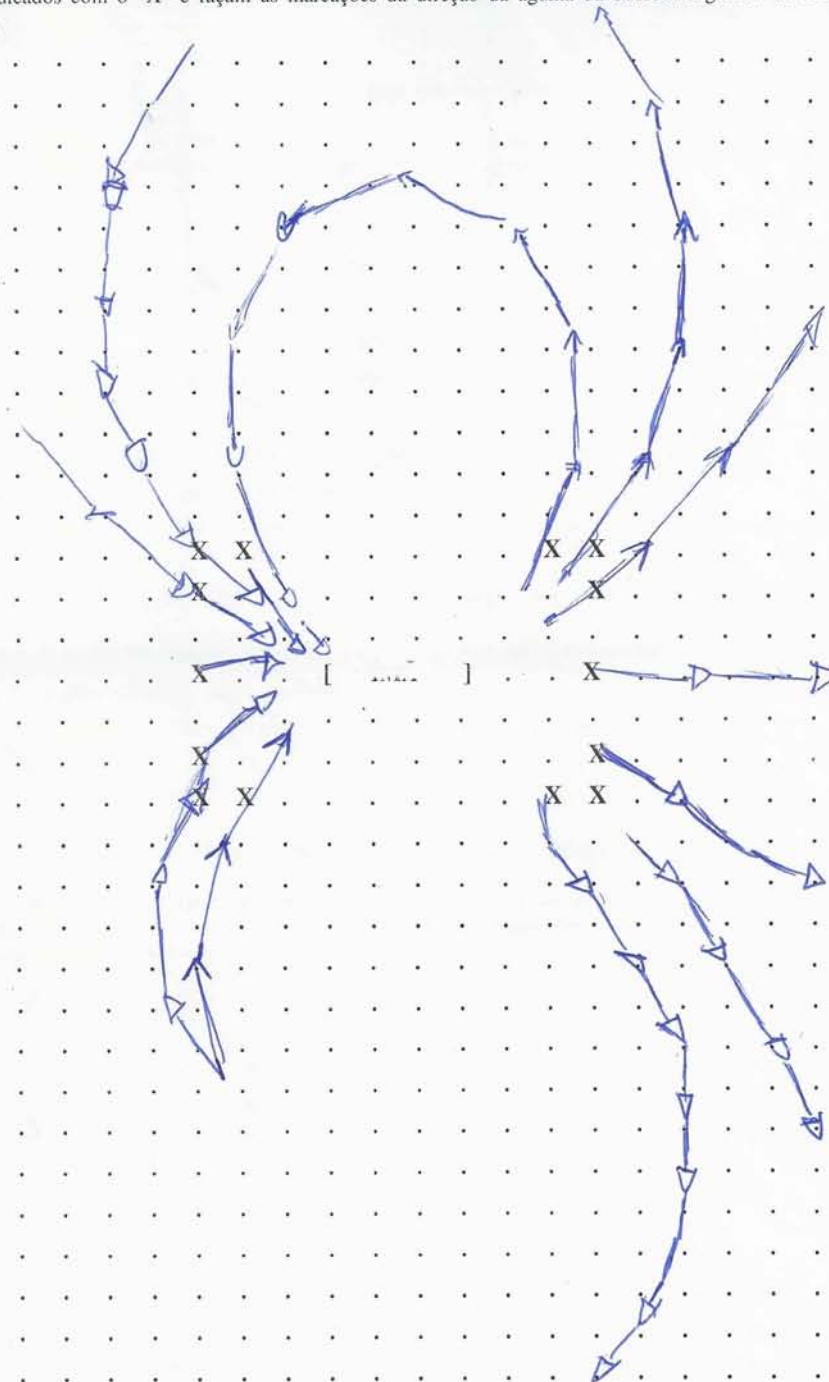


Figura 7.2.35 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pela Equipe 02 (Parte V)

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.

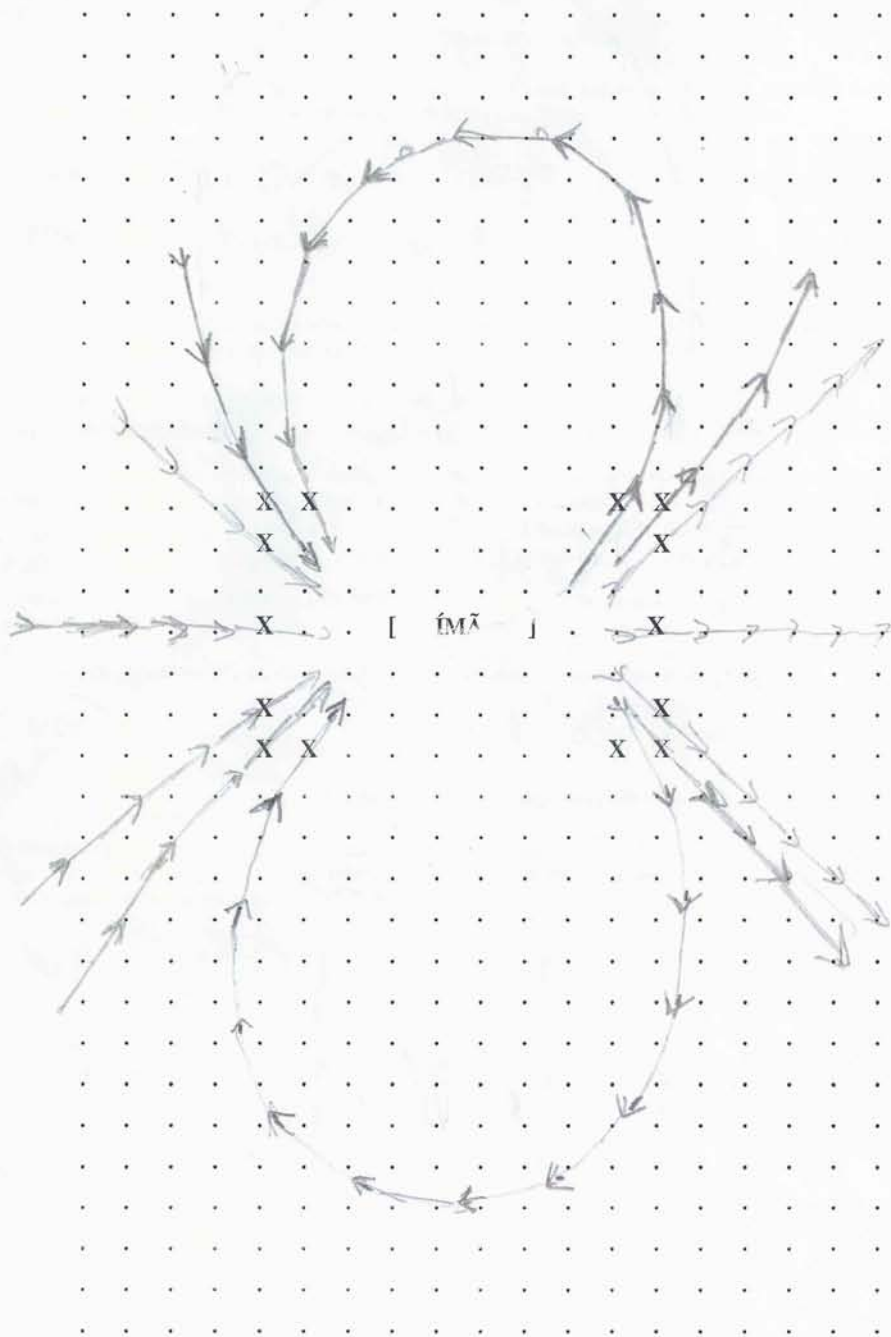


Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.36 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pela Equipe 03 (Parte V)

Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.



Atividade Experimental - "Mapeamento de campos magnéticos"

Figura 7.2.37 - Mapeamento do campo magnético do ímã feito pela Equipe 04 (Parte V)

Os mapeamentos realizados pelas quatro equipes foram consistentes, é possível verificar que as linhas de campo originadas pelas marcações dos alunos saem de um polo e terminaram no outro.

As equipes 01 e 04 conseguiram realizar um mapeamento mais completo do campo, o que permitiu a visualização das linhas no plano da folha (vide figuras 7.2.34 e 7.2.37). As outras duas equipes não concluíram parcialmente seus mapeamentos, mas ainda assim, com o trabalho que fizeram foi possível ter uma idéia geral do formato das linhas de força, conforme verificamos nas figuras 7.2.35 e 7.2.36.

Na síntese integradora o professor discutiu a idéia de considerar a agulha da bússola como um tipo de vetor tangente a linha de campo magnético produzido pelo ímã, extrapolando essa idéia para o conceito de *vetor indução magnética*, tal como foi realizado com a turma anterior.

Ao término da aula, exibiu-se o vídeo para a visualização do campo magnético tridimensionalmente. A visualização das linhas de campo favoreceu a interpretação do mapeamento que eles haviam acabado de obter experimentalmente.

Como conclusão geral, após a análise desses roteiros, é possível verificar que as turmas atingiram os objetivos gerais da atividade, pois observaram a interação entre ímãs, mapearam os campos magnéticos terrestre e dos ímãs e visualizaram as configurações e propriedades desses campos magnéticos, tal como planejado.

7.3 Experiência de Oersted

Os objetivos centrais dessa atividade foram os de observar a interação entre bússolas (ímãs) e um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica contínua e reconhecer a importância da descoberta de Oersted (1820) no processo de unificação dos estudos sobre *eletricidade e magnetismo* no denominado *eletromagnetismo*.

7.3.1 Turma 3ª06 EMI

Para a realização dessa atividade, a turma dividiu-se em duas equipes, sendo a equipe 01 composta pelos estudantes: 01, 02, 04 e 08. E a equipe 02 formada pelos estudantes: 03, 05, 06 e 07.

Após breve contextualização histórica a respeito dos interesses científicos, sociais e econômicos do início do século XIX, o professor forneceu aos alunos o roteiro experimental dessa aula (Apêndice - Produto Educacional, p. 175) e os orientou na execução do experimento.

A primeira parte dessa atividade foi idealizada para que os estudantes visualizassem o funcionamento do circuito elétrico do experimento. Ou seja, o objetivo dessa primeira parte era permitir que o estudante observasse que o sentido da corrente elétrica em nada afetaria o funcionamento da lâmpada.

As respostas das equipes 01 e 02 mostram que esse propósito foi atingido com sucesso, conforme verificamos nas figuras 7.3.1 e 7.3.2.

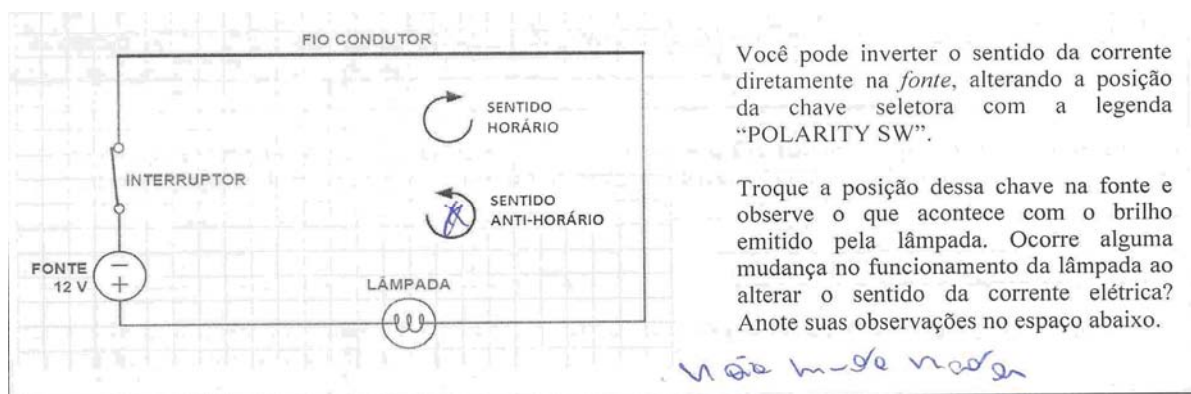


Figura 7.3.1 - Resposta da Equipe 01 para o questionamento da Parte I do roteiro

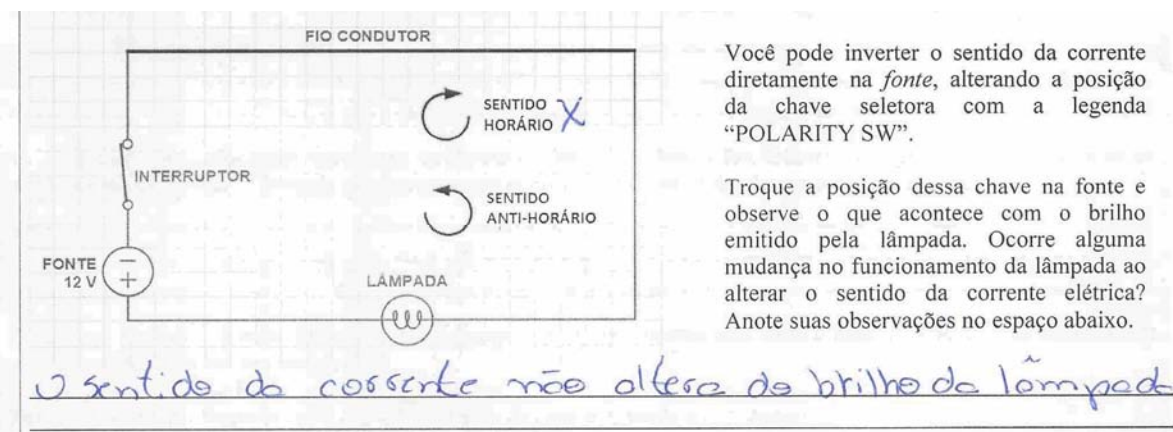


Figura 7.3.2 - Resposta da Equipe 02 para o questionamento da Parte I do roteiro.

Na parte II do roteiro os estudantes reproduziram efetivamente um experimento semelhante ao de Oersted. Nesse momento da aula esperávamos que os estudantes observassem o fenômeno da deflexão da agulha da bússola quando o circuito era acionado e, portanto, a ligação existente entre o fenômeno elétrico e o fenômeno magnético.

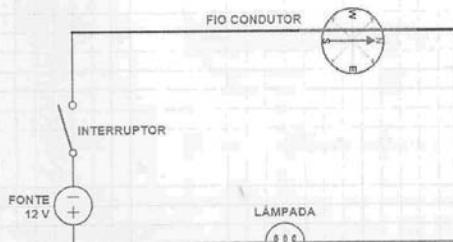
De um modo geral foi uma surpresa para os alunos observarem a interação entre a eletricidade e o magnetismo. Imediatamente, vários estudantes se questionaram sobre o que estavam observando.

Na sequência, o roteiro experimental solicitava aos estudantes que esboçassem nos espaços reservados o comportamento da agulha bússola, quando a corrente do circuito era no sentido horário e anti-horário. O objetivo desse registro era estabelecer um paralelo entre o fenômeno elétrico (acendimento da lâmpada) e o fenômeno magnético (deflexão da agulha da bússola). As figuras 7.3.3 e 7.3.4 mostram os esboços realizados pelos alunos.

Fica claro em seus registros que eles perceberam a existência de uma diferença na deflexão da agulha da bússola conforme o sentido da corrente elétrica. Ou seja, o sentido da corrente elétrica não interfere no funcionamento da lâmpada conforme eles concluíram na primeira parte da atividade, mas interfere no sentido da deflexão da agulha da bússola.

Ao esboçar suas observações, a equipe 01 não tomou o devido cuidado com relação ao sentido da corrente e o desenho da deflexão da agulha da bússola. Esse "erro" pode ter sido causado pela desatenção ou mesmo pela dificuldade de interpretação dos educandos, de qualquer forma este equívoco foi discutido na síntese integradora.

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:



Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

() POSITIVO = corrente no sentido horário.

(X) NEGATIVO = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:

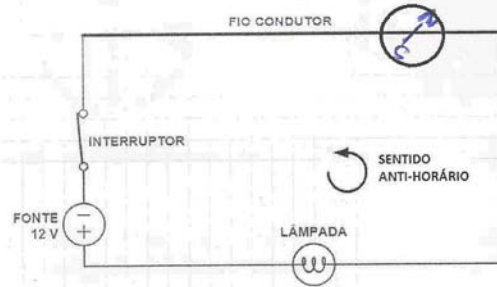
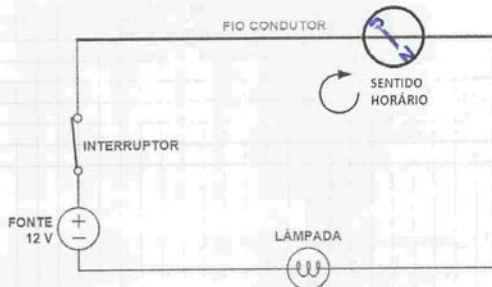
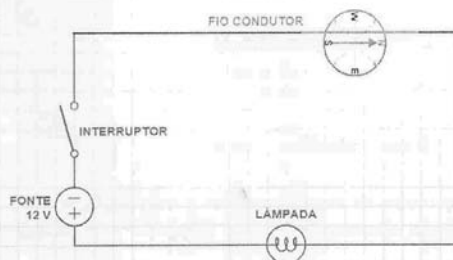


Figura 7.3.3 - Esboço das observações experimentais (Equipe 01)

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:



Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

() POSITIVO = corrente no sentido horário.

() NEGATIVO = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:

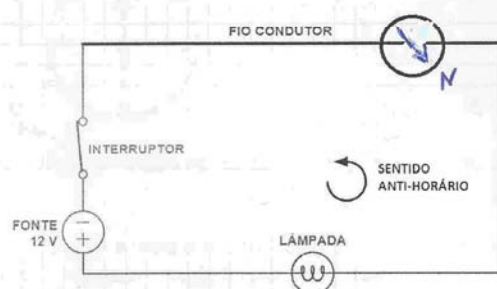
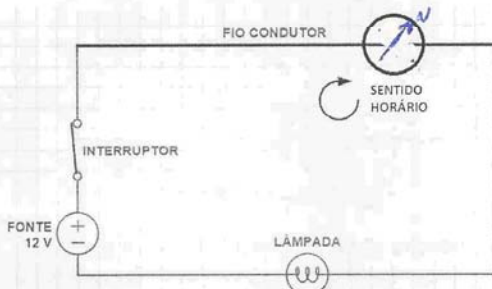


Figura 7.3.4 - Esboço das observações experimentais (Equipe 02)

Logo após esboçarem suas observações, o roteiro questiona sobre qual fenômeno estaria provocando a deflexão na agulha da bússola, as figuras 7.3.5 e 7.3.6 registram as respostas dos estudantes.

A equipe 01 destaca que a corrente elétrica é a “causa” do campo magnético que altera as configurações magnéticas no entorno do fio e, portanto, faz a agulha da bússola se mover. Já a equipe 02 limitou-se a dizer que o fenômeno é causado por um campo magnético, mas não deixam claro a origem desse campo.

Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

A corrente elétrica produz um campo magnético assim mexe mentando a agulha da bússola.

Figura 7.3.5 - Resposta da Equipe 01 a primeira pergunta da Parte II do roteiro.

Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

campo magnético

Figura 7.3.6 - Resposta da Equipe 02 a primeira pergunta da Parte II do roteiro.

Infelizmente, nenhuma das duas equipes registrou suas observações no espaço reservado logo na sequência, tampouco chegaram a terminar a atividade proposta, deixando a parte III sem resolução. Esse resultado indica que esta atividade pode e deve ser planejada para ocupar duas aulas, caso o professor perceba um ritmo mais lento da turma.

A terceira parte dessa atividade foi realizada com essa turma nos primeiros minutos da aula seguinte de forma demonstrativa pelo professor. Nesses minutos o professor apresentou o circuito com espiras (Apêndice - Produto Educacional, p. 182) e a configuração do campo magnético produzido pelas espiras. Além disso, foram discutidas a “regra da mão direita” utilizada para prever o formato e a polaridade (Norte ou Sul) do campo magnético produzido por um conjunto de espiras em função do sentido da corrente elétrica que o percorre.

7.3.2 Turma 3ª07 EMR

Tal como ocorreu com a turma do período integral, para a realização dessa atividade, essa turma dividiu-se em equipes. A equipe 01 contou com seis alunos, a equipe 02 foi formada por seis alunos, a equipe 03 contou com sete estudantes e seis formaram a equipe 04.

Com os mesmos objetivos, as equipes realizaram a primeira parte dessa atividade, em que observaram que o sentido da corrente elétrica não afetou o funcionamento da lâmpada, conforme podemos verificar nas respostas registradas nas figuras: 7.3.7, 7.3.8, 7.3.9 e 7.3.10.

Parte I – Observando o funcionamento do circuito elétrico

Para realizar essa atividade, vocês dispõem de uma bússola, um circuito elétrico (previamente construído) e um multímetro, representados esquematicamente nas figuras abaixo.

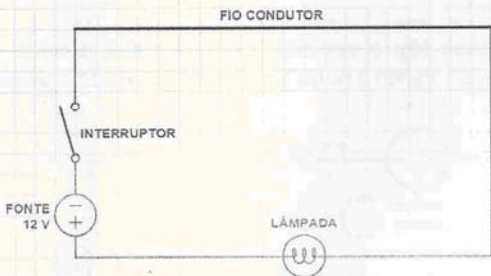


Figura 01 - Circuito elétrico

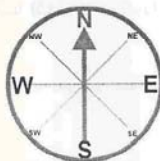


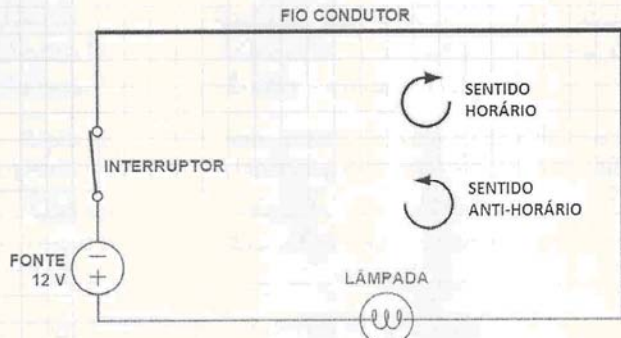
Figura 02 – Representação da bússola¹



Figura 03 – Multímetro²

Conecte o plug da fonte de corrente contínua (12 V) no circuito e teste o seu funcionamento. Para ter certeza que uma corrente elétrica está percorrendo o circuito, verifique se a lâmpada acende ao acionar o interruptor.

Com o auxílio do multímetro verifique qual o sentido da corrente elétrica no circuito e marque no desenho abaixo. *Caso não saiba como fazê-lo, peça ajuda ao professor.*



Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

O sentido da corrente elétrica não interfere no funcionamento da lâmpada.

Figura 7.3.7 - Resposta da equipe 01 ao questionamento da Parte I do roteiro.

Parte I – Observando o funcionamento do circuito elétrico

Para realizar essa atividade, vocês dispõem de uma bússola, um circuito elétrico (previamente construído) e um multímetro, representados esquematicamente nas figuras abaixo.

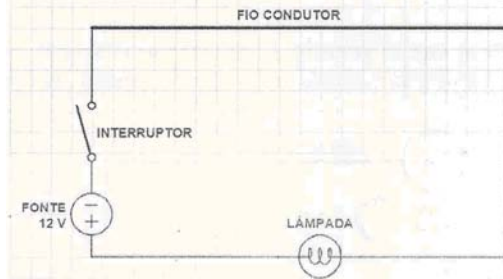


Figura 01 - Circuito elétrico

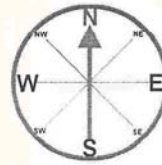


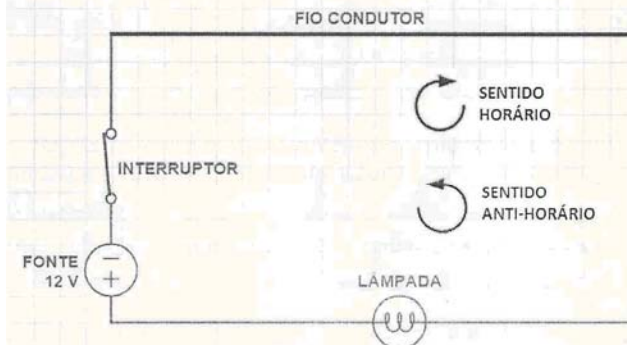
Figura 02 – Representação da bússola¹



Figura 03 – Multímetro²

Conecte o plug da fonte de corrente contínua (12 V) no circuito e teste o seu funcionamento. Para ter certeza que uma corrente elétrica está percorrendo o circuito, verifique se a lâmpada acende ao acionar o interruptor.

Com o auxílio do multímetro verifique qual o sentido da corrente elétrica no circuito e marque no desenho abaixo. *Caso não saiba como fazê-lo, peça ajuda ao professor.*

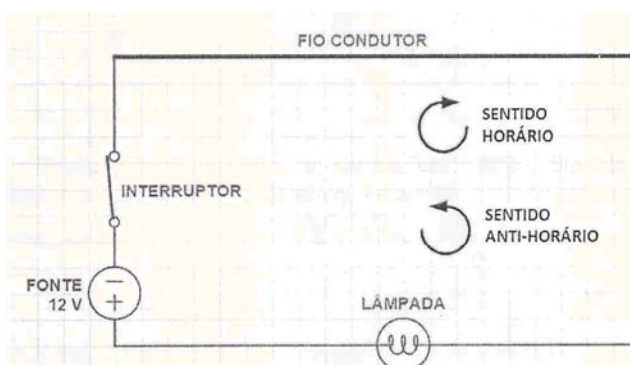


Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

Se trocarmos o sentido da corrente, não vai interferir no brilho da luz.

Figura 7.3.8 - Resposta da equipe 02 ao questionamento da Parte I do roteiro.



Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

sentido anti-horário e o sentido da corrente não altera o brilho.

Figura 7.3.9 - Resposta da equipe 03 ao questionamento da Parte I do roteiro.

Parte I – Observando o funcionamento do circuito elétrico

Para realizar essa atividade, vocês dispõem de uma bússola, um circuito elétrico (previamente construído) e um multímetro, representados esquematicamente nas figuras abaixo.

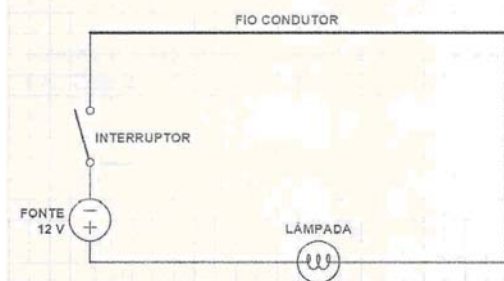


Figura 01 - Circuito elétrico

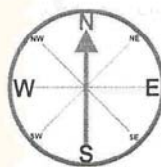


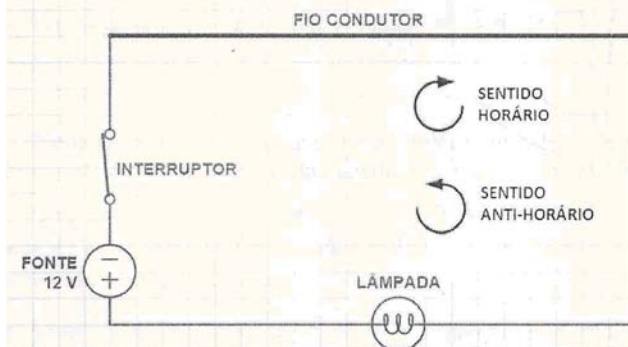
Figura 02 – Representação da bússola¹



Figura 03 – Multímetro²

Conecte o plug da fonte de corrente contínua (12 V) no circuito e teste o seu funcionamento. Para ter certeza que uma corrente elétrica está percorrendo o circuito, verifique se a lâmpada acende ao acionar o interruptor.

Com o auxílio do multímetro verifique qual o sentido da corrente elétrica no circuito e marque no desenho abaixo. *Caso não saiba como fazê-lo, peça ajuda ao professor.*



Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

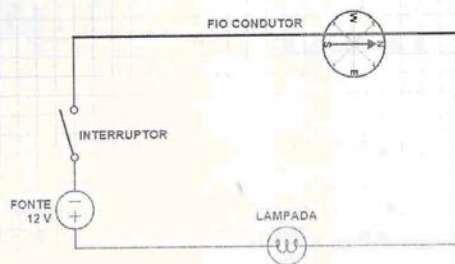
Obs: A mudança de chave não influencia o brilho da lâmpada.

Figura 7.3.10 - Resposta da equipe 04 ao questionamento da Parte I do roteiro.

A reprodução do experimento de Oersted, parte II do roteiro, também despertou o interesse dos alunos dessa turma. Observar o resultado da interação entre o fenômeno elétrico e o magnetismo gerou questionamentos e discussões entre os estudantes.

Na sequência, foi solicitado que esboçassem nos espaços apropriados o comportamento da agulha bússola, conforme alteravam o sentido da corrente elétrica. Apenas as equipes três e quatro realizaram essa etapa, seus esboços estão registrados nas figuras 7.3.11 e 7.3.12.

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:



Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

(☒) POSITIVO = corrente no sentido horário.

(☐) NEGATIVO = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:

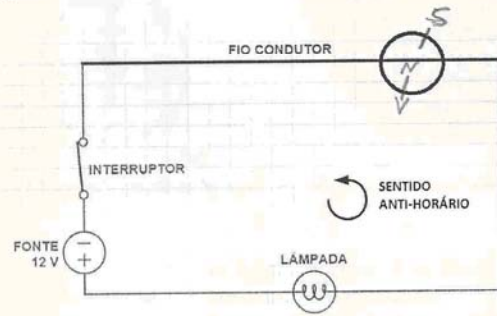
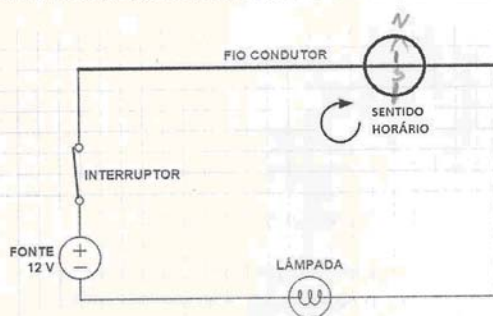
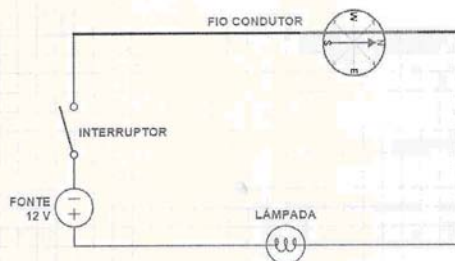


Figura 7.3.11 - Esboço do comportamento da bússola (Equipe 03)

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:



Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

(☒) POSITIVO = corrente no sentido horário.

(☐) NEGATIVO = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:

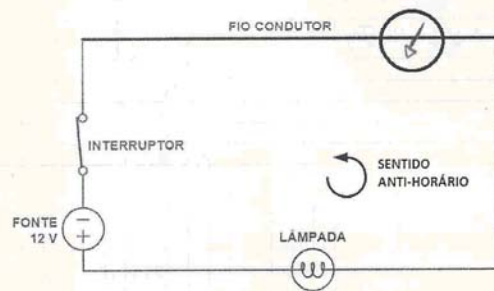
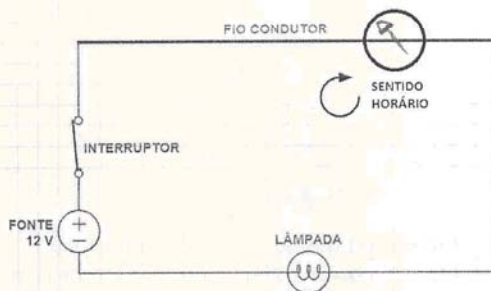


Figura 7.3.12 - Esboço do comportamento da bússola (Equipe 04)

Ainda que nem todas as equipes tenham feito o esboço do comportamento da bússola, todas responderam aos questionamentos da segunda parte do roteiro, conforme podemos verificar nas figuras: 7.3.13, 7.3.14, 7.3.15 e 7.3.16.

As respostas da equipe 01 (figura 7.3.13) evidenciam uma deficiência interpretativa dos educandos, pois quando questionados sobre qual fenômeno era responsável pela deflexão da agulha da bússola, eles acabaram respondendo com uma descrição do fenômeno observado.

O registro das observações desses alunos também foi insuficiente, mas já revela que eles ao menos visualizaram o fenômeno, conforme pretendíamos.

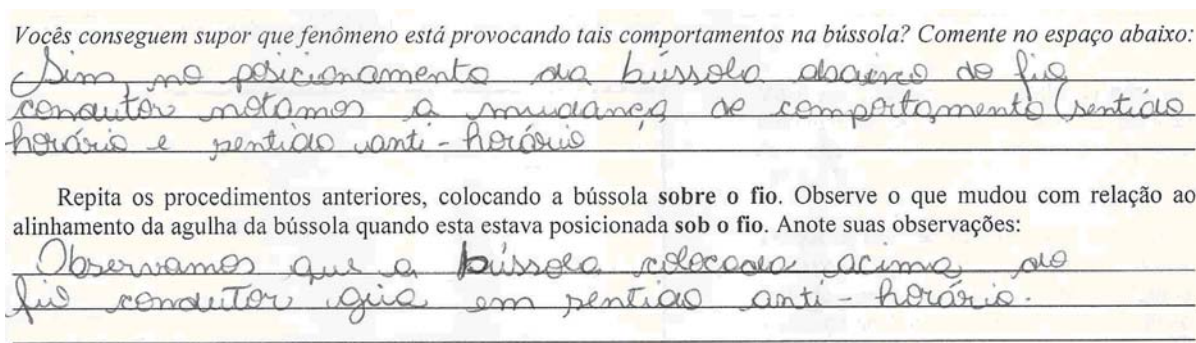


Figura 7.3.13 - Respostas da Equipe 01 as perguntas da Parte II do roteiro

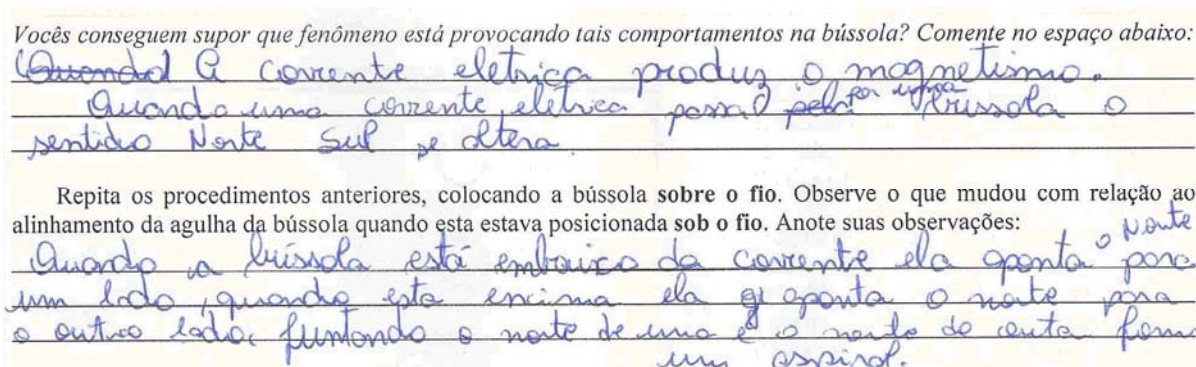


Figura 7.3.14 - Respostas da Equipe 02 as perguntas da Parte II do roteiro

As respostas da equipe 02 apontam que é a corrente elétrica que produz o magnetismo. De fato a corrente elétrica é que está produzindo um fenômeno magnético, entretanto, essa corrente não altera os polos norte e sul da bússola, altera apenas o campo magnético nas proximidades do fio, o que faz com que a bússola se alinhe de diferentes maneiras. Essa equipe foi capaz de observar e registram que o alinhamento da bússola muda quando esta é colocada sobre ou sob o fio percorrido por corrente.

Como podemos verificar a equipe 03 foi bastante sucinta nas respostas (Figura 7.3.15). Para o questionamento sobre qual fenômeno provocara a deflexão da agulha da bússola

limitaram-se a responder: corrente elétrica. Já nas anotações das observações escreveram: “indica a lâmpada”, o que realmente não diz nada a respeito da experimentação.

Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

corrente elétrica

Repita os procedimentos anteriores, colocando a bússola **sobre o fio**. Observe o que mudou com relação ao alinhamento da agulha da bússola quando esta estava posicionada **sob o fio**. Anote suas observações:

indica a lâmpada.

Figura 7.3.15 - Respostas da Equipe 03 as perguntas da Parte II do roteiro

Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

Sim, pois atua a magnetização da Bússola

Repita os procedimentos anteriores, colocando a bússola **sobre o fio**. Observe o que mudou com relação ao alinhamento da agulha da bússola quando esta estava posicionada **sob o fio**. Anote suas observações:

Como se a corrente em espiral. Bússola de Borda e a
liga de corrente elétrica e magnetismo, então se unido ímã e
unidade

Figura 7.3.16 - Respostas da Equipe 04 as perguntas da Parte II do roteiro

As respostas da equipe 04 também ficaram aquém do esperado. Até mesmo quando são solicitados a apenas descrever suas observações, a dificuldade na escrita é evidente, conforme se verifica na figura 7.3.16.

Nenhuma das equipes foi capaz de realizar a terceira parte do roteiro, o que evidenciou mais uma vez a necessidade de estender essa atividade quando o ritmo da turma for mais lento.

Antes de executar essa atividade com suas turmas, o professor leitor pode imaginar que a bússola terá sua agulha defletida formando um ângulo de 90° em relação a direção da corrente elétrica como deveria acontecer teoricamente, mas na prática não ocorre dessa maneira. Como as fontes de 9 V e 12 V produzem uma corrente não muito intensa, o campo circular formado pela corrente elétrica não é suficientemente forte para defletir a agulha da bússola deste ângulo. Sendo assim, o resultado é que a agulha da bússola irá defletir formando um ângulo aproximado entre 45° e 50° .

O fato de algumas equipes não realizarem todas as etapas das atividades certamente prejudicou a escalada conceitual que havíamos planejado. As atividades experimentais com roteiros foram cuidadosamente pensadas durante a elaboração dos planos de aula. Procurou-se criar etapas que permitissem um acréscimo gradual de novos conceitos, modificando e

acrescendo os subsunçores dos alunos testados. Mas a negligência dos educandos em seguir de forma autônoma a execução das atividades passo a passo levou o professor a replanejar algumas das práticas experimentais ao longo da aplicação do produto, visando obter-se um maior rendimento dos discentes.

De um modo geral os educandos apresentaram grandes dificuldades em interpretar o texto do roteiro e expressar suas ideias quando solicitados. Infelizmente, sem o domínio da escrita e com a capacidade interpretativa comprometida, a avaliação da validade da prática ficou comprometida. Entretanto, o objetivo central desta aula era reproduzir o experimento de Oersted e observar a íntima relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos, o que certamente todos os estudantes que participaram da atividade atingiram.

Apesar disso, a surpresa e a curiosidade pelos próximos experimentos ficaram evidentes, os estudantes passaram a ansiar pelo próximo encontro. Isso foi verificado em ambas as turmas. Por si só, isso já representou um grande avanço, ao se criar nos alunos uma expectativa pelas atividades vindouras. Ou seja, essas atividades foram capazes de despertar no aprendiz a disposição para aprender, fator determinante para a ocorrência da aprendizagem significativa.

7.4 Experiência de Faraday

O objetivo central dessa atividade era observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir da aproximação ou afastamento de um ímã, variação de fluxo magnético, de suas proximidades, experimento de Michael Faraday em 1831. Dentre os objetivos específicos, esperávamos que os estudantes concluíssem a partir da observação que a palavra-chave para a produção de corrente elétrica é *variação*.

7.4.1 Turma 3ª06 EMI

A primeira parte dessa atividade traz uma revisão do experimento da aula anterior (transformador de Faraday), em que os estudantes visualizaram e reproduziram o experimento de Faraday, o qual antecedeu a experiência estudada nessa aula. Esperávamos com isso, favorecer uma conexão entre o novo conhecimento e aquilo que o aprendiz já sabia, integrando o novo saber com seus subsunçores.

Com essa revisão, parte I do roteiro experimental (Apêndice – Produto Educacional, p.177), esperávamos estabelecer uma conexão entre o novo conhecimento e aquilo que o aprendiz já sabia, seus subsunçores.

Além disso, a contextualização do momento histórico em que ocorrem as descobertas na ciência se faz essencial para o aluno entender o processo de construção do conhecimento científico.

Nessa segunda parte do roteiro no texto se faz uma breve descrição do experimento de Faraday e solicita-se que os estudantes reproduzam e anotem suas observações. As figuras 7.4.1 e 7.4.2 registram as impressões dos estudantes.

Ambas as equipes registraram que a rapidez com que o ímã é aproximado ou afastado da bobina interfere no valor registrado pelo multímetro da corrente elétrica induzida. Essa observação foi fundamental para que nas aulas seguintes pudéssemos reutilizá-la ao definir a lei da indução eletromagnética. Além disso, as duas equipes observaram uma relação entre a natureza dos polos do ímã que eram aproximados ou afastados e o sentido da corrente elétrica induzida.

Podemos afirmar que, qualitativamente, as observações dos estudantes corresponderam às expectativas. Suas respostas demonstraram uma melhora na descrição de

suas observações experimentais, isso quando comparadas aos primeiros relatos, apresentados nas primeiras atividades desenvolvidas.

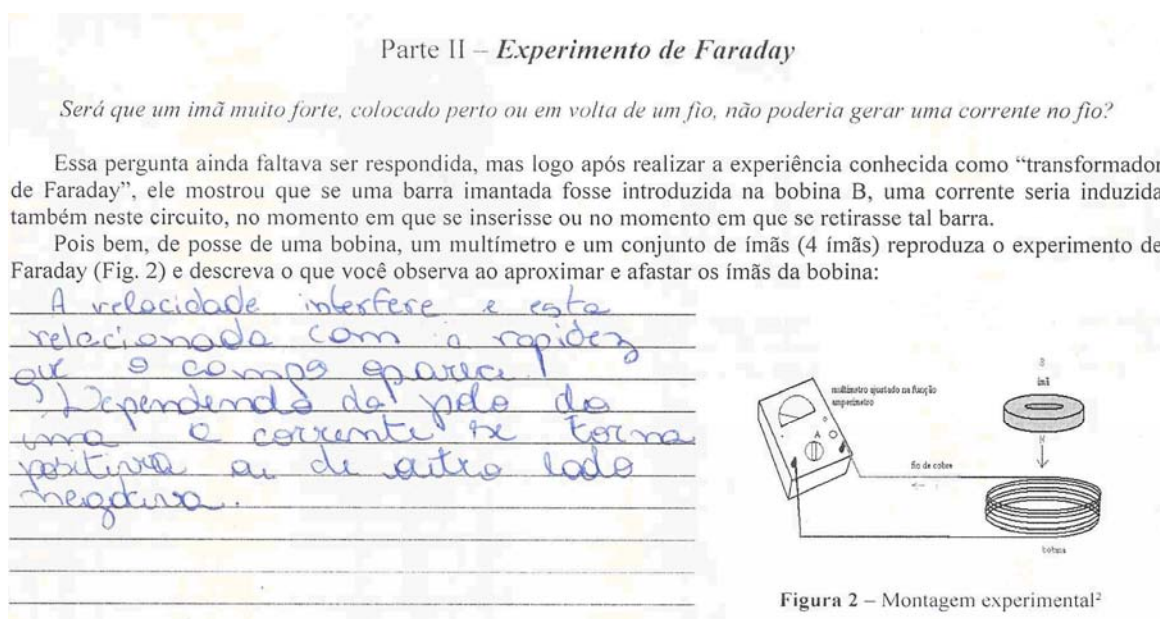


Figura 7.4.1 - Observações da equipe 01 ao reproduzir o experimento de Faraday

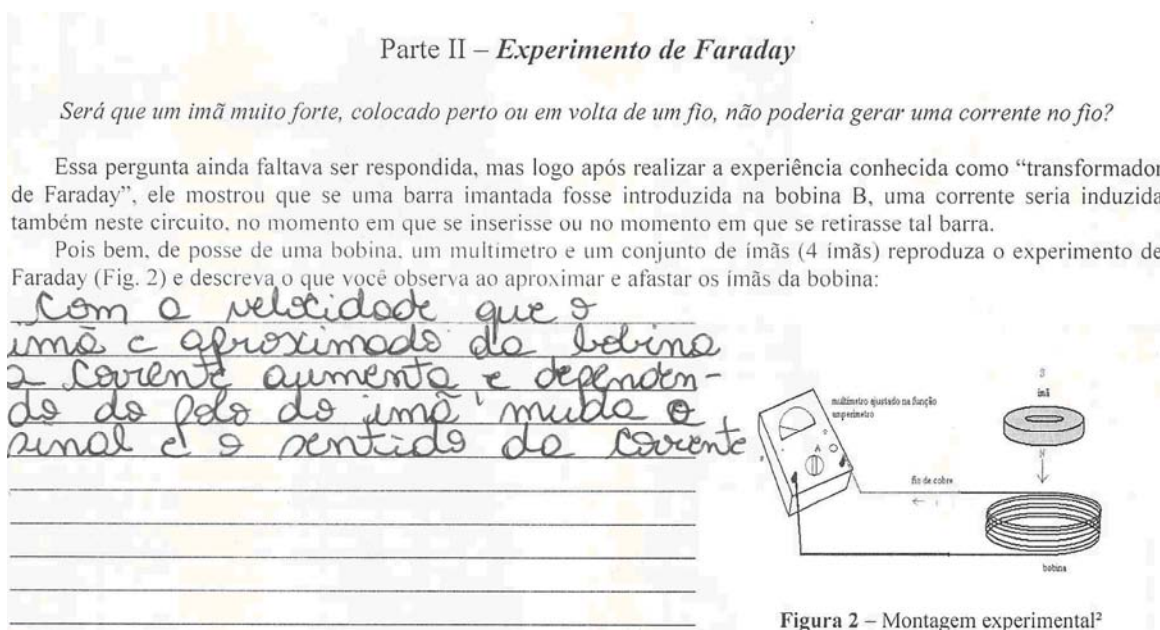


Figura 7.4.2 - Observações da equipe 02 ao reproduzir o experimento de Faraday

Na sequência, o roteiro sugere uma abordagem mais quantitativa. Esperávamos aqui, que os alunos fossem capazes de estabelecer uma relação de dependência entre o valor da corrente induzida e o número de espiras das bobinas, e também, que fossem capazes de reconhecer a relação entre a corrente induzida e a área da seção transversal dessas. Esses conceitos são essenciais para o estabelecimento da lei da indução e foram planejados para serem descobertos nesta atividade, através da observação e reflexão.

As figuras (Figura 7.4.3 e 7.4.4) apresentam o registro em tabelas da coleta de dados experimentais e as interpretações dessas informações feitas pelos estudantes.

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	369
Médio	391
Grande	439

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	507
Médio	689
Grande	576

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

A tendência é aumentar, quanto mais o número de volta aumenta a corrente.

Figura 7.4.3 - Dados experimentais e observações da equipe 01

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	369
Médio	391
Grande	439

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	507
Médio	689
Grande	576

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

aumentando o diâmetro e as quantidades de voltas tem de aumentar a corrente.

Figura 7.4.4 - Dados experimentais e observações da equipe 02

Os comentários dos estudantes revelam que as equipes chegaram à conclusão que aumentar o número de espiras das bobinas implica num aumento da corrente elétrica induzida, conforme se é esperado. Além disso, a equipe 02 concluiu também que o aumento do diâmetro das bobinas influenciou no valor da corrente elétrica medida.

As equipes chegaram às conclusões esperadas, entretanto duas situações merecem comentários, a primeira refere-se ao fato das tabelas de dados experimentais apresentarem os mesmos valores para as duas equipes e a segunda, está relacionada com a medição da corrente elétrica induzida medida na bobina *grande* de *duzentos* enrolamentos.

O fato das equipes apresentarem os mesmos dados experimentais para as medições se deveu à falta de cuidado dos estudantes na leitura do roteiro. Infelizmente, a equipe 02 só se deu conta de que precisavam anotar os valores experimentais no momento em que os resultados foram discutidos, durante a síntese integradora da aula.

Outro problema surgiu em praticamente todas as medições da corrente elétrica induzida na bobina de maior diâmetro (duzentos enrolamentos). Por apresentar maior diâmetro e maior número de enrolamentos, teoricamente a corrente elétrica induzida deveria ser maior que em qualquer outra bobina.

Entretanto o que se observou foram leituras ligeiramente menores em alguns casos. Pode-se inferir inicialmente que parte dessa discrepância deveu-se ao fato de que o aumento do diâmetro e do número de enrolamentos, provoca o aumento do comprimento do fio utilizado na confecção da bobina, o que aumenta sua resistência elétrica.

Como as correntes induzidas na situação da proposta experimentalmente não atingiram valores muito superiores a 1 mA, o aumento da resistência elétrica dos enrolamentos seguramente influenciou na leitura obtida.

De qualquer modo, na síntese integradora, essa sua possível explicação foi discutida entre o professor e os alunos.

7.4.2 Turma 3ª07 EMR

Nesta atividade, foram formadas três equipes com sete (equipe 01), seis (equipe 02) e doze (equipe 03) estudantes.

Após reproduzirem o experimento de Faraday, os estudantes registraram suas observações que podem ser conferidas nas figuras 7.4.5, 7.4.6 e 7.4.7.

As observações dessas equipes foram um pouco diferentes daquelas feitas pela turma descrita anteriormente. A equipe 01 destacou que a corrente elétrica surgiu apenas quando o ímã entrou ou saiu da bobina. Eles também observaram que, se trocamos a bobina, ou seja, se usassem uma bobina com mais ou menos enrolamentos os resultados seriam diferentes.

As anotações da equipe 02 ficaram um pouco confusas, entretanto, é possível extrair algumas conclusões. É preciso esclarecer porque esses estudantes falam em “prego imantado” ao invés de ímãs. Nessa prática ocorreu dos ímãs serem colocados na cabeça de um prego para se tornar mais fácil o movimento de aproximação e afastamento dos ímãs em relação às bobinas. Desta forma os alunos se referiram ao conjunto ímãs e prego, como “prego imantado”.

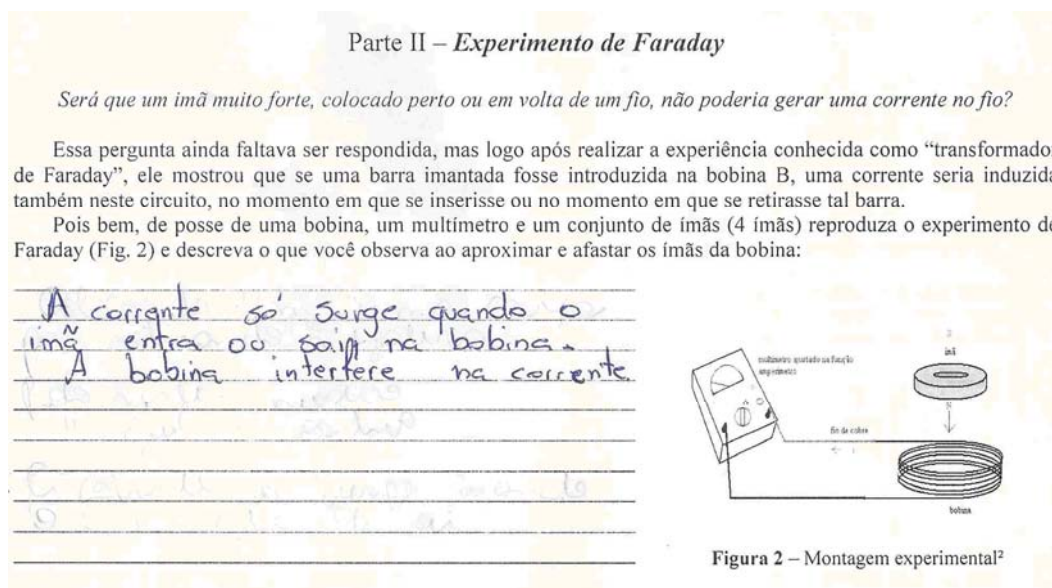


Figura 7.4.5 - Observações da equipe 01 ao reproduzir o experimento de Faraday

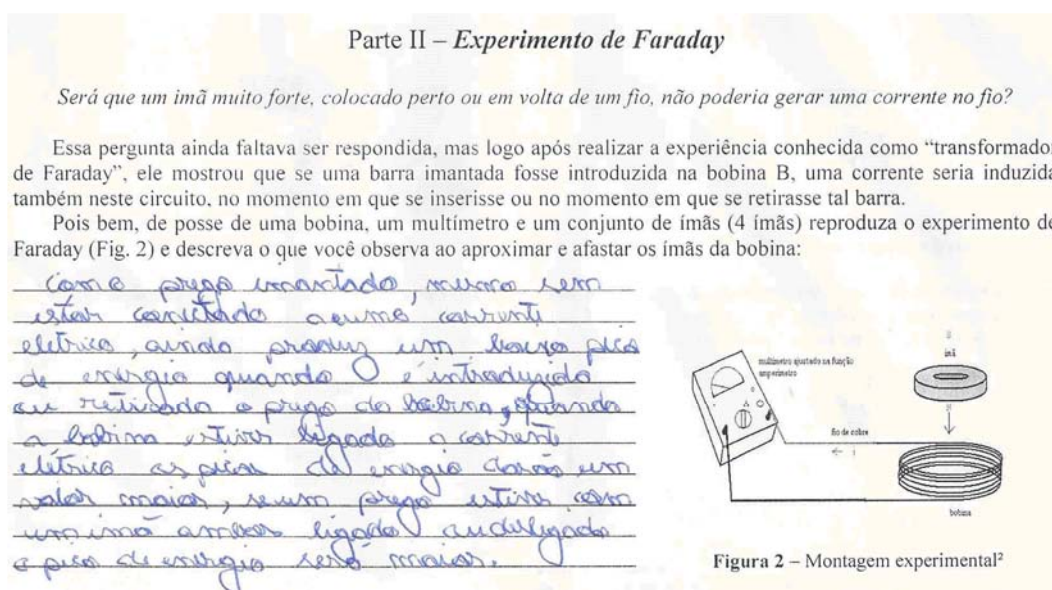


Figura 7.4.6 - Observações da equipe 02 ao reproduzir o experimento de Faraday

A equipe 03 também se refere aos ímãs como o “prego imantado” e sua descrição do fenômeno observado é imprecisa e incompleta.

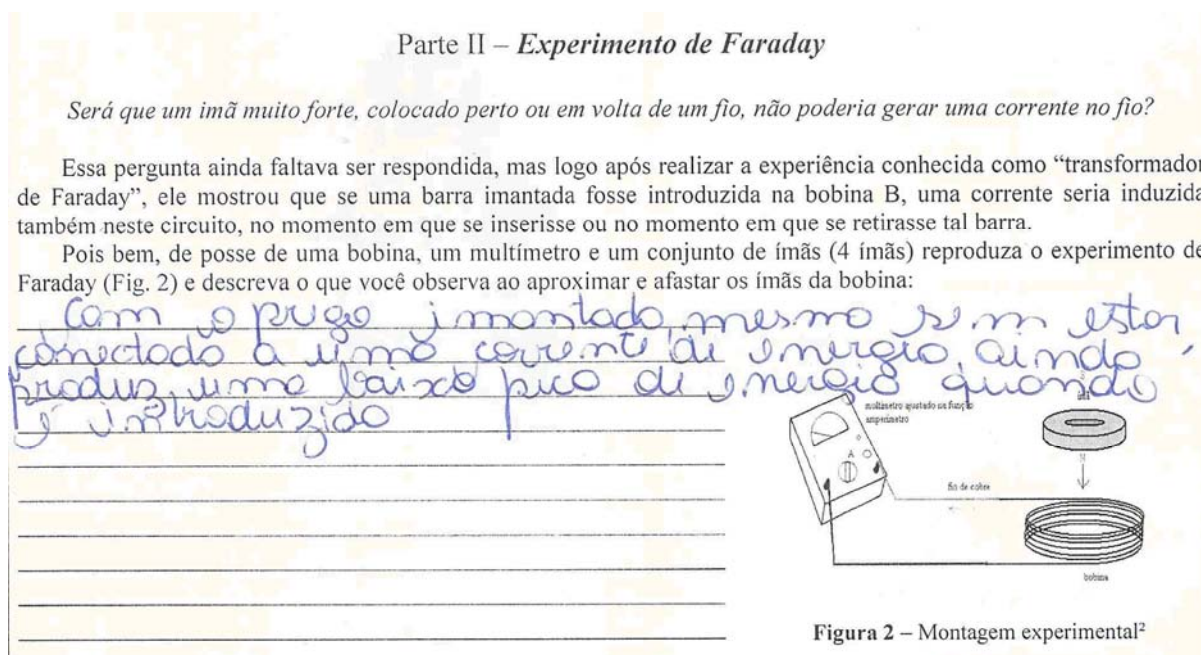


Figura 7.4.7 - Observações da equipe 03 ao reproduzir o experimento de Faraday

Durante a experimentação o professor acompanhou e discutiu o fenômeno com os estudantes, os quais aparentemente demonstraram um bom entendimento do fenômeno. Entretanto, isso não fica claro ao se analisar suas observações quando colocadas de forma escrita.

Na sequência foram realizadas, com o auxílio de um multímetro, as medições dos picos de corrente elétrica induzidas pelo movimento dos ímãs. Esses dados estão registrados nas tabelas nas figuras 7.4.8, 7.4.9 e 7.4.10.

Assim como se observou com os grupos da 3ª06, as tabelas revelam certa incoerência com o que é esperado, para várias das situações analisadas. As leituras de corrente induzida deveriam ser crescentes à medida que aumentamos o diâmetro das bobinas. No entanto, não é isso que se observa pelos dados coletados. Isso se deve como já foi mencionado, pelo aumento da resistência elétrica das bobinas pelo aumento do comprimento dos fios que serviram para construí-las.

Uma sugestão de ajuste para essa experimentação seria a de medir a resistência elétrica das bobinas e igualar seus valores acrescentando, por exemplo, um resistor naquelas que apresentassem menor resistência.

Só para se ter uma ideia, a resistência elétrica da bobina de menor diâmetro com 100 enrolamentos é por volta de 30 Ω , enquanto a resistência elétrica da bobina de maior diâmetro

com 100 enrolamentos é de aproximadamente 65Ω . Essa diferença não havia sido prevista antes da idealização das práticas, o que deve ser revisto na preparação o produto final dessa dissertação.

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	350
Médio	295
Grande	287

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	498
Médio	652
Grande	405

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

→ Quanto maior o intervalo de tempo de entrada e saída do ímã menor é a variação e vice-versa.
 → maior o diâmetro, maior tem que ser o ímã.
 → Quanto mais enrolamentos melhor

Figura 7.4.8 - Dados experimentais e observações da equipe 01

Os resultados esperados não foram obtidos pela equipe 01, como se pode observar na Figura 7.4.8.

Porém, resultados mais satisfatórios foram obtidos pela equipe 02, como se pode conferir na figura 7.4.9. Tanto para as medições quanto para as observações. Vale salientar que a bobina denominada por essa equipe de “extremo”, tratou-se de uma com 600 voltas, utilizada para demonstrações qualitativas. Como houve a possibilidade e interesse por parte dos estudantes, o valor de corrente induzida nessa situação foi também registrada na tabela apresentada.

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	296
Médio	306
Grande	304

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	458
Médio	551
Grande	304
EXTREMO	928

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

Quanto maior o número de voltas, maior será a corrente, com o diâmetro da bobina também influencia na corrente máxima que será observada

Figura 7.4.9 - Dados experimentais e observações da equipe 02

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	326
Médio	258
Grande	244

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

Diâmetro	Corrente máxima observada (μA)
Pequeno	328
Médio	356
Grande	212,00

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

Quanto mais enrolamentos, mais corrente elétrica produzido

Figura 7.4.10 - Dados experimentais e observações da equipe 03

De um modo geral, os estudantes observaram que ao se aproximar ou se afastar o ímã da bobina, uma corrente elétrica era registrada no aparelho, o qual era o objetivo principal dessa atividade.

Outro propósito da prática era evidenciar que o simples fato de existir ou não um campo magnético na bobina não é capaz de induzir uma corrente elétrica no circuito, ou seja, é preciso “variar o campo” para se obter alguma leitura de corrente elétrica. As respostas dos estudantes, ainda que por vezes difíceis de serem interpretadas, trazem evidências de certo entendimento a esse respeito.

Em resumo, os estudantes observaram experimentalmente que o magnetismo é capaz de produzir eletricidade em determinadas situações. Descoberta que representou um salto gigantesco no desenvolvimento científico e tecnológico, e que modificou profundamente o estilo de vida do homem moderno.

conceitos relacionados à eletricidade, enquanto no mapa mais atual o estudante enfatizou fenômenos magnéticos, que relacionou com o eletromagnetismo.

Vemos nesse mapa o conceito de campo magnético relacionado com fluxo magnético e variação do fluxo, conceitos discutidos na sétima aula da sequência e que não apareceram na primeira versão de seu mapa.

Observamos também a presença de conceitos trabalhados na segunda aula: bússola, polos norte e sul magnéticos e geográficos, interação magnética, que também não foram mencionados no primeiro mapa.

Fez-se presente no mapa atual o conceito de tensão induzida, a qual foi trabalhada na sexta aula e recuperada na oitava. O estudante também relaciona a ideia de transformador com a lei de Faraday, conhecimentos ausentes em seu primeiro mapa.

Também aparecem conceitos colocados de maneira equivocada, tais como, por exemplo: “campo magnético gravitacional da Terra”, a ideia de “campo de energia uniforme” ou a expressão da lei de Faraday-Lenz que está escrita sem o sinal de igualdade.

De modo geral, fica evidente que novos conceitos foram adquiridos pelo estudante, ampliando e modificando seus subsunçores.

Todos esses novos conceitos foram discutidos durante as aulas, revelando como elas afetaram o entendimento dele a respeito do assunto. A análise revela mudanças conceituais, entretanto algumas ideias presentes no mapa poderiam ter sido relacionadas, por exemplo, à variação do fluxo magnético e à tensão induzida. Isso não deixa claro se o estudante compreendeu de fato do que se trata a lei da indução eletromagnética. Se caso tenha entendido, talvez não tenha conseguido relacionar essas ideias em seu mapa.

O mapa do estudante 05 (Figura 7.5.2) também traz muitos dos conceitos trabalhados durante as aulas, evidenciando que novos conhecimentos foram estabelecidos.

Da segunda aula identificamos, por exemplo, os conceitos de ímãs, interação magnética, regra da mão direita e polos magnéticos. Uma das preocupações quando analisamos o mapa inicial desse estudante era a respeito do conceito de cargas magnéticas (vide Figura 7.1.2). Nesse novo mapa vemos que esse conceito foi substituído pela ideia de polos magnéticos evidenciando uma mudança conceitual.

O estudante relaciona eletroímã com campo magnético, conceitos trabalhados na quarta aula. Destaca o experimento de Oersted, tema da terceira aula. Relaciona corretamente corrente elétrica e magnetismo (aula 03) e reconhece a relação entre os experimentos de Faraday e o gerador de energia, conceito discutido na quinta aula da sequência.

Apesar de menos organizado que o primeiro mapa, este mapa traz informações sobre fenômenos eletromagnéticos discutidos em sala de aula, evidenciando a validade das práticas propostas.

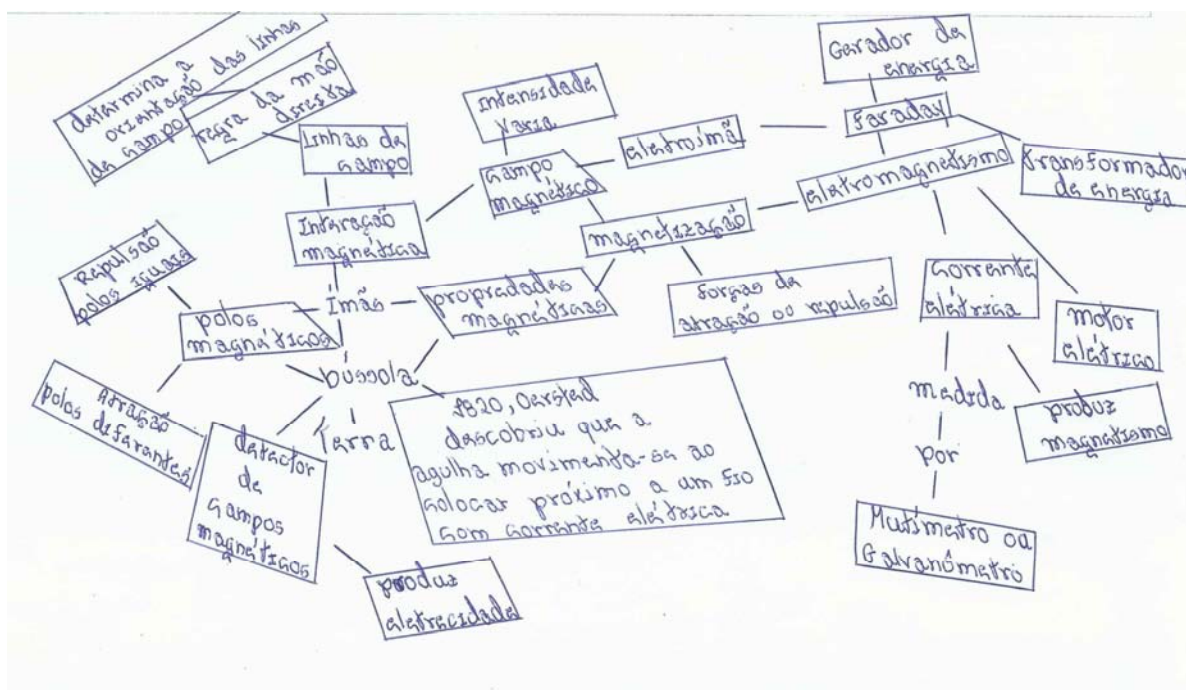


Figura 7.5.2 - Mapa conceitual do estudante 05 após as aulas

O mapa produzido pelo estudante 07 (Figura 7.5.3) mostra um aumento considerável no número de conceitos que ele relaciona com o tema. Aparecem temas trabalhados em praticamente todas as oito aulas teóricas e experimentais. Podemos verificar que o estudante adquiriu um bom entendimento sobre o conteúdo, por exemplo, partindo do conceito “corrente induzida”, o estudante o liga ao conceito “tensão induzida” e então com a ideia de que no interior da Terra existem cargas em movimento que seriam responsáveis pelo seu comportamento magnético.

Isso demonstra que se estabeleceu o entendimento sobre a relação entre o magnetismo e a eletricidade. No canto superior direito de seu mapa vemos que o estudante relaciona “fluxo magnético” com “experimento 2”, aparentemente referindo-se ao experimento do transformador de Faraday executado na quinta aula, e com a ideia de que não era a presença do campo magnético que produzia a f.e.m., mas a variação de seu fluxo em uma espira. Mais uma evidência de aprendizado.

Existem algumas associações que não são muito coerentes, por exemplo, quando o estudante relaciona “campo magnético que varia” com “campo gravitacional da Terra”. Mas também boas ligações como quando ligou “corrente elétrica gera campo magnético” com

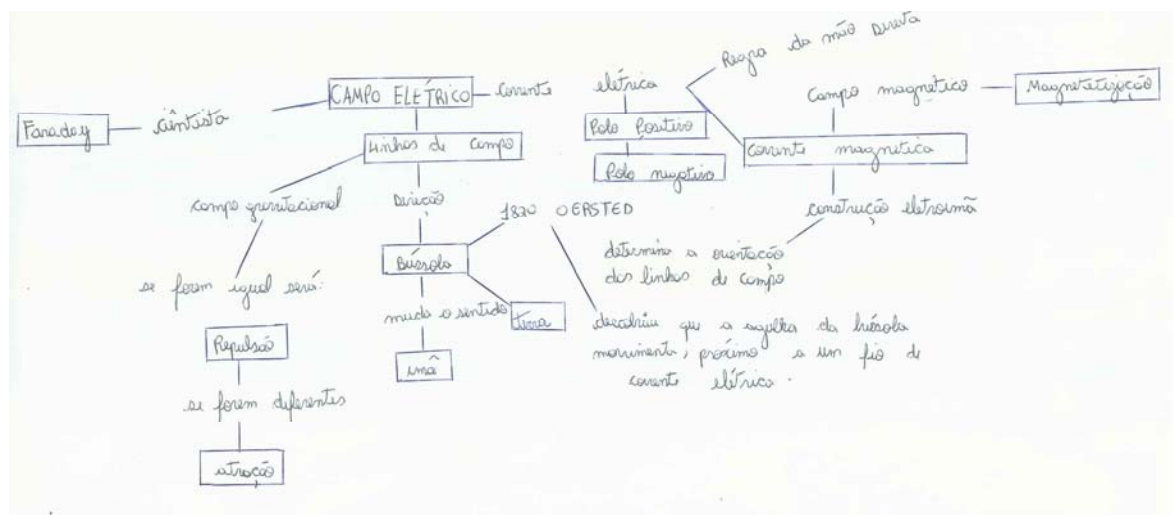


Figura 7.5.4 - Mapa conceitual do estudante 06 após as aulas

O primeiro mapa do estudante 08 pouco lembrava um mapa conceitual, como se verifica na figura 7.1.5. Este novo trabalho (Figura 7.5.5), porém, apresentam-se conceitos hierarquizados e organizados, tal como se espera encontrar nesse tipo de trabalho.

Este estudante também associava em seu primeiro trabalho o fenômeno magnético a “cargas magnéticas”. Nesse novo mapa vemos que aquele subsunçor foi modificado e o fenômeno que antes estava associado às cargas elétricas passou a ser ligado a ideia de “polos magnéticos”.

Uma característica peculiar desse mapa diz respeito à escolha do estudante em destacar os cientistas Oersted e Faraday. Mais que isso, ele associa Oersted à ideia de que corrente elétrica produz magnetismo (tal como foi demonstrado por esse cientista em 1820) e Faraday à ideia de que magnetismo produz corrente elétrica, fenômeno descoberto em 1831. Isso pode nos dar evidências de que uma abordagem histórica do conhecimento científico pode estabelecer relações com o conhecimento que já estava estabelecido no cognitivo do aluno, garantindo sua lembrança quando solicitado.

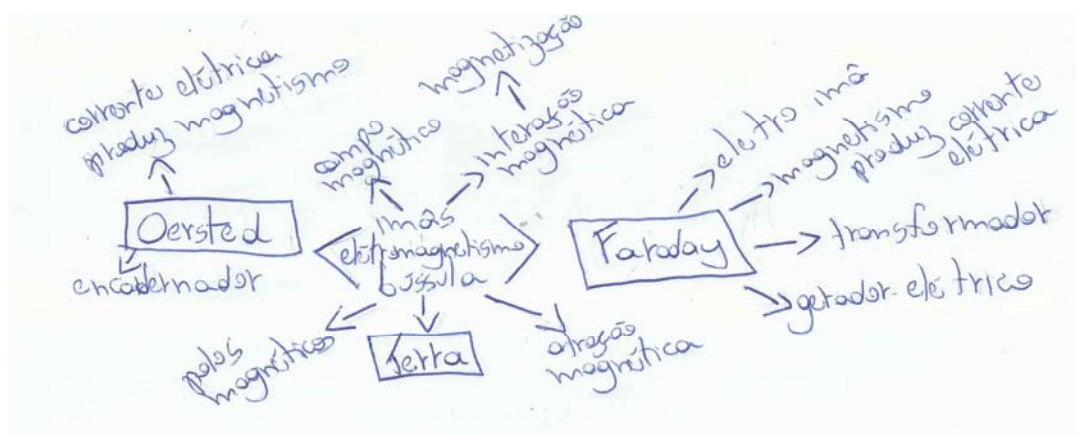


Figura 7.5.5 - Mapa conceitual do estudante 08 após as aulas

No mapa elaborado inicialmente pelo estudante 04 (Figura 7.1.7), surgiram apenas conceitos relacionados à eletricidade, nenhuma referência ao magnetismo. Ao contrário, em seu novo mapa, o estudante faz referência ao conceito de campo magnético variável, polos magnéticos e ímãs. Aparece também a expressão algébrica para o fluxo magnético (Figura 7.5.7).

Apesar de resumido, o mapa atual apresenta ideias que se referem à experimentação em sala, por exemplo, quando o estudante relaciona eletromagnetismo com “aproximação de metal” e então com “pulsos de corrente elétrica” é razoável supor que esteja referindo-se à observação experimental durante a execução do experimento de Faraday (aula 06).

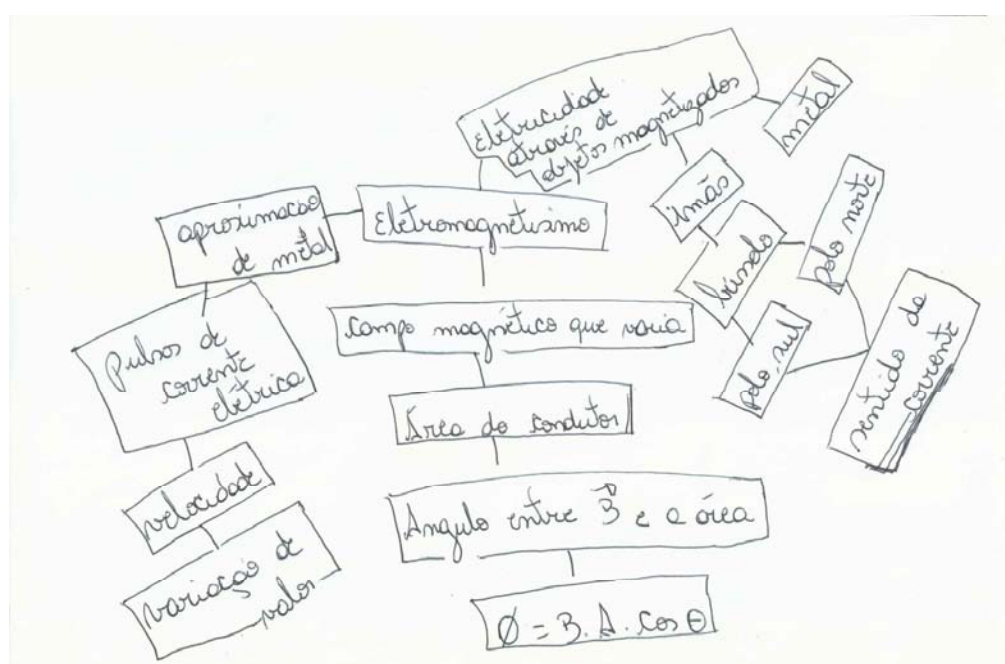


Figura 7.5.7 - Mapa conceitual do estudante 04 após as aulas

O estudante 02, em seu primeiro mapa (Figura 7.1.8) associa a atração magnética com um fenômeno relacionando com o excesso de elétrons livres em um objeto. Em seu mapa atual, figura 7.5.8, não há nenhuma referência àquela concepção, entretanto, isso não garante que ela tenha sido modificada como esperávamos.

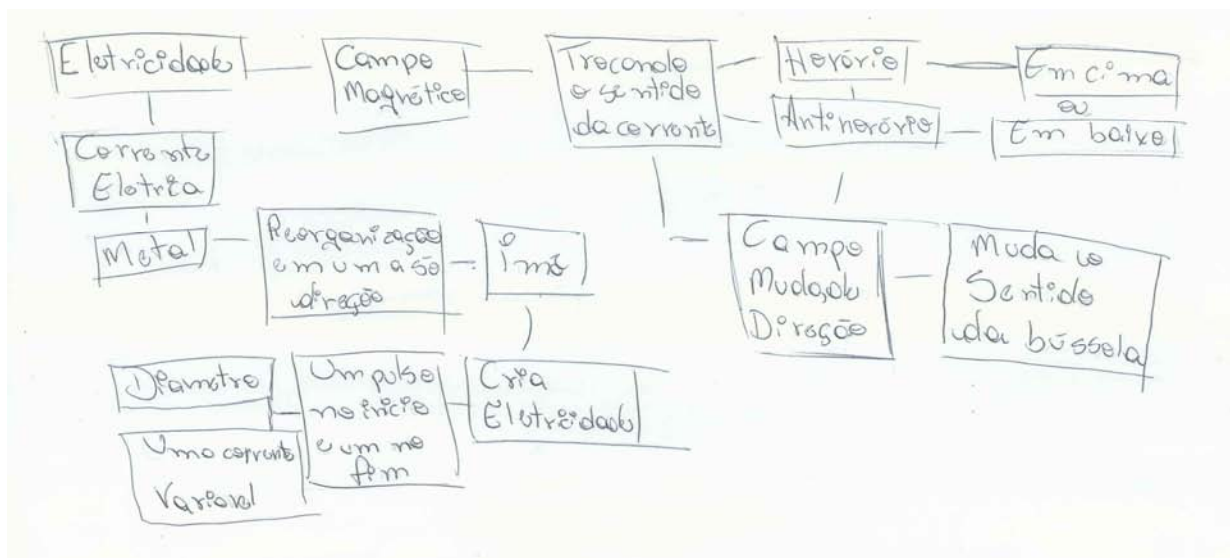


Figura 7.5.8 - Mapa conceitual do estudante 02 após as aulas

O novo mapa está mais conciso e mais organizado. Entretanto as relações conceituais não são muito precisas. Por exemplo, o estudante relaciona eletricidade diretamente com campo magnético, o que não está completamente correto. Logo em seguida, ligado ao conceito de campo magnético, aparece “trocando o sentido da corrente” e então “campo muda de direção”, o que certamente faz referência ao experimento de Oersted realizado na segunda aula.

Em outra região do seu mapa aparece o termo “ímã”, o qual está ligado à ideia de “cria eletricidade”, o que indica falta de domínio destes termos por parte do aluno. Porém, evidencia-se algum aprendizado, especialmente relativo aos fenômenos observados nas atividades experimentais.

7.5.2 Turma 3^a07 EMR

O primeiro mapa conceitual analisado dessa turma foi do estudante 12 (Figura 7.1.9). Na primeira versão deste estudante haviam surgidos os termos eletricidade e magnetismo, mas não foram ligados diretamente com o conceito “eletromagnetismo”, não deixando claro seu entendimento sobre esses conceitos.

Nesta nova versão (Figura 7.5.9) verificamos uma tendência em associar o eletromagnetismo a fenômenos magnéticos, como a magnetização e a “atração de ferro”. Surgem os conceitos de eletroímã, campo magnético e polos magnéticos, ausentes no mapa inicial. Também se faz presente nesse novo trabalho um possível enunciado da Lei de Faraday. Observam-se assim evidências de mudanças conceituais acerca do fenômeno.

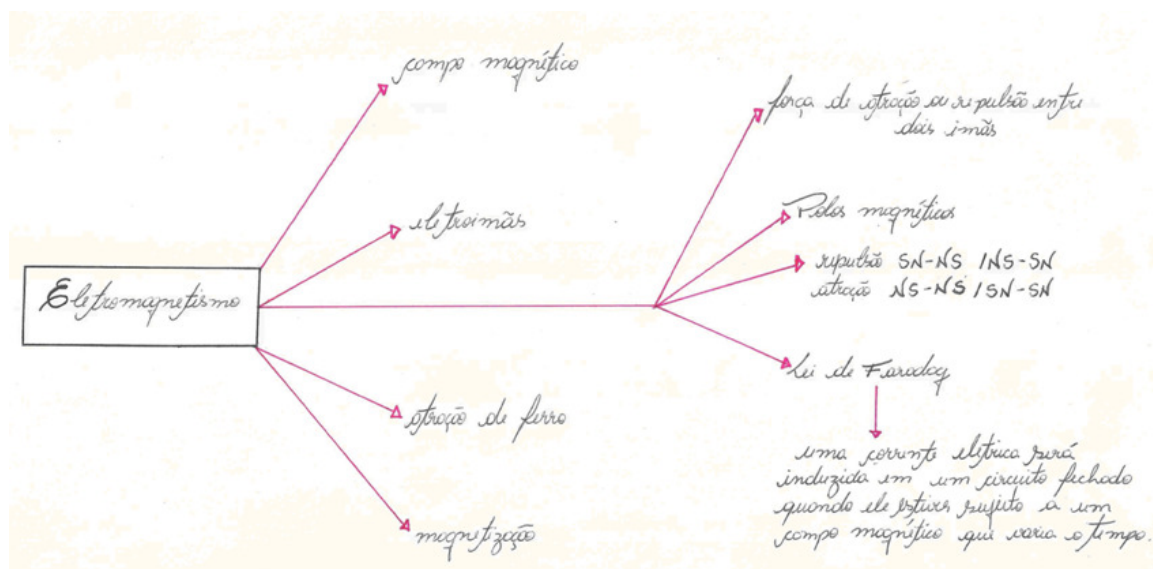


Figura 7.5.9 - Mapa conceitual do estudante 12 após as aulas

Assim como em seu primeiro mapa conceitual (Figura 7.1.10), em seu novo trabalho (Figura 7.5.10) o estudante 18 apresenta o conceito “eletromagnetismo” numa posição central. Enquanto naquele trabalho ele associou ao conceito central os termos eletricidade e ímãs, em sua nova versão aparecem os termos ímãs, corrente alternada e bobinas como seguintes na hierarquia conceitual. Apesar dos graves erros de gramática, as ligações conceituais são razoáveis.

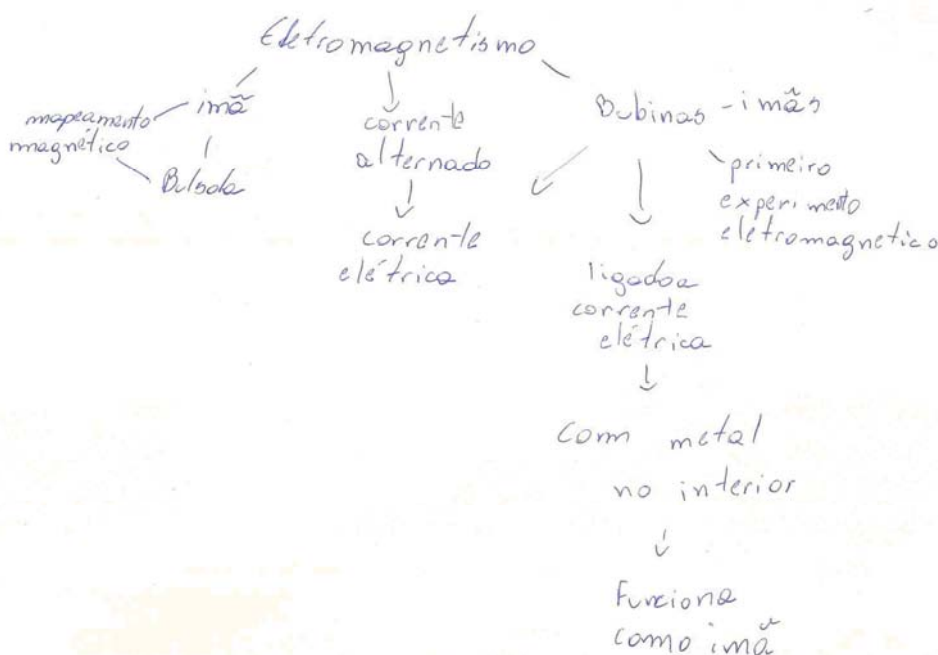


Figura 7.5.10 - Mapa conceitual do estudante 18 após as aulas

Na sua primeira versão o estudante 18 trouxe a ideia de dínamo e a sua função como “carregador de baterias”. Esperávamos que após as aulas ele tivesse subsídios para relacionar

aquele conhecimento prévio com o fenômeno da indução eletromagnética observado nas atividades, entretanto, observa-se que o estudante não faz nenhuma menção aquele conhecimento. Caso ele tivesse relacionado corretamente a teoria física com o conhecimento prático, teríamos fortes evidências de uma aprendizagem significativa, mas a ausência dessas ideias em seu novo mapa não nos garante que o aprendizado tenha ocorrido. Se ocorreu, por alguma razão não foi registrado.

Comparando-se os mapas produzidos pelo estudante 09 antes (Figura 7.1.11) e após as aulas (Figura 7.5.11) vemos uma considerável melhora na distribuição e relações dos conceitos no novo mapa. Além de melhor estruturado, o novo trabalho traz mais do conteúdo associado ao eletromagnetismo. Por exemplo, surge neste novo mapa o conceito de linhas de indução associado ao conceito de campo magnético. Naturalmente algumas ideias necessitavam ser mais bem desenvolvidas, por exemplo, o estudante conecta “corrente elétrica” com “eletricidade magnética” e então com bússolas. A falta de palavras de ligação entre os conceitos é um problema recorrente nos mapas elaborados, sem elas em alguns casos fica extremamente difícil avaliar corretamente qual o significado para o educando de determinada associação conceitual.

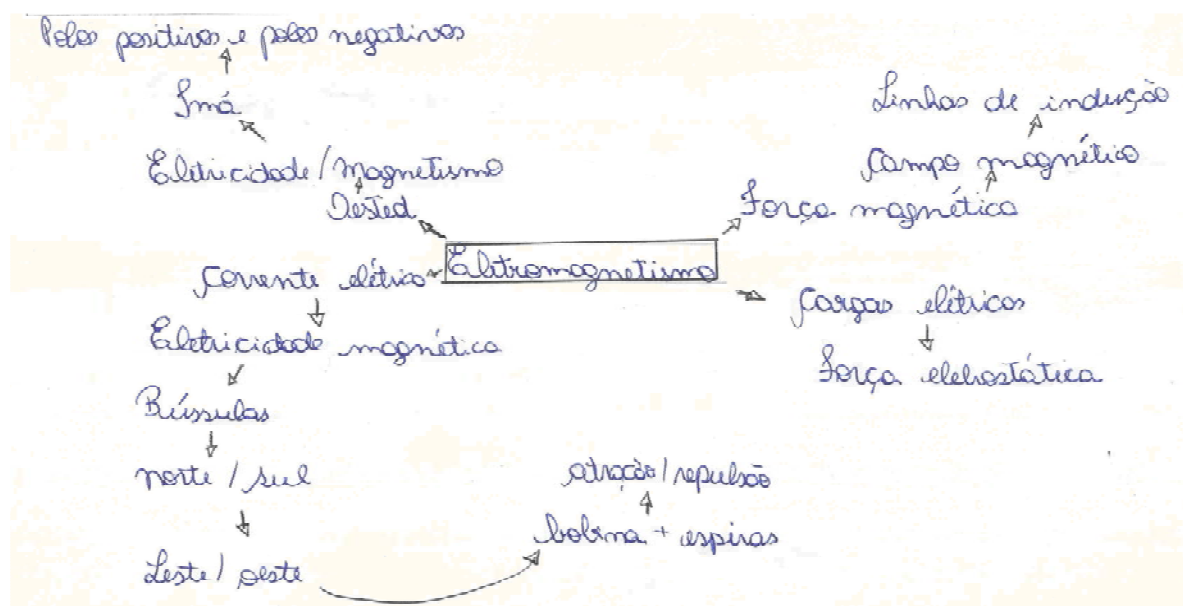


Figura 7.5.11 - Mapa conceitual do estudante 09 após as aulas

A figura 7.5.12 apresenta o novo mapa conceitual do estudante 10. Quando comparado com o mapa produzido antes das aulas (Figura 7.1.12) verificamos um imenso progresso.

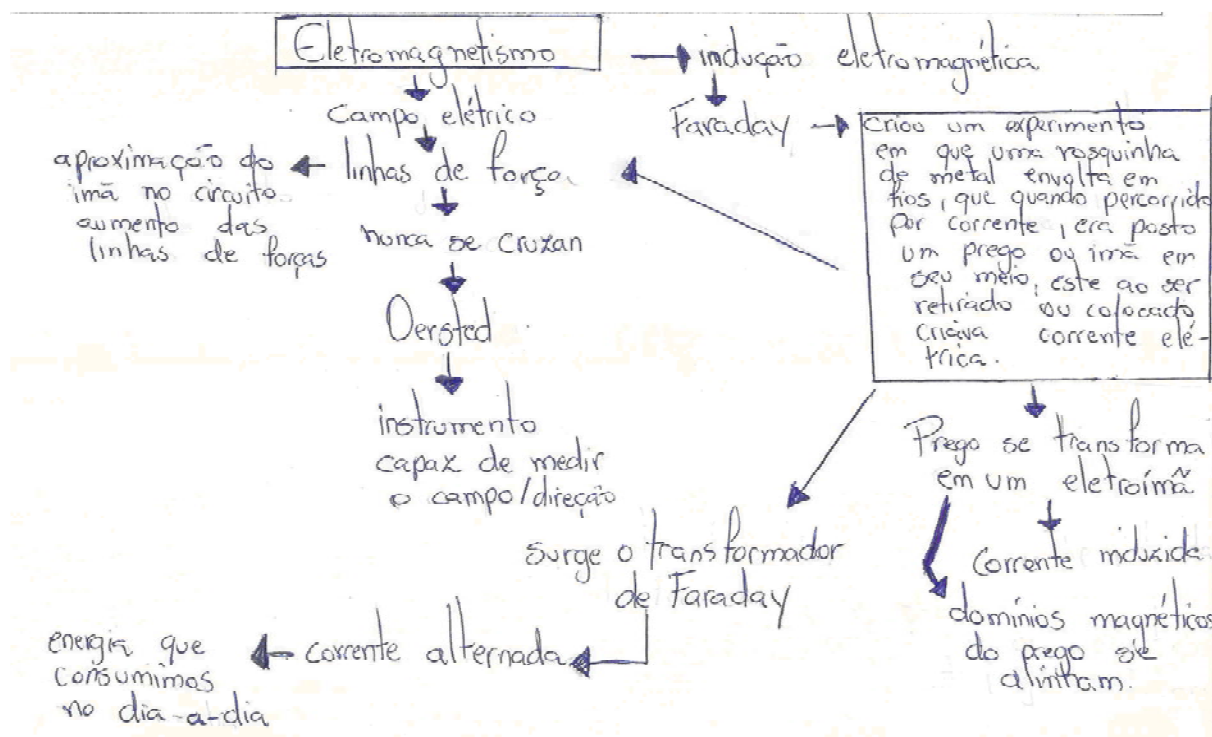


Figura 7.5.12 - Mapa conceitual do estudante 10 após as aulas

Neste novo trabalho os conceitos estão mais bem estruturados e bem relacionados entre si. A leitura desse trabalho permite perceber que o estudante refletiu e compreendeu vários dos conceitos discutidos nas aulas. Vale destacar, por exemplo, a conexão feita pelo educando entre “transformador de Faraday”, o conceito de “corrente alternada” e então com a concepção de energia elétrica consumida. Ao associar o alinhamento dos domínios magnéticos com o funcionamento de um eletroímã, o estudante mostra que houve uma profunda reflexão sobre o fenômeno, evidenciando um entendimento, uma aprendizagem significativa do assunto.

A estrutura básica do mapa inicial do estudante 13 (Figura 7.1.13) permaneceu no mais atual (Figura 7.5.13). Naquele, o educando faz um paralelo entre pilha e ímã, essa dicotomia se repete no novo mapa com os conceitos “repulsão” e “atração”. Apesar de bem fraco conceitualmente, existem algumas referências às atividades experimentais trabalhadas, por exemplo, quando o estudante associa “corrente elétrica” com “alteração do sentido da bússola”. Entretanto, não há nenhuma referência ao fenômeno da indução eletromagnética, cujo entendimento era um dos principais objetivos das práticas.

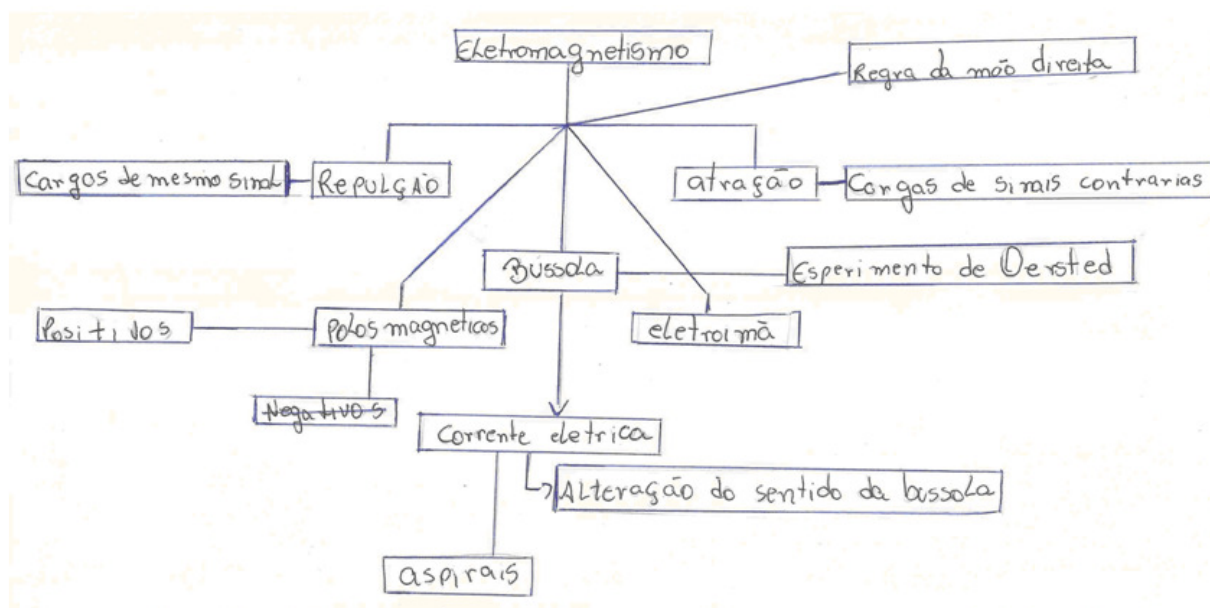


Figura 7.5.13 - Mapa conceitual do estudante 13 após as aulas

Comparar o mapa inicial do estudante 11 (Figura 7.1.14) com sua nova versão (Figura 7.5.14) revela outro grande salto de qualidade. Enquanto o primeiro trabalho trouxe pouquíssimo conteúdo, nesse novo mapa vemos referências aos assuntos trabalhados em várias aulas. Seu novo mapa está bem estruturado e as definições associadas aos conceitos são bem precisas, o que evidencia um bom entendimento sobre os fenômenos observados e discutidos.

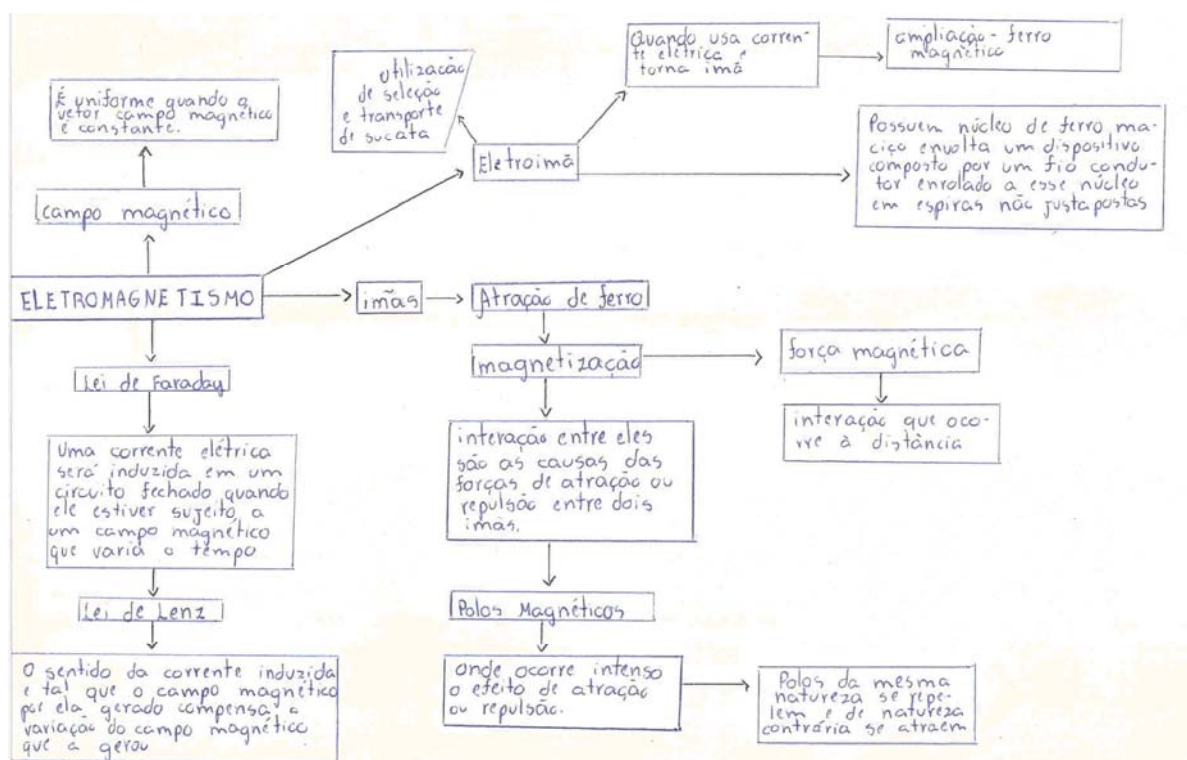


Figura 7.5.14 - Mapa conceitual do estudante 11 após as aulas

Na elaboração de seu primeiro mapa conceitual, o estudante 14 (Figura 7.1.15) apresenta apenas conceitos relacionados à eletricidade e por alguma razão o termo central daquele mapa foi “unidades”.

Na nova versão de seu mapa, figura 7.5.15, verificou-se um grande avanço. O estudante escolheu o “eletromagnetismo” como palavra-chave de seu novo mapa, dela derivam os termos: carga elétrica, potencial elétrico, fluxo magnético, indução magnética, magnetismo, campo elétrico, campo magnético e ímã. Nenhum desses conceitos ocorreu em seu primeiro mapa, indicando um apreciável progresso do estudante ao longo das aulas.

O estudante 14 faz um paralelo interessante entre “carga elétrica” ligada aos termos positiva e negativa e o termo “ímã” conectado aos termos polo norte e polo sul.

Ainda que o estudante tenha mencionado o fenômeno da indução magnética, não fez nenhuma associação conceitual ao termo, o que dificulta a avaliação sobre a aprendizagem do aluno a partir da prática desenvolvida.

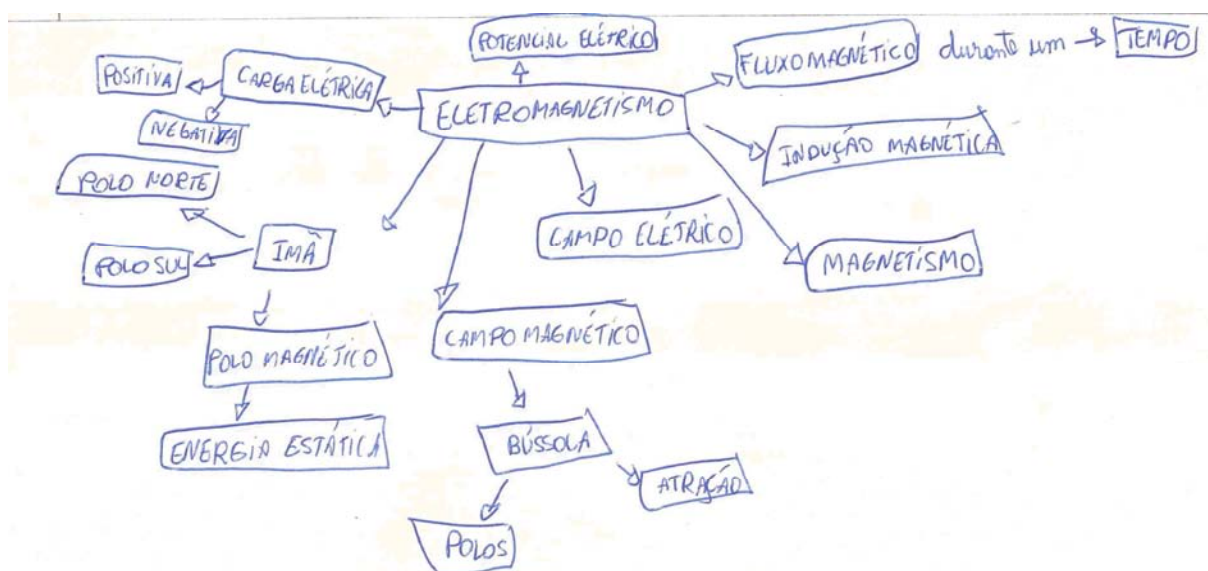


Figura 7.5.15 - Mapa conceitual do estudante 14 após as aulas

O primeiro trabalho do estudante 15 (Figura 7.1.16) pouco se assemelhou com um mapa conceitual. Entretanto, seu novo mapa, figura 7.5.16, mostra que o estudante superou suas dificuldades em confeccionar mapas conceituais e entregou um trabalho razoavelmente bem estruturado.

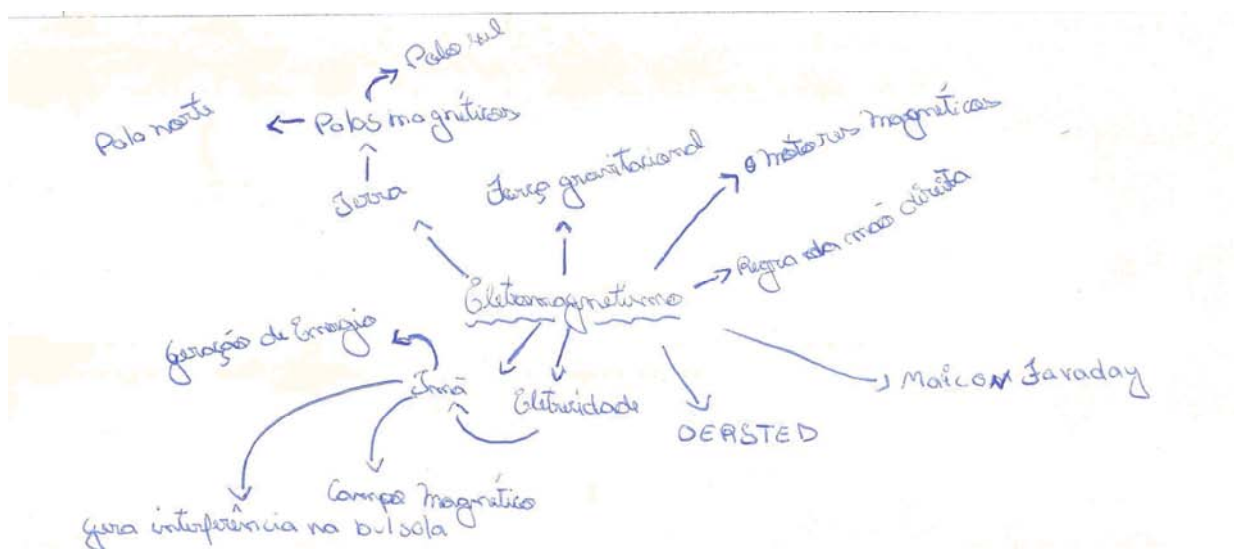


Figura 7.5.16 - Mapa conceitual do estudante 15 após as aulas

Enquanto em seu primeiro mapa os conceitos “campo magnético” e “ímã” apareceram desconectados, neste novo mapa vemos esses conceitos encontram-se ligados.

Ao associar o termo central com a palavra “Terra” e então com “polos magnéticos” vemos evidências de aprendizagem acerca da natureza eletromagnética do planeta, conceitos que antes estavam ausentes e foram trabalhados na segunda aula.

O estudante 15 ainda menciona os cientistas cujos experimentos foram alvos de estudos durante as atividades, Oersted e Michael Faraday. Ainda que pudesse associar esses nomes a fenômenos observados ou conceitos discutidos, o estudante limitou-se apenas a associá-los ao conceito mais central.

Os primeiros mapas dos estudantes 16 e 17 traziam semelhanças inegáveis, o que deixou a impressão que um teria inspirado a elaboração do mapa do outro (vide figuras 7.1.17 e 7.1.18). Entretanto, seus novos mapas em nada se parecem, como podemos observar pelas figuras 7.5.17 e 7.5.18.

O novo mapa do estudante 17 é de difícil compreensão, os conceitos não ficam evidentes. Aparentemente ele tentou relacionar a corrente induzida com os conceitos de variação de fluxo magnético, mas utiliza uma linguagem que não nos permite garantir que era essa sua intenção.

Enquanto em seu primeiro trabalho traz apenas referências à eletrostática, o novo mapa do estudante 16 (Figura 7.5.18) revela uma revisão das atividades experimentais trabalhadas durante as aulas, evidência de como a prática experimental afetou o aprendizado do aluno.

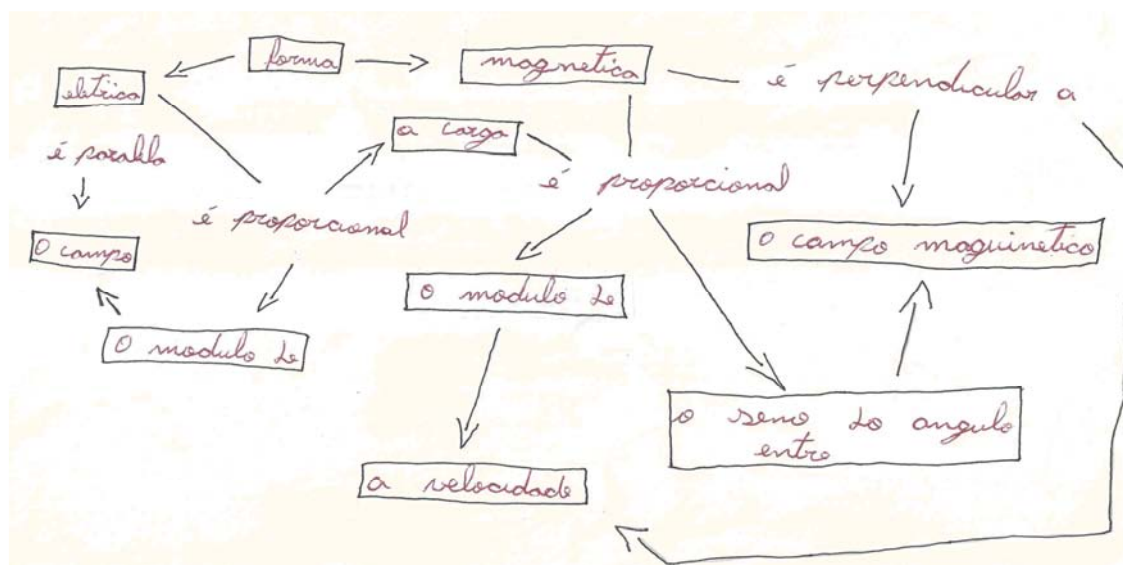


Figura 7.5.17 - Mapa conceitual do estudante 17 após as aulas

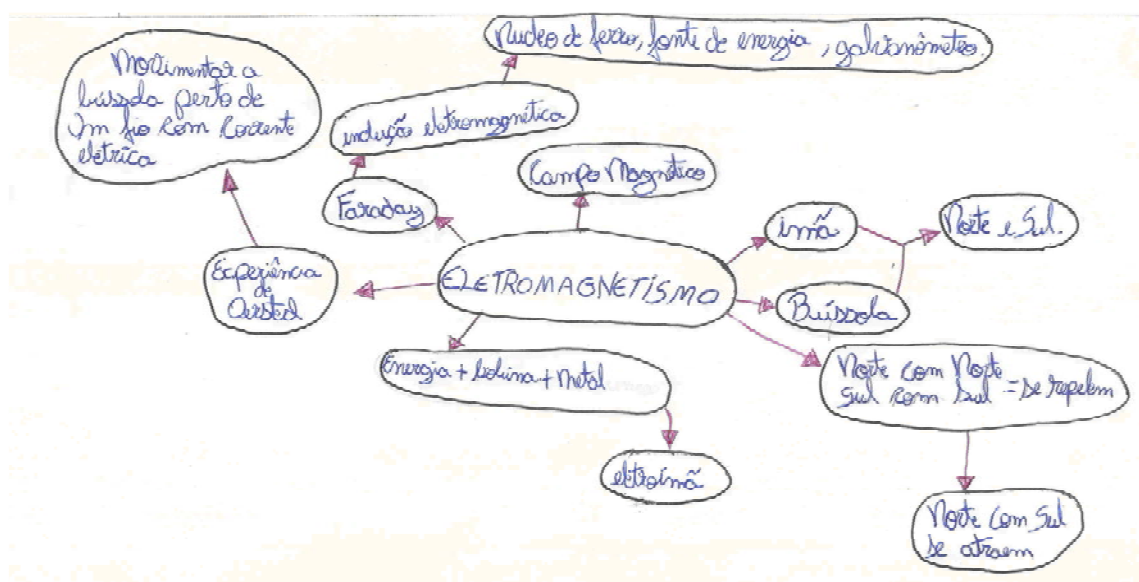


Figura 7.5.18 - Mapa conceitual do estudante 16 após as aulas

O estudante 16 faz boas conexões entre os conceitos registrados, por exemplo, às palavras “energia+bobina+metal” o aluno liga o conceito de “eletroímã”, claramente referindo-se a atividade desenvolvida na quarta aula.

Associado ao nome Faraday está o conceito de indução eletromagnética que por sua vez foi ligado aos termos “núcleo de ferro, fonte de energia e galvanômetro”, outra vez fazendo referência ao fenômeno e aos equipamentos utilizados na quinta e sexta aulas da sequência.

Esse mapa, mais que qualquer outro, priorizou elementos das atividades experimentais e demonstrou que para este estudante as ideias e/ou conceitos que permaneceram em seu cognitivo foram ancorados naquelas observações experimentais.

8. Considerações Finais

“A ciência é muito mais do que um corpo de conhecimentos. É uma maneira de pensar.”

A afirmação de Carl Sagan retrata como esse cientista enxergava a ciência. A ciência, em especial a Física, não se trata apenas de um amontoado de conceitos abstratos, equações, fórmulas e leis que servem para explicar e modelar os fenômenos da natureza.

Mais que isso, a Física e demais ciências são ferramentas poderosas e fascinantes que nos permitiram decifrar o desconhecido, expandindo nosso entendimento sobre a natureza e a realidade da forma mais confiável que conhecemos.

O que garante esta confiabilidade do conhecimento científico é, em última análise, a experimentação. Se algum conhecimento não sobreviver à experimentação esse conhecimento precisa ser abandonado, ou então, reformulado.

Por essas razões que a experimentação representa uma parte fundamental para o ensino de ciências e, portanto, não pode estar ausente no processo de ensino e aprendizagem da Física.

Porém o que se observa, especialmente nos cursos de nível médio, é um ensino de Física descaracterizado da experimentação, o qual se restringe à apresentação sistemática e quase totalmente teórica de vários assuntos. Nessas situações, o sucesso dos aprendizes é assegurado se esse for capaz de solucionar problemas associados à aplicação de fórmulas ou leis, muitas vezes vazias de significado.

Outro aspecto equivocado do ensino de ciências nas escolas relaciona-se a apresentação do conhecimento científico como algo acabado, definitivo e principalmente, fruto da genialidade de alguns poucos cientistas. Tal abordagem deturpa a realidade, pois dá a falsa impressão que o desenvolvimento científico só acontece graças a uma pequena elite intelectual da qual um sujeito comum jamais fará parte.

Ciente desses problemas, essa pesquisa em ensino de Física teve como escopo central a proposição de uma abordagem inovadora para o ensino da lei da indução eletromagnética de Faraday, destinada a estudantes do Ensino Médio. Nela, priorizamos a experimentação, aspectos e personagens históricos envolvidos no desenvolvimento de conceitos associados ao eletromagnetismo e os desdobramentos tecnológicos que este conhecimento propiciou.

Mais especificamente, procuramos oferecer atividades experimentais que utilizassem materiais de fácil acesso e baixo custo, pois reconhecemos as dificuldades financeiras

enfrentadas tanto pelas instituições públicas de ensino como pelos professores que nelas lecionam.

Nossos “kits experimentais”, detalhados no Apêndice - Produto Educacional, p. 179, tal como planejados e propostos estão adequados aos critérios previamente apontados, o que favorece a replicação dessas atividades pelos docentes que se interessarem nesta pesquisa.

Uma de nossas preocupações era a de encontrar uma forma de provocar nos estudantes a expectativa em relação às atividades propostas, de modo que esse sentimento favorecesse a aprendizagem.

Felizmente, conforme havíamos imaginado, as cinco aulas experimentais propostas despertaram grande interesse por parte dos estudantes de ambas as turmas. O interesse e a curiosidade são fatores que configuram a predisposição para aprender, fator determinante para a ocorrência da aprendizagem de forma significativa.

Verificamos que estudantes, que em geral se mantinham indiferentes em relação à Física, mostraram-se entusiasmados com as atividades experimentais. A experimentação foi capaz de intrigar e de mostrar aos estudantes que a natureza se comporta por vezes de modo contra intuitivo e surpreendente.

Na segunda aula, a primeira experimental, os estudantes observaram com atenção a interação entre ímãs, mapearam os campos propostos e visualizaram suas configurações e propriedades. Essa atividade permitiu a discussão de conceitos que mais tarde ocorreram na avaliação via mapas conceituais.

O funcionamento de uma bússola e seu caráter magnético foi investigado pelos estudantes, os quais observaram e manipularam tais objetos, alguns deles pela primeira vez.

Seguramente a técnica de mapeamento dos campos magnéticos proposta além de fácil replicação, mostrou-se uma poderosa ferramenta para ensinar o abstrato conceito de linhas de campo, fundamental no ensino e compreensão dos fenômenos associados ao tema proposto. A visualização em 3D das linhas de campo através do experimento mostrado em vídeo, apresentado na síntese integradora das aulas, favoreceu a interpretação do mapeamento que eles haviam acabado de obter experimentalmente. Porém, a visualização do vídeo, em nosso ponto de vista, mas não substitui a prática em si.

Na terceira aula da sequência os estudantes reproduziram, de forma adaptada, a experiência que unificaria definitivamente o magnetismo e a eletricidade. Algumas dificuldades em interpretar o texto do roteiro e expressar suas ideias quando solicitados foram identificadas durante as aulas. Entretanto, todos os estudantes que visualizaram a deflexão na

agulha da bússola, provocada pela passagem de corrente elétrica em um fio, se surpreenderam com o fenômeno e naquele momento entenderam quanto significativa fora aquela descoberta.

A análise dos mapas conceituais (Capítulo 7) mostrou ainda que, naquela avaliação, alguns estudantes trouxeram referências ao fenômeno e ao experimento realizado, evidenciando a aprendizagem e, portanto, a validade da atividade.

Vale destacar alguns dos fatores que interferiram negativamente no processo de ensino e aprendizado, são eles: ausência nas aulas, problemas de relacionamento entre os estudantes, graves deficiências em relação à escrita e à leitura.

Especificamente no caso da turma do período noturno, os constantes atrasos e faltas comprometeram seriamente o aprendizado de alguns dos estudantes. Todas as etapas previstas no planejamento das atividades deveriam ter sido executadas para que pudessemos obter resultados a respeito do aprendizado dos estudantes.

Na quarta aula, em que trabalhamos o eletroímã, os estudantes construíram livremente seus aparatos, que depois passaram por um processo de engenharia reversa para descobrir os segredos por trás do eletroímã mais eficiente.

Essa experiência foi marcante, especialmente para a turma do EMI, pois um dos eletroímãs, apesar de possuir mais enrolamentos que o concorrente, apresentou menor intensidade magnética. Ao realizarem a “engenharia reversa” ficou evidente o que havia acontecido, o sentido do enrolamento do fio condutor havia sido invertido em relação ao sentido do enrolamento inicial. Isso acarretou um campo magnético resultante menor do que o esperado. A discussão desse episódio foi mediada pelo professor, mas as conclusões foram obtidas pelos próprios estudantes. Acreditamos que o “erro” quando utilizado adequadamente também se apresenta como uma poderosa ferramenta de ensino.

O transformador de Faraday foi outra das atividades que gerou bons resultados. Seu objetivo, entre outros, era que os estudantes verificassem o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios, a partir de um fenômeno eletromagnético, tal como realizado em 1831. Nesta aula propusemos um texto de apoio (Apêndice - Produto Educacional, p. 169) cujo objetivo era de contextualizar o momento histórico e apresentar uma breve biografia de Michael Faraday.

Nessa aula, os estudantes puderam observar o funcionamento de um transformador elétrico primitivo, e perceber como a intensidade da corrente elétrica induzida era influenciada pelo material colocado no interior das bobinas.

Nessa atividade o conhecimento que os estudantes já haviam adquirido nas aulas anteriores evidenciou-se. Por já conhecer o experimento de Oersted, os estudantes

rapidamente previram que a bobina ao ser percorrida por uma corrente elétrica produziria um campo magnético em seu entorno.

Depois de construírem os eletroímãs, ficou mais evidente a razão de Faraday utilizar um anel de ferro doce em seu experimento original.

Ao serem questionados pelo professor, os estudantes se mostraram mais confiantes em suas respostas, justamente por estarem mais familiarizados com os fenômenos observados.

Isso nos revelou o quão importante é um planejamento de ensino que leve em consideração não somente o conteúdo a ser ensinado, mas também o contexto histórico e, no caso, os experimentos originais. Afinal, grandes descobertas da ciência, em geral, foram baseadas em ideias mais primitivas, eventos que sequencialmente conduziram os cientistas, consciente ou inconscientemente, àquelas descobertas.

Na sexta aula da sequência, os estudantes finalmente reproduziram o experimento de Faraday, no qual demonstrou-se ser possível produzir corrente elétrica a partir do magnetismo. Muitos ficaram admirados pela simplicidade e ao mesmo tempo da importância daquele experimento, afinal, o mundo movido pela eletricidade do qual fazem parte só foi possível graças a esses experimentadores do século XIX.

Nessa atividade os estudantes observaram que ao aproximarmos ou afastarmos um ímã de uma bobina, uma corrente elétrica é induzida, cumprindo com o objetivo principal da aula. Outro aspecto trabalhado nessa atividade foram os modos de se obter uma corrente elétrica induzida em uma bobina, a partir da variação do campo magnético em seu entorno.

Ao fim dessas cinco aulas experimentais os estudantes já tinham vivenciado as experiências e possuíam os pré-requisitos para uma abordagem mais quantitativa dos fenômenos observados.

Na sétima aula utilizamos a simulação interativa como recurso facilitador do aprendizado, o objetivo era definir qualitativa e quantitativamente o conceito de fluxo magnético. O recurso utilizado, o aplicativo Faraday's Law do PhET, mostrou-se promissor pela rapidez e compatibilidade com qualquer navegador. Essa tecnologia admite que esse recurso seja acessado inclusive via smartphones, permitindo que os estudantes possam utilizá-lo em seus aparelhos durante e após as aulas.

A oitava aula da sequência didática caracterizou-se por conciliar todas as novas informações coletadas via experimentação e discussão e então estabelecer a lei da indução eletromagnética de Faraday, de forma completa, em seus aspectos físicos e matemáticos.

A partir daí, na nona aula, reconhecemos a lei da indução eletromagnética de Faraday como princípio fundamental por trás da geração de eletricidade. Nesta aula também

utilizamos um texto de apoio (Apêndice - Produto Educacional, p. 170), o qual fomentou as discussões acerca das diversas formas de produção de eletricidade em grande escala. O uso desse texto também se mostrou adequado, sendo indicada sua utilização especialmente como organizador prévio.

Avaliarmos qualitativamente a mudança conceitual dos aprendizes utilizando como estratégia de avaliação a elaboração de mapas conceituais era outro dos nossos propósitos com esse trabalho. Utilizamos a elaboração de mapas conceituais antes e após as aulas, para então compararmos os trabalhos e tentarmos identificar avanços conceituais e evidências da aprendizagem significativa.

As análises dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes antes e depois das aulas trazem uma perspectiva positiva a respeito da validade da sequência didática. Entretanto, poderíamos ter um melhor entendimento das proposições registradas em um mapa conceitual, a partir da explicação delas pelo próprio autor.

Outro problema com esse tipo de avaliação reside no pequeno espaço de tempo disponível para a elaboração dos mapas. Em todos os casos, disponibilizamos apenas o tempo de uma aula para a produção dos mapas. Essa escolha pretendia evitar que os estudantes baseassem seus mapas em algo pronto. Porém, ao limitarmos a elaboração dos mapas ao espaço de tempo de uma hora-aula, limitamos também os resultados que poderíamos obter. Mesmo com os problemas descritos, o uso dessa estratégia de avaliação rendeu belos trabalhos, reais avanços conceituais e evidências de aprendizagem significativa.

Desde a sua concepção até sua aplicação em sala de aula, o conteúdo, as atividades e a sequência proposta foram cuidadosamente planejadas e preparadas para que o estudante fosse capaz de melhorar do ponto de vista conceitual.

Partindo do conhecimento básico acerca do magnetismo, apresentou-se gradualmente novos (e mais complexos) conceitos a cada aula. Esses conceitos foram trabalhados na síntese integradora de cada aula, de modo que o estudante fosse capaz de estabelecer ligações entre o novo conhecimento e aquilo que já existia no seu cognitivo (subsunçores), favorecendo a aprendizagem significativa.

Finalmente, as práticas didáticas serviram para a organização de um manual destinado a professores do Ensino Médio, o qual é constituído de: planos de aula, textos de apoio, roteiros experimentais e da descrição dos kits experimentais, o qual constituirá, futuramente, o produto deste mestrado.

Futuramente, esperamos organizar esse trabalho no formato de uma oficina de ensino para formação continuada de professores de Física.

Referências

- AUSUBEL, P. D. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 2000.
- BRAGA, M.; GUERRA, A. e REIS, J.C. Breve história da Ciência moderna, volume 3: Das luzes ao sonho do doutor Frankenstein. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- BRAGA, M.; GUERRA, A. e REIS, J.C. Breve história da Ciência moderna, volume 4: A belle-époque da ciência moderna. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei N° 9.394, de 20 de dezembro de 1996).
- BRASIL. PCN's: Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ministério da Educação, Brasília, 2002.
- COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Formação Continuada de Professores numa visão Construtivista: Contextos Didáticos, Estratégias e Formas de Aprendizagem no Ensino Experimental de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1: p. 7-34, Abril de 2008.
- DIAS, S. V. Michael Faraday: Subsídios para Metodologia de Trabalho Experimental. Instituto de Física da Universidade de São Paulo. 2004.
- FARIAS, A. J. O. A Construção do Laboratório na Formação do Professor de Física. Caderno Catarinense do Ensino de Física, Florianópolis, v.9, n.3: p.245-251, Dezembro de 1992.
- HEWITT, P. G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.
- LAVARDA, F. C. (Responsável) Experimentos de Física para o Ensino Médio e Fundamental com materiais do dia-a-dia. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Disponível em: < <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/> >
- MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.
- MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem - São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, março de 2003, Curitiba.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O ENSINO, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988. Revisado em 2012.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física. Instituto de Física - UFRGS. Versão 1.0, 2016.

NOVAK J. D.; GOWIN, D. B. Aprendiendo a aprender. Barcelona: Ediciones Martínez Roca. 1988.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. Revista do Programa de Educação Corporativa (PEC), Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PIAGET, J. Seis estudos de epistemologia. Forense Universitária, 1976.

PhET: Simulações em Física. Universidade do Colorado. Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations >

ROCHA, J.F.M., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

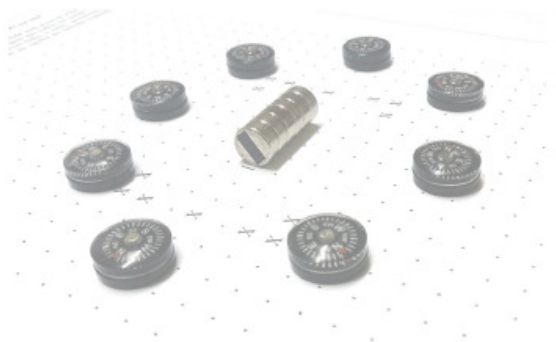
SALVADOR, J. A.; OLIVIERI, C. A. Interdisciplinaridade em Programas de Educação Continuada no Nível Médio. Física na Escola, v. 4, n. 1, 2003.

SAUERWIEN, I. P. S.; DELIZOICOV, D. Formação Continuada de Professores de Física do Ensino Médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 3: p. 439-477, dez. 2008.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1, Abril de 2003.

TOSCANO, C. Iteração e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

Apêndice: Produto Educacional



MANUAL DO PROFESSOR

Do magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday



MANUAL DO PROFESSOR

Do magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday

Produto Educacional

Marlon Labas

Mestre em Ensino de Física pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG.

Professor de Física em escolas de ensino médio.

Fábio Augusto Meira Cássaro

Doutor em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

Professor Associado da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG.

Ponta Grossa, 2016.

APRESENTAÇÃO

Caro professor!

Este manual faz parte do material didático elaborado como produto de um mestrado profissional em ensino de Física. Consiste no planejamento de uma sequência de dez aulas de aproximadamente quarenta e cinco minutos cada, destinadas a turmas do terceiro ano do Ensino Médio, com o intuito de abordar de forma teórica e experimental assuntos relacionados ao eletromagnetismo, até que se chegue ao estabelecimento da Lei da Indução eletromagnética de Faraday.

A proposta didática foi pensada seguindo algumas perspectivas epistemológicas da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e complementada por Joseph Novak. Para esses pensadores, a ocorrência da aprendizagem significativa requer: do aprendiz a disposição para aprender; do professor, materiais potencialmente significativos e do currículo, algum conhecimento relevante. Sendo assim, como professores, buscamos oferecer atividades experimentais que criassem o ambiente necessário ao surgimento do interesse, da motivação, tão necessários para o estudo desses assuntos e de sua efetiva aprendizagem.

Procuramos adotar uma sequência de apresentação desses conteúdos de acordo como o conhecimento se desenvolveu e ocorreu historicamente destacando seus personagens principais. Alguns conteúdos foram adaptados de tal forma que seja possível aos aprendizes modificarem seu conhecimento prévio de maneira gradual. Propusemos a utilização de vários recursos didáticos, tais como: a elaboração de mapas conceituais, a construção de material didático para a realização de experimentos (kits experimentais) e finalmente alguma simulação computacional, disponível para utilização imediata na internet.

Os professores terão para seu uso os planos de aulas, textos de apoio e orientações para a construção dos kits experimentais utilizados nas aulas. Naturalmente não se trata de um trabalho fechado, ou seja, o professor tem total autonomia para implementá-lo, modificá-lo e enriquecê-lo.

Desejamos que o professor se inspire e caso queira, utilize esse material na sua prática didática, assim um maior número de estudantes se beneficiará de nossa proposta.

Bom proveito!

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

BÁSICO

- Eletromagnetismo;
- Lei da indução eletromagnética (Lei de Faraday).

ESPECÍFICO

- Propriedades e configurações de campos magnéticos;
- Experiência de Oersted e o surgimento do eletromagnetismo;
- Eletroímãs, ferromagnetismo e domínios magnéticos;
- Transformador de Michael Faraday: produção de eletricidade a partir de um fenômeno eletromagnético;
- Experimento de Faraday: princípio físico da geração de eletricidade;
- Fluxo magnético;
- Produção de energia elétrica.

MATERIAL DIDÁTICO

REVISÃO CONCEITUAL

Magnetismo	128
Eletromagnetismo	128
Surgimento do eletromagnetismo	128
Experimento de Oersted	129
Eletroímã	129
Desdobramentos do experimento de Oersted	131
Experimento de Faraday	132
Definindo fluxo magnético	133
Interpretação da lei da indução eletromagnética	134
Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética	135
Distribuição de energia elétrica	136

PLANOS DE AULA

Aula 01: Concepções prévias – Elaboração de mapas conceituais	138
Aula 02: Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã	140
Aula 03: Experiência de Oersted	144
Aula 04: Construção de eletroímãs	147
Aula 05: Transformador de Faraday	151
Aula 06: Experiência de Faraday	154
Aula 07: Conceito de fluxo magnético	157
Aula 08: Lei da indução eletromagnética de Faraday	160

Aula 09: Produção de energia elétrica	162
Aula 10: Avaliação: Mapas conceituais	167

TEXTOS DE APOIO

Aula 01: Modelo para avaliação via mapas conceituais	168
Aula 05: Transformador de Faraday	169
Aula 09: Produção de energia elétrica	170

ROTEIROS EXPERIMENTAIS

Aula 02: Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã	172
Aula 03: Experiência de Oersted	175
Aula 06: Experiência de Faraday	177

KITS EXPERIMENTAIS

Kit 01: Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã	179
Kit 02: Experiência de Oersted	180
Kit 03: Construção de eletroímãs	183
Kit 04: Transformador de Faraday	185
Kit 05: Experiência de Faraday	191

REVISÃO CONCEITUAL

MAGNETISMO

Até o século XVIII pouco se sabia sobre o *magnetismo*. O termo que define os fenômeno magnético provém do nome Magnésia, uma região costeira da antiga Tessália, na Grécia, onde pedras incomuns eram encontradas pelos gregos há mais de 2.000 anos. Tais pedras possuem a propriedade intrigante de interagir, atrair pedaços de ferro.

Ímãs naturais, assim foram chamadas as pedras que atraíam pedaços de ferro. Os chineses, por volta do século XII, foram os primeiros a utilizar os ímãs na confecção de bússolas o que favoreceu a navegação.

Na época medieval, Pierre de Maricourt (1220-1270), engenheiro militar francês destacou-se por seu conhecimento sobre ímãs. Atribui-se a ele a denominação de polos, bem como a ideia de monopolo magnético. Pierre teria inclusive descrito em seus trabalhos uma máquina magnética de movimento perpétuo.

Em 1600, William Gilbert (1544-1603) confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em pedaços de magnetita. Nessa época, publica “De Magnete”, onde adota a ideia de uma “esfera de influência” em torno do ímã (campo), por observação mostra que a atração elétrica e magnética tinham naturezas diferentes, uma podia ser barrada pela umidade do ar ou pela água e a outra não.

Foi Gilbert quem teve a percepção de que a Terra se comporta como uma grande esfera magnética, ao realizar uma experiência com ímã esférico (Terrella) mostrou que a agulha magnética sempre aponta na direção dos polos magnéticos da Terra. Depois de Gilbert, por mais de 200 anos pouco se avançou no estudo dos fenômenos magnéticos.

ELETROMAGNETISMO

Surgimento do Eletromagnetismo

Para contextualizar acerca dos interesses científicos, sociais e econômicos do início do século XIX, sugere-se assistir o documentário: *Choque e temor – A história da Eletricidade – Episódio 2: A era da invenção*.¹

O maior interesse nessa época eram os estudos sobre *eletricidade*, especialmente após a invenção de Alessandro Volta (1745-1827), a pilha eletrolítica que possibilitou a elaboração de diversos experimentos. Nesse contexto o magnetismo, que parecia tratar de fenômenos distintos da eletricidade, mantinha-se à margem dos estudos. Ainda que alguns cientistas já desconfiassem que eletricidade e magnetismo pudessem estar relacionados,

¹ Disponível em: http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school, acesso em 10 de outubro de 2015.

todas as tentativas de se estabelecer um elo entre esses fenômenos por meio da ação eletrostática tinham sido infrutíferas.

O cenário mudaria em 1820, quando Hans Cristian Oersted (1777-1851) anuncia em um artigo intitulado “Experiência a respeito do efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética” um experimento por ele elaborado que demonstrava uma conexão entre fenômenos elétricos (corrente elétrica) e magnéticos inaugurando assim um novo ramo de pesquisa: o *eletromagnetismo*.

Experimento de Oersted

O experimento elaborado por Oersted foi um marco na comprovação do fenômeno eletromagnético e resultou em uma febre de experiências e descobertas que sucederam sua publicação.

Experiências com espiras percorridas por corrente elétrica contínua demonstram que elas interagem como se fossem ímãs, o que levou à ideia de que o magnetismo de ímãs naturais poderia ser explicado considerando que o ímã fosse constituído de um material composto por uma infinidade de pequenas espiras por onde passavam correntes. Essa ideia foi proposta originalmente por André-Marie Ampère (1775-1836), e por essa razão, tais correntes ficaram conhecidas como “correntes amperianas”.

Outros personagens importantes foram os franceses Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841), cujos estudos permitiram entre outras coisas determinar que a intensidade da força magnética é proporcional ao inverso da distância. A partir desses estudos, Laplace (1749-1828) obteve a chamada *Lei de Biot-Savart*, que permitiu então calcular o campo magnético criado pela passagem de uma corrente por um elemento de fio.

Todas essas descobertas revelaram um aspecto surpreendente desse novo tipo de interação física. A ideia de *força central*, observada na Gravitação Universal de Newton e na Lei de Coulomb, não era capaz de explicar a deflexão na agulha da bússola quando interage com o fio percorrido por corrente elétrica. Esse problema somente será resolvido por Michael Faraday (1791-1867) quando propõe o conceito de *campo*.

Eletroímã

Corrente elétrica ao percorrer um fio metálico produz um efeito magnético no entorno desse fio e que se enrolarmos adequadamente o filamento em espiras, o formato do campo magnético produzido se assemelha ao campo produzido por um “ímã natural”. Em outras palavras, um eletroímã consiste de um ímã produzido pela corrente elétrica.

Há uma variedade de aplicações tecnológicas dos eletroímãs, por exemplo, eletroímãs suficientemente potentes podem erguer automóveis e são de uso comum em

depósitos de ferro velho, como podemos conferir no vídeo “Electromagnet tosses V-8 Engine. (Science in the everyday world!)”².



Figura 1³ – Eletroímã em utilização em ferro velho.

Eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior da bobina. Os domínios magnéticos do ferro do núcleo são forçados a se alinharem com o campo magnético da bobina, reforçando a intensidade do campo. Em eletroímãs extremamente fortes, como os que são usados para controlar feixes de partículas carregadas em aceleradores de alta energia, não se usa o ferro como núcleo porque, além de um determinado ponto, todos os seus domínios estão alinhados e nenhum reforço do campo se consegue daí em diante. (HEWITT, 2011).



FIGURA 24.5

Uma visão microscópica dos domínios magnéticos em um cristal de ferro. As setas azuis, que apontam nas mais diversas direções, nos revelam que os domínios não estão alinhados entre si.

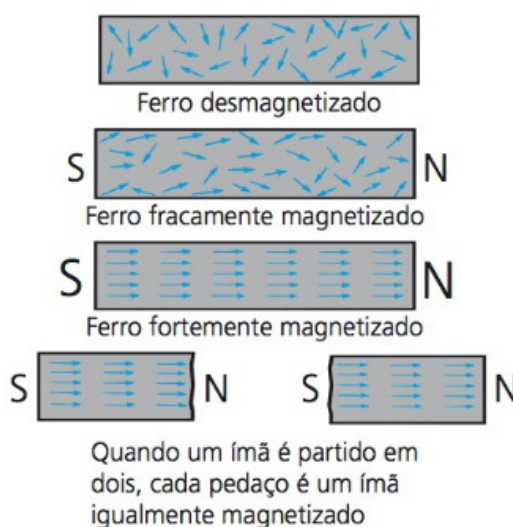


Figura 3 - Magnetização de um pedaço de ferro

2 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BQA5VDXE7ts> , acesso em janeiro de 2016.

3 Disponível em http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207_042014-F.jpg , acesso em janeiro de 2016.

Outra constatação importante sobre o funcionamento dos eletroímãs diz respeito ao número de espiras que possuem, pois o número de espiras afeta diretamente a intensidade do campo produzido pela corrente elétrica. Quanto maior o número de enrolamentos (voltas) mais intenso será o eletroímã, isso porque, cada espira funciona como um eletroímã individual e, portanto, quanto mais espiras mais intenso será o campo magnético resultante.

Desdobramentos do experimento de Oersted

A descoberta de Oersted divulgada em julho de 1820 desencadeou uma série de experiências e descobertas. Em 1821, ao ser solicitado pelo editor da revista *Annals of Philosophy* a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo, publicadas no ano anterior, Michael Faraday não demorou para perceber que não podia se limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas estacionárias produziam efeitos magnéticos. Ou seja, um fenômeno elétrico pode produzir um fenômeno magnético, a grande questão que surge nessa época era se o inverso poderia ocorrer, isto é: Será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?

Ele elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando a evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes.

Não obteve sucesso algum até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento (figura 4). Esse experimento ficaria conhecido como: o transformador de Faraday.



Figura 4⁴ – Foto do anel de ferro, utilizado nas experiências de 1831.

4 Disponível em <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAA3I0AB-24.jpg>, acesso em janeiro de 2016.

Ao realizar experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro (figura 5), notou, acidentalmente, que surgia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina.

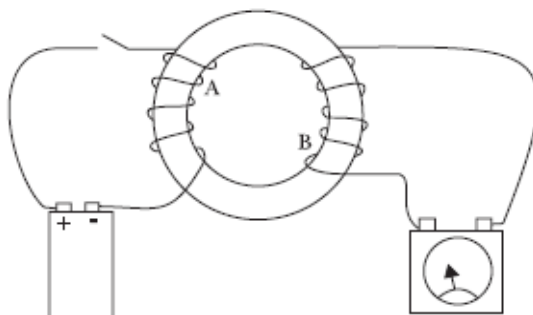


Figura 5 – Representação esquemática da montagem experimental que permitiu Faraday observar o fenômeno da indução magnética.

Dito de outro modo, toda vez que a corrente variava num fio (circuito primário), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito secundário), colocado nas suas vizinhanças! Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, logo em seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenômeno, porém sua presença intensificava o efeito.⁵

Experimento de Faraday

Logo após realizar a experiência conhecida como “transformador de Faraday”, ele mostrou que se uma barra imantada fosse introduzida na bobina B, uma corrente seria induzida neste circuito, no momento em que se inserisse ou no momento em que se retirasse tal barra.

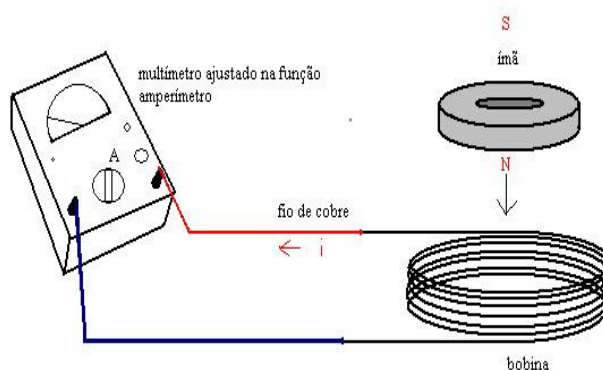


Figura 6 – Montagem experimental

⁵ Texto adaptado de: ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das idéias da física [online]. Salvador: EDUFBA, 2002.

Após estas e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era **variação**, e utilizando o conceito de linhas de força, sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra **campo** para se referir à disposição e à intensidade das linhas de força no espaço.

Uma consequência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como dínamo de disco de Faraday (Figs. 7 e 8). Nele, um disco de cobre, girando entre os pólos de um ímã, gera uma corrente elétrica contínua num circuito ligado ao disco através de escovas.

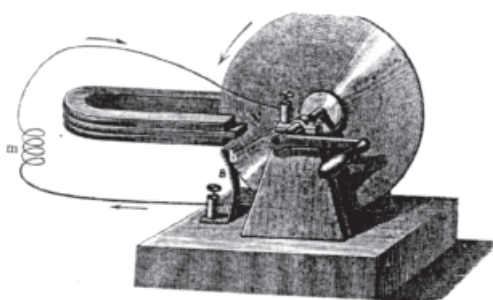


Figura 7 – Dínamo de disco de Faraday

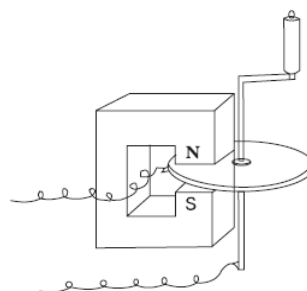


Figura 8 – Desenho esquemático

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados, a exemplo do gerador construído pelo francês Hippolyte Pixii que, na época (1832), trabalhava com Ampère como construtor de instrumentos; nesta máquina, os pólos magnéticos de um ímã giram em relação a duas bobinas fixas (Figs. 9 e 10).

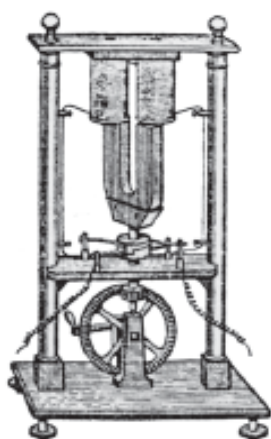


Figura 9 – Gerador eletromagnético de 1832

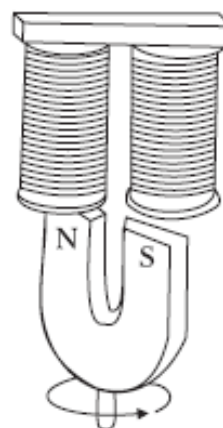


Figura 10 – Representação esquemática do gerador de 1832

Logo em seguida, surgem geradores nos quais só a bobina gira em relação aos pólos magnéticos fixos. A produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, a partir de usinas hidrelétricas, só se tornou realidade nas últimas décadas do século XIX.

Definindo fluxo magnético

Define-se *fluxo magnético* através de uma superfície como a integral do produto escalar do vetor indução magnética (campo magnético) pelo elemento diferencial de área ao longo de toda a superfície em consideração. Matematicamente o fluxo magnético é dado pela seguinte expressão:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

No caso específico de um campo magnético uniforme, o resultado dessa integral fica:

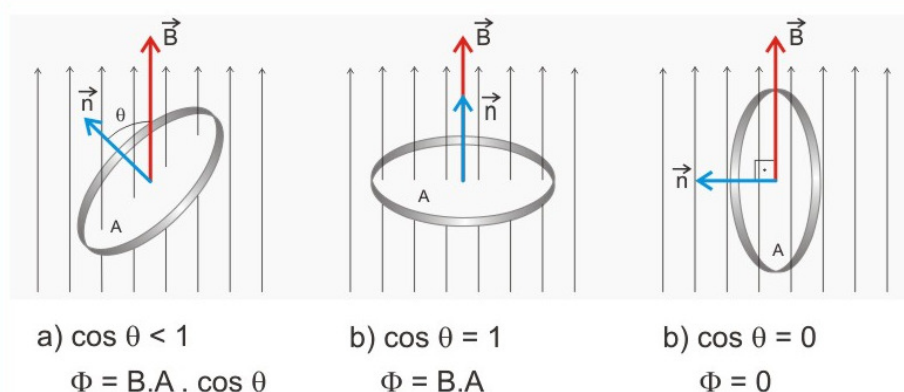
$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

onde B é a intensidade do campo magnético que atravessa a região delimitada pela área (A) e θ é o ângulo formado entre o vetor normal à área $\vec{A}$ e o vetor $\vec{B}$.

Em geral, se deseja obter o fluxo magnético através uma superfície limitada por uma bobina. Se a bobina tem N voltas, então o fluxo total será a soma dos fluxos que passam em cada espira da bobina. Considerando-se que as espiras estão suficientemente próximas umas das outras, podemos considerar que o campo magnético é o mesmo em cada espira, ou seja, para um campo magnético uniforme aplicado sobre a bobina, teremos que o valor do fluxo fica:

$$\Phi = NBA \cos \theta$$

A figura⁶ abaixo pode facilitar o entendimento a visualização e entendimento desse conceito.



O fluxo magnético mede o número de linhas de indução que atravessa a área A de uma espira imersa no campo magnético.

É importante perceber que o conceito de fluxo magnético evolui do conceito de campo magnético de Faraday.

⁶ Disponível em http://2.bp.blogspot.com/_JJJ4o4Jcg48/TLyv2lvyOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j_YLEg/s1600/espira+2.jpg, acesso em fevereiro de 2015.

Em 1831, Faraday afirmou que a corrente elétrica induzida por um campo magnético em um circuito fechado é proporcional à taxa de variação temporal do número de linhas de fluxo magnético que atravessam a área delimitada pelo circuito.

O físico russo Heinrich F. E. Lenz (1804-1865), em 1834, chega às mesmas descobertas de Faraday, entretanto, ele mostra que os efeitos de uma corrente induzida por forças eletromagnéticas sempre se opõem a essas mesmas forças, o que chamamos de lei de Lenz. Complementando assim as ideias de Faraday.

Um dos problemas encontrados pela comunidade científica para compreender o que Faraday estava dizendo deve-se ao fato de que ele definiu sua lei de maneira verbal, usando o arcabouço de linhas de campo que ele mesmo havia desenvolvido. De modo que ele nunca chegou a uma expressão matemática que resumisse o fenômeno.

Por volta de 1845, o físico alemão Franz E. Neumann (1798-1895) expressa as ideias de Faraday e Lenz em uma fórmula, segundo a qual a força eletromotriz induzida (d.d.p. induzida) em um circuito é igual à variação temporal do fluxo magnético que o atravessa, essa expressão ficaria conhecida por *Lei de Faraday-Neumann-Lenz*:

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

Interpretação da lei

Como variar temporalmente o fluxo magnético por uma espira com o intuito de induzir uma f.e.m. e, portanto, uma corrente elétrica?

Devemos analisar cada termo que define a grandeza fluxo magnético para avaliar como fazer essa variação. Por simplicidade consideraremos o campo magnético uniforme na espira, assim a expressão para determinar o fluxo magnético fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

Para se obter a variação desse grandeza, podemos:

- ***Variar a intensidade do campo magnético.***

Por exemplo, aproximando ou afastando um ímã da espira.

- ***Variar a área da espira.***

É possível variar a área de uma espira imersa em um campo constante, fazendo uma das hastes do circuito se mover (figura 12). Inclusive, esse é um “problema típico” sobre esse assunto, muito presente em provas de vestibulares. A figura⁷ ilustra essa maneira de variar a área e assim induzir corrente no circuito.

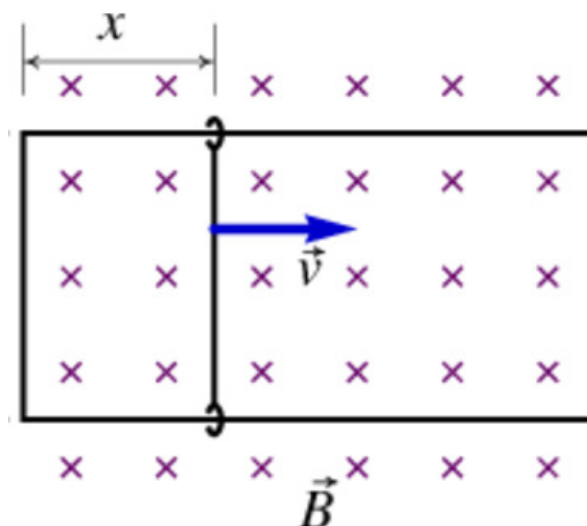


Figura 12 - Circuito imerso em campo magnético uniforme

- **Variar o ângulo entre o vetor B e o vetor normal à área.**

Ao rotacionar uma espira imersa em um campo magnético varia-se o ângulo entre os vetores B e n , o que também induzirá uma *f.e.m.* nessa espira.

Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética

As usinas apresentam um *gerador*, é nele que é produzida a energia elétrica, mas como? O princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico baseia-se na indução eletromagnética, mais especificamente, um campo magnético variável na região onde estão as bobinas do gerador produz uma força eletromotriz induzida (*f.e.m. induzida*).

No gerador, bobinas são fixadas ao redor de um eixo e formam um tipo de anel, no eixo estão fixados ímãs (ou eletroímãs), quando esse eixo é posto a girar, os campos magnéticos gerados pelos ímãs também giram, essa variação do fluxo magnético nas bobinas induz a tensão que será fornecida através das redes elétricas.

É importante destacar que a corrente induzida por esses geradores é do tipo *alternada*, pois à medida que os campos magnéticos giram junto ao eixo, o fluxo magnético nas bobinas aumenta, diminui e troca de sentido. A cada volta do eixo, portanto, a corrente induzida muda sua intensidade e seu sentido.

7 Disponível em https://def.fe.up.pt/electricidade/img/exe_espira_variavel_240.png, acesso em maio de 2015.

Distribuição de energia elétrica

Uma vez produzida a eletricidade nas usinas, ela precisa chegar aos consumidores, às cidades, para isso foi necessária a construção de grandes redes de distribuição.

Para abastecer grandes populações é necessário um sistema que minimize as perdas de energia ao longo do circuito de distribuição. Para reduzir as perdas por aquecimento dos fios condutores (efeito Joule), utiliza-se um *transformador*. Ao elevar-se a tensão reduz-se a corrente no circuito, pois:

$$E_n = P\Delta t \rightarrow E_n = (Ui)\Delta t$$

De modo que na saída da usina geradora a tensão é elevada por transformadores atingindo valores entre 10 mil e 300 mil volts. Ao chegar próximo as unidades consumidoras (indústrias, residências, etc.) a tensão é reduzida de acordo com a necessidade. No Brasil, a tensão disponível nas residências é de 110 V ou de 220 V.

Deve-se lembrar que:

O princípio de funcionamento do transformador baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. O aparelho é capaz de induzir uma corrente elétrica no circuito secundário quando a corrente for variável no circuito primário ligado à fonte de energia elétrica. Alterando-se o número de voltas de fio do circuito secundário em relação ao número de voltas de fio no circuito primário em torno do núcleo de ferro, obtém-se uma mudança no valor da tensão elétrica induzida no circuito secundário. Em consequência, a corrente elétrica também muda de intensidade em relação a seu valor no circuito primário. (Toscano, 2015)

PLANO DE AULA

CONCEPÇÕES PRÉVIAS – ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Teórica**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **01/10**

ASSUNTO

- Eletromagnetismo.

OBJETIVOS

GERAIS

- Coletar informações sobre as concepções prévias dos estudantes sobre o tema a ser estudado (subsunçores) através dos mapas conceituais por eles elaborados.

ESPECÍFICOS

- Verificar o nível de conhecimento dos estudantes a respeito do tema “Eletromagnetismo”;
- Procurar evidências de conhecimento da relação entre os fenômenos “eletricidade” e “magnetismo”.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Proposta de atividade

Nesta primeira atividade os estudantes irão elaborar mapas conceituais. Portanto, é necessário que o professor tenha trabalhado previamente com seus alunos esse recurso didático. Recomenda-se que os estudantes estejam bem familiarizados com esse tipo de atividade.

O professor inicia a aula propondo a construção, por parte dos estudantes, de mapas conceituais sobre o tema: *Eletromagnetismo*.

É importante frisar aos estudantes que essa atividade fará parte da avaliação. Entretanto, deve ser frisado que a avaliação será contínua e ao longo do processo, e que neste primeiro momento não será avaliado especificamente a precisão do conteúdo dos

mapas. Porém que é importante destacar que eles devem registrar todas as informações e/ou conhecimento acerca do tema proposto, bem como fazer as relações entre os conceitos conhecidos.

O professor deverá fornecer as folhas para registro dos mapas conceituais, podemos optar por utilizar o modelo sugerido em anexo (*Produto Educacional*, p. 168).

SÍNTESE INTEGRADORA

Nos minutos finais da aula, quando os estudantes já estiverem concluindo seus mapas, o professor deverá explicar que essa atividade servirá para compor inicialmente a avaliação da aprendizagem em uma sequência de aulas. É possível adiantar que a sequência incluirá aulas práticas e teóricas com o intuito de preparar e despertar o interesse nos educandos.

AVALIAÇÃO

Essa aula inaugura uma sequência didática de 10 aulas e foi pensada para se obter informações sobre os subsunçores dos estudantes. A avaliação será contínua e ao longo das aulas, ao final, os estudantes serão avaliados através da elaboração de um mapa conceitual acerca dos fenômenos observados e conceitos aprendidos.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz e folhas de papel A4.

BIBLIOGRAFIA

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, março de 2003, Curitiba.

PLANO DE AULA

MAPEAMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UM ÍMÃ

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Experimental**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **02/10**

ASSUNTO

- Propriedades e configurações de campos magnéticos.

OBJETIVOS

GERAIS

- Observar a interação entre ímãs para reconhecer a atração e repulsão magnética;
- Mapear os campos magnéticos terrestre e de um ímã para visualizar suas configurações e propriedades.

ESPECÍFICOS

- Perceber que o alinhamento de uma bússola com o campo magnético da própria Terra ocorre porque a bússola e a Terra são ímãs;
- Desenhar as linhas de campo magnético de um ímã utilizando uma bússola para visualizar sua configuração e apresentar o conceito de vetor tangente às linhas de campo (vetor indução magnética).

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Interação entre ímãs

Inicia-se a aula disponibilizando aos estudantes 02 ímãs de neodímio, propõe-se que aproximem os ímãs, observem o que acontece. Os ímãs devem ser preparados previamente, enumerando suas faces em 1 e 2 (polo norte e sul). O professor solicita que os alunos descrevam e registrem suas observações no roteiro experimental fornecido (*Produto Educacional*, p. 172). Após breve discussão, o professor organiza e registra na lousa as observações dos estudantes, espera-se que os estudantes notem que:

- *A interação entre ímãs é atrativa ou repulsiva;*
- *Quando dois ímãs estão dispostos de modo que se repelem (face 1 com face 1 ou face 2 com face 2), podemos facilmente fazê-los atraírem-se, bastando girar um dos ímãs aproximando faces com números distintos.*

O professor deve explicar nesse momento qual o propósito das marcações nas faces dos ímãs, explicando que os ímãs possuem dois polos inseparáveis, sendo que historicamente foram chamados norte e sul. E que a face com o número 1 equivale ao polo norte e, portanto, a face com o número 2 ao polo sul do ímã.

Bússola e o campo magnético terrestre

Depois de feitas as observações sobre a interação magnética entre ímãs, o professor fornecerá aos estudantes uma bússola e mais 4 ímãs (para, combinado aos outros 2 ímãs formar um único ímã mais intenso). Imediatamente os estudantes devem perceber que a agulha bússola interage com o ímã, indicando a natureza magnética dessa agulha. O professor deve induzir os estudantes a reconhecerem a bússola como um ímã.

Pergunta-se aos estudantes:

"Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?"

Após alguma especulação, propõe-se afastar o ímã da bússola e observar seu comportamento. O professor pode sugerir que os estudantes girem a bússola para observar se é possível desfazer o alinhamento da agulha, por exemplo, fazendo o norte da agulha apontar em qualquer direção. A conclusão, mediada pelo professor, a que os estudantes devem chegar é:

- *Na ausência da influência magnética do ímã, a agulha da bússola sempre aponta em uma direção, o que indica a existência de um campo magnético.*

O professor pode então sugerir a ideia de um campo magnético produzido pela Terra e propor seu mapeamento (*Parte III do roteiro experimental*). O mapeamento do campo magnético terrestre indicará que se trata de um campo "aparentemente constante" cujas linhas de força são paralelas entre si. Neste momento, o professor deve destacar a importância do campo magnético terrestre apresentar essa configuração que associado ao uso correto da bússola favoreceu as grandes navegações, e outros eventos histórico-sociais que julgar relevante.

Bússola e o campo magnético de um ímã

Nesse momento da aula os estudantes já devem saber como um ímã interage com outro ímã, com o campo magnético terrestre e qual o formato local desse campo. O professor deve propor o seguinte questionamento:

"Mapeado o campo magnético terrestre aqui na sala, qual será o formato do campo magnético produzido por esse ímã que foi fornecido a vocês?"

Propor seu mapeamento (*Parte V do roteiro experimental*).

O mapeamento do campo magnético dos ímãs fornecidos deverá resultar em imagens que se assemelham a figura a seguir:

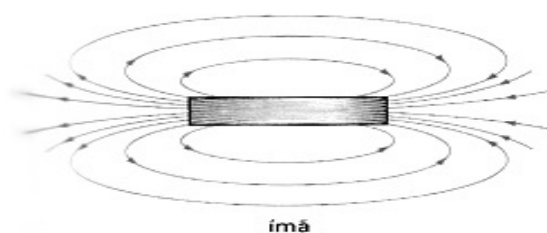
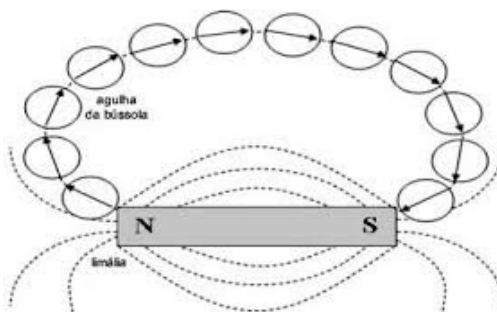


Figura 1 - Linhas de campo magnético de um ímã de barra⁸

SÍNTESE INTEGRADORA

Depois de mapeados os campos magnéticos terrestre e do ímã, a aula segue para a discussão dos desenhos obtidos experimentalmente. O professor deverá fomentar e mediar a discussão sobre os resultados experimentais, especialmente se alguma equipe obtiver um resultado (formato de campo) muito diferente do esperado. Nesse caso, poderão ser levantadas hipóteses acerca do método adotado pelos estudantes, do cuidado durante a execução da prática, da influência de outros campos magnéticos (que eventualmente foram negligenciados), entre outras. Dependendo o caso, as falhas e/ou "erros" experimentais poderão servir de motivação para o planejamento de outra atividade experimental que busque investigar tais discrepâncias.

No terceiro momento da aula, ao mapear o campo magnético do ímã fornecido utilizando a bússola, o desenho da linha de campo obtido se assemelha ao da figura⁹:



O professor deverá apresentar a ideia de considerar a agulha da bússola como um tipo de vetor tangente a linha de campo magnético produzido pelo ímã. Extrapolando essa ideia para o conceito de *vetor indução magnética*. Vetor utilizado para representar a intensidade, direção e sentido do campo magnético num dado ponto.

Para finalizar a aula, o professor exibirá o vídeo *Magnetic Field Demonstrations Bar and Horseshoe Magnets*¹⁰ produzido pela University of Southern Queensland (Austrália) no qual é mostrada a configuração em 3D do campo magnético de um ímã de barra (mesma configuração obtida durante o experimento) e de um ímã em forma de ferradura. A visualização em 3D deve favorecer a interpretação do desenho das linhas de campo obtido experimentalmente.

8 Disponível em: http://fap.if.usp.br/~lumini/f_bativ/f1exper/magnet/imag/cxmag09.jpg, acesso em janeiro de 2015.

9 Extraída do trabalho disponível no link:

http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2009/MarceloB-Ennio_RF2.pdf

10 Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=vhCaXWJ5nUo&feature=youtu.be>

AVALIAÇÃO

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseada no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução da atividade e a partir das discussões e conclusões durante a síntese integradora.

Essa aula inaugura a parte experimental de uma sequência didática de 10 aulas. Ao final dessas aulas, os estudantes serão avaliados através da elaboração de um mapa conceitual acerca dos fenômenos observados e conceitos aprendidos.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro e giz, folhas de papel A4, ímãs de neodímio, bússolas e projetor para exibição do vídeo (opcional).

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

DESAFIOS

1. Estudar sobre a descoberta da bússola em:
BAEYER, Hans Christian von. Arco-íris, flocos de neve, quarks: a física e o mundo que nos rodeia, pags. 115 a 130. Tradução Luiz Euclides Trindade Frazão Filho – Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1994.
2. Pesquisar na internet e na Enciclopédia Britânica sobre o cientista inglês William Gilbert e seu livro “De Magnete”, que considera o planeta Terra como um grande ímã.
3. Saiba como construir um pêndulo totalmente caótico usando ímãs em:
VALADARES, Eduardo dos Campos. Física mais que divertida, pag. 117. 2ª edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

PLANO DE AULA

EXPERIÊNCIA DE OERSTED

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Experimental**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **03/10**

ASSUNTO

- Experiência de Oersted e o surgimento do eletromagnetismo.

OBJETIVOS

GERAIS

- Observar a interação entre ímãs (bússolas) e um fio condutor percorrido por corrente elétrica contínua;
- Reconhecer o papel da “experiência de Oersted” no processo de unificação dos estudos sobre *eletricidade* e *magnetismo* no denominado *eletromagnetismo*.

ESPECÍFICOS

- Perceber que a deflexão da agulha da bússola é resultado do aparecimento de um *campo magnético* produzido pela corrente elétrica que atravessa um fio condutor;
- Discutir a conceitualmente o insucesso ao tentar explicar o fenômeno através da visão mecanicista de *força central*, que será resolvido por Faraday ao propor *linhas de força* e o *conceito de campo*.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Contexto histórico: Surgimento do Eletromagnetismo

Inicia-se a aula apresentando uma breve contextualização acerca dos interesses científicos, sociais e econômicos do início do século XIX, para tal, apresenta-se um pequeno trecho do documentário: *Choque e temor – A história da Eletricidade – Episódio 2: A era da invenção*.¹¹

11 Disponível em: http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school, acesso em 10 de outubro de 2015.

O professor deve destacar que o maior interesse nessa época era nos estudos sobre *eletricidade*, especialmente após a invenção de Alessandro Volta (pilha eletrolítica) que possibilitou a elaboração de diversos experimentos. Nesse contexto o *magnetismo*, que parecia tratar de fenômenos distintos da eletricidade, mantinha-se a margem dos estudos. Ainda que alguns cientistas já desconfiassem que eletricidade e magnetismo pudessem estar relacionados, todas as tentativas de se estabelecer um elo entre esses fenômenos por meio da ação eletrostática tinham sido infrutíferas.

O cenário mudaria em 1820, quando Hans Cristian Oersted anuncia em um artigo intitulado “Experiência a respeito do efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética” um experimento por ele elaborado que demonstrava uma conexão entre fenômenos elétricos (corrente elétrica) e magnéticos inaugurando assim um novo ramo de pesquisa: o *eletromagnetismo*.

Experimento de Oersted

Nesse momento o professor fornece aos alunos o roteiro experimental dessa aula (*Produto Educacional*, p. 175) e orienta a execução do experimento e sua interpretação.

SÍNTESE INTEGRADORA

O professor deverá resgatar a relevância histórico-científica do experimento elaborado por Oersted e realizado pelos estudantes, na comprovação do fenômeno eletromagnético, bem como a febre de experiências e descobertas que sucederam sua publicação.

As experiências com espiras propostas durante a aula, demonstram que elas interagem como se fossem ímãs, o que levou à ideia de que o magnetismo de ímãs naturais poderia ser explicado considerando que o ímã fosse constituído de um material composto por uma infinidade de pequenas espiras por onde passavam correntes. Essa ideia foi proposta originalmente por Ampère, e por essa razão, tais correntes ficaram conhecidas como “correntes amperianas”.

É importante também, destacar o papel dos franceses Jean B. Biot e Félix Savart, cujos estudos permitiram entre outras coisas determinar que a intensidade da força magnética é proporcional ao inverso da distância. A partir desses estudos, Laplace (1749-1828) obteve a chamada *Lei de Biot-Savart*, que permite calcular o campo magnético criado pela passagem de uma corrente por um elemento de fio.

Ao final da aula, o professor pode sintetizar como todas essas descobertas revelaram um aspecto surpreendente desse novo tipo de interação física. A ideia de *força central*, observada na Gravitação Universal de Newton e na Lei de Coulomb, não é capaz de explicar a deflexão na agulha da bússola quando interage com o fio percorrido por corrente elétrica. Esse problema somente será resolvido por Michael Faraday quando propõe o conceito de *campo*.

AVALIAÇÃO

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseada no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução da atividade e a partir das discussões e conclusões durante a síntese integradora.

Essa aula trata do experimento que estabelece uma das grandes unificações na Física, o eletromagnetismo, e portanto, é fundamental avaliar qualitativamente se os estudantes conseguiram perceber os fenômenos e suas causas.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, folhas de papel A4, bússolas, circuito para o experimento (Fios, lâmpada, interruptor e fonte 12 V) e projetor para exibição do vídeo.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia e REIS, José Cláudio. Breve história da Ciência moderna, volume 4: A belle-époque da ciência. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

DESAFIO

1. Para saber sobre a história do campo magnético e sua relação com a experiência de Oersted, consulte:
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 164. São Paulo: Edições SM, 2013.

PLANO DE AULA

CONSTRUÇÃO DE ELETROÍMÃS

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Experimental**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **04/10**

ASSUNTO

- Eletroímãs, ferromagnetismo e domínios magnéticos.

OBJETIVOS

GERAIS

- Construir eletroímãs e observar seu funcionamento.

ESPECÍFICOS

- Reconhecer que o magnetismo de um eletroímã é resultado da passagem da corrente elétrica pelo enrolamento do fio;
- Observar que a intensidade do magnetismo do eletroímã é diretamente proporcional ao número de espiras no entorno do material ferromagnético;
- Discutir o fenômeno e sua relação com os chamados *domínios magnéticos*.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Contexto: Experimento de Oersted e o eletroímã

Retoma-se a discussão sobre as observações experimentais da aula anterior, relembrando o experimento de Oersted e seus desdobramentos.

O professor deve resgatar o experimento das espiras percorridas por corrente elétrica. É preciso reforçar a ideia que corrente elétrica ao percorrer um fio metálico produz um efeito magnético no entorno desse fio e que se enrolarmos adequadamente o filamento em espiras, o formato do campo magnético produzido se assemelha ao campo produzido por um “ímã natural”. Ou seja, um eletroímã consiste de um ímã produzido pela corrente elétrica. Desta forma o professor recupera a imagem (do campo magnético de um ímã) formada experimentalmente na segunda aula dessa sequência.

Na sequência o professor destaca a variedade de aplicações tecnológicas dos eletroímãs, por exemplo, eletroímãs suficientemente potentes podem erguer automóveis e são de uso comum em depósitos de ferro velho. Se possível, projetar a figura abaixo ou o vídeo¹².



Figura 1¹³ – Eletroímã em utilização em ferro velho.

É importante destacar que eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior da bobina. Os domínios magnéticos do ferro do núcleo são forçados a se alinharem com o campo magnético da bobina, reforçando a intensidade do campo. Em eletroímãs extremamente fortes, como os que são usados para controlar feixes de partículas carregadas em aceleradores de alta energia, não se usa o ferro como núcleo porque, além de um determinado ponto, todos os seus domínios estão alinhados e nenhum reforço do campo se consegue daí em diante. (HEWITT, 2011).



FIGURA 24.5

Uma visão microscópica dos domínios magnéticos em um cristal de ferro. As setas azuis, que apontam nas mais diversas direções, nos revelam que os domínios não estão alinhados entre si.

Figura 2 - Ilustração dos domínios magnéticos

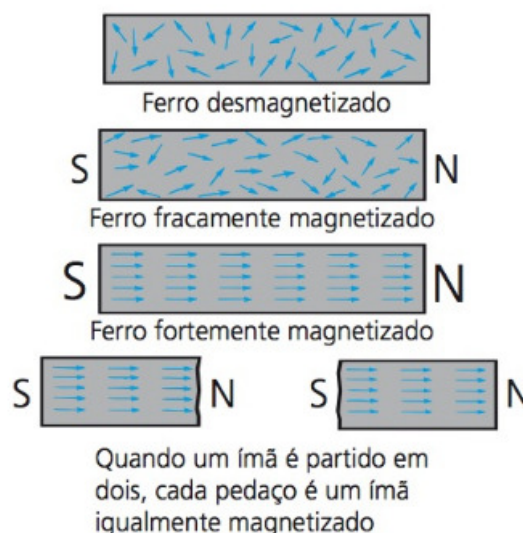


Figura 3 - Magnetização de um pedaço de ferro

12 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BQA5VDXE7ts> , acesso em janeiro de 2016.

13 Disponível em http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207_042014-F.jpg , acesso em janeiro de 2016.

Construindo um eletroímã

Após esse breve resgate e reorganização conceitual, parte-se para a atividade experimental. O professor irá fornecer para cada equipe (*Produto Educacional*, p. 183):

- Uma fonte de 9 ou 12 volts;
- Dois metros de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado;
- Um parafuso de metal com dimensões aproximadas de 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- Cerca de 15 cliques de papel.

Na sequência, o professor desafia os estudantes a construírem seus eletroímãs. É importante não influenciar na construção dos eletroímãs, deixando decisões como sentido e número de enrolamentos a critério dos estudantes. Isso é necessário para que os resultados sejam diferentes, de modo que seja possível comparar os eletroímãs e obter informações a partir dessa comparação.

Depois de prontos, sob orientação do mestre, faz-se a ligação na fonte de energia e verifica-se o funcionamento dos eletroímãs. O professor deve estimular uma disputa para verificar qual eletroímã consegue levantar mais cliques de papel.

Na sequência, após termos um “eletroímã campeão”, o professor deve propor a engenharia reversa desse “aparelho” para tentar descobrir, junto com a turma, o que torna um eletroímã mais forte que outro. Esse processo de engenharia reversa deve resultar na seguinte conclusão:

- Quanto maior o número de enrolamentos (voltas) mais intenso será o eletroímã, isso porque, cada espira funciona como um eletroímã individual, e portanto, quanto mais espiras mais intenso será o campo magnético resultante.

Observação: É possível que alguma equipe inverta o sentido do enrolamento do fio no parafuso, e isso implicará num campo magnético resultante menos intenso, é importante explorar essa situação para mostrar que o campo resultante será proporcional ao número de espiras, somente se a corrente por todas elas seja no mesmo sentido.

SÍNTESE INTEGRADORA

Nos momentos finais da aula, o professor deve sintetizar as informações. É preciso destacar a influência do meio material no interior das espiras, pois devido ao alinhamento dos domínios magnéticos o campo magnético produzido por uma corrente elétrica nessas condições será intensificado.

Outra constatação importante diz respeito ao número de espiras, pois o número de espiras afeta diretamente a intensidade do campo produzido pela corrente elétrica. É importante que os estudantes percebam essa relação de direta proporcionalidade.

AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução de todas as

atividades. Especificamente, nessa aula os estudantes construíram eletroímãs e portanto, é importante verificar se as conclusões e conceitos discutidos na síntese integradora ficaram claros aos aprendizes.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, fontes de 9 ou 12 V, entre 8 e 10 metros de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado, 4 a 6 parafusos de metal com dimensões aproximadas de 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro e cerca de 60-80 cliques de papel.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

DESAFIOS

1. Descubra como funcionam os guindastes elétricos (eletroímãs) em:
VALADARES, Eduardo dos Campos. Física mais que divertida, pag. 113. 2ª edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.
2. Saiba como os eletroímãs podem ser usados em alto-falantes, campainhas, transporte de sucatas e separadores de metais em:
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 150. São Paulo: Edições SM, 2013.

PLANO DE AULA

TRANSFORMADOR DE FARADAY

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Experimental**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **05/10**

ASSUNTO

- Transformador de Michael Faraday: produção de eletricidade a partir de um fenômeno eletromagnético.

OBJETIVOS

GERAIS

- Observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir de um fenômeno eletromagnético.

ESPECÍFICOS

- Reproduzir de forma adaptada o experimento de 1831 de Michael Faraday;
- Observar e compreender o princípio fundamental de funcionamento de um transformador elétrico;
- Estabelecer uma relação entre a distância entre as bobinas e a intensidade da corrente elétrica induzida;
- Observar que a intensidade da corrente elétrica induzida pode ser influenciada pelo material que é colocado no interior das bobinas.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Contexto: Desdobramentos do experimento de Oersted

A descoberta de Oersted divulgada em julho de 1820 desencadeou uma série de experiências e descobertas. Em 1821, ao ser solicitado pelo editor da revista *Annals of Philosophy* a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo, publicadas no ano anterior, Michael Faraday não demorou para perceber que não podia se

limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

Antes de descrever os feitos de Michael Faraday, o professor fornece alunos um texto (*Produto Educacional*, p. 169) do livro Física Conceitual (de Paul Hewitt) que faz uma breve descrição da vida e obra desse cientista singular, que será o personagem central nas próximas atividades.

É interessante relatar que Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas estacionárias produziam efeitos magnéticos. Ou seja, um fenômeno elétrico pode produzir um fenômeno magnético, a grande questão que surge nessa época era se o inverso poderia ocorrer, isto é: Será que o magnetismo não poderia produzir correntes elétricas?

Faraday elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando a evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes. Sem nenhum sucesso até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento (figura 1).



Figura 1¹⁴ – Foto do anel de ferro, utilizado nas experiências de 1831.

O transformador de Faraday

Depois dessa contextualização histórica, o professor propõe aos estudantes que eles reproduzam o mesmo experimento de Faraday com o material previamente preparado pelo professor, que consiste de:

- Uma fonte de 9 ou 12 volts; duas bobinas de iguais dimensões (200 enrolamentos); um multímetro; fios de ligação; um bastão de ferro; um lápis; um bastão de “cola quente” e um bastão de alumínio.

De posse desses materiais, o professor solicita que os estudantes reproduzam o experimento proposto por Faraday. Para substituir os enrolamentos no anel de ferro, serão utilizados as duas bobinas. O próprio anel de ferro doce será substituído por um bastão de

14 Disponível em <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAA3I0AB-24.jpg>, acesso em janeiro de 2016.

ferro. Os esquemas de montagem experimental e a sequência da atividade estão em anexo (*Produto Educacional*, p. 185).

SÍNTESE INTEGRADORA

Após a realização do experimento, o professor deve reunir as observações e constatações dos estudantes e registrá-las. É fundamental que o professor induza os estudantes às seguintes conclusões:

- *Uma corrente elétrica será observada numa das bobinas sempre que se liga ou desliga a chave que permitia passar corrente na outra bobina. Ou seja, toda vez que a corrente **varia** num fio (circuito), havia **indução** de corrente elétrica no outro fio (circuito);*
- *O núcleo de ferro não é necessário para a ocorrência do fenômeno, entretanto, a corrente induzida é mais intensa quando na presença de um núcleo constituído de um material ferromagnético, fato relacionado com o alinhamento dos domínios magnéticos;*
- *Quanto mais próximas as bobinas, mais intensa a corrente induzida, tal fato relaciona-se com a densidade de linhas de campo magnético que surgem e/ou desaparecem devido a passagem da corrente elétrica na bobina indutora.*

AVALIAÇÃO

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução do experimento. Indícios de mudanças conceituais através da observação dos fenômenos e das discussões serão observados e servirão para complementar a avaliação.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, fontes de 9 ou 12 V, duas bobinas de iguais dimensões (200 enrolamentos), 4 multímetros, fios de ligação, bastões de ferro; alguns lápis, bastões de “cola quente”, bastão de alumínio (se possível).

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

PLANO DE AULA

EXPERIÊNCIA DE FARADAY

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Experimental**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **06/10**

ASSUNTO

- Experimento de Faraday: princípio físico da geração de eletricidade.

OBJETIVOS

GERAIS

- Observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir da variação de um fluxo magnético pelo enrolamento.

ESPECÍFICOS

- Reproduzir de forma adaptada o experimento de 1831 de Michael Faraday;
- Observar e compreender o princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico, que está relacionada com a variação do fluxo magnético;
- Estabelecer uma relação entre a intensidade da corrente elétrica induzida em uma bobina e a variação da intensidade do campo magnético nessa bobina;
- Perceber a relação entre a intensidade da corrente elétrica induzida e a área da seção transversal da bobina;
- Observar que ao variar o ângulo entre uma bobina e um ímã, também verifica-se o surgimento de uma corrente elétrica induzida.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Contexto: Desdobramentos do transformador de Faraday

O professor inicia a aula rememorando o experimento da aula anterior: o transformador de Faraday. É interessante reproduzir o experimento de forma demonstrativa.

Distribuídos os roteiros experimentais (*Produto Educacional*, p. 177), o professor fornece aos estudantes os materiais necessários a experimentação.

Michel Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas produzem efeitos magnéticos. Assim como no passado, questiona-se:

Será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?

Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?

O experimento de Faraday

Para reproduzir o experimento de 1831 de Michael Faraday, os estudantes usarão (*Produto Educacional*, p. 191):

- Duas bobinas de diferentes diâmetros mas com 100 enrolamentos;
- Duas bobinas de diferentes diâmetros mas com 200 enrolamentos;
- Um multímetro;
- Fios de ligação;
- 04 ímãs.

De posse desses materiais, o professor solicita que os estudantes reproduzam o experimento proposto por Faraday seguindo o roteiro experimental, fazendo as anotações necessárias ao longo da execução da atividade.

SÍNTESE INTEGRADORA

Após a realização do experimento, o professor deve resgatar as observações e constatações dos estudantes e organizá-las de modo que os estudantes cheguem às seguintes conclusões:

- *A simples presença de um ímã próximo ou dentro da bobina não implica no aparecimento de corrente elétrica induzida no filamento da bobina;*
- *No entanto, sempre que se aproxima ou se afasta um ímã da bobina, uma corrente elétrica é registrada no multímetro. Ou seja, toda vez que **variarmos** a intensidade do campo magnético na região da bobina ocorre a **indução** de corrente elétrica no fio;*
- *Aumentar o número de enrolamentos e/ou o diâmetro (área) das bobinas implica em um aumento da corrente elétrica induzida;*
- *Se rotacionarmos um ímã próximo a bobina, também surgirá uma corrente elétrica no filamento.*

AValiação

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

Especificamente nesta aula, a avaliação dos educandos através da discussão da síntese integradora será priorizada, visto que as observações experimentais dessa atividade servirão de fundamentação para as aulas seguintes.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro e giz, duas bobinas de diferentes diâmetros mas com 100 enrolamentos duas bobinas de diferentes diâmetros mas com 200 enrolamentos, 4 multímetros, fios de ligação e cerca de 16 – 20 ímãs.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

PLANO DE AULA

CONCEITO DE FLUXO MAGNÉTICO

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Teórica**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **07/10**

ASSUNTO

- Fluxo magnético.

OBJETIVOS

GERAIS

- Propor o conceito de fluxo magnético e sua definição matemática.

ESPECÍFICOS

- Mostrar no simulador PhET Faraday's Law¹⁵ que somente ao *variarmos* o fluxo magnético sobre a bobina é que a corrente elétrica induzida aparece no enrolamento;
- Usar o simulador para visualizar a dependência do valor do fluxo magnético com a área, a intensidade do campo magnético (densidade de linhas) e o ângulo entre o vetor normal a área e o vetor indução magnética;
- Reforçar a relação entre o fenômeno da indução eletromagnética e a ideia de *variação do fluxo magnético*, resgatando as observações experimentais.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Definindo fluxo magnético

Define-se *fluxo magnético* através de uma superfície como a integral do produto escalar do vetor indução magnética (campo magnético) pelo elemento diferencial de área ao longo de toda a superfície em consideração. Matematicamente fica:

¹⁵ Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_en.html, acesso em janeiro de 2015.

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Naturalmente essa definição não fará muito sentido para os estudantes de nível médio. É conveniente então, apresentar o resultado dessa integral no caso específico de um campo magnético uniforme, que fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

onde B é a intensidade do campo magnético que atravessa a região delimitada pela área (A) e θ é o ângulo formado entre o vetor normal a área $\vec{A}$ e o vetor $\vec{B}$.

Em geral, e no caso do nosso experimento, se quer obter o fluxo magnético através uma superfície limitada por uma bobina. Se a bobina tem N voltas, então o fluxo total será a soma dos fluxos que passam em cada espira da bobina. Considerando que as espiras estão suficientemente próximas umas das outras, podemos considerar que o campo magnético é o mesmo em cada espira, ou seja, para um campo magnético uniforme aplicado sobre a bobina, teremos que o valor do fluxo fica:

$$\Phi = NBA \cos \theta$$

O professor deve lançar mão de exemplos para definir qualitativamente o conceito de *fluxo por uma área*. A projeção e discussão representação gráfica da figura¹⁶ abaixo pode facilitar o entendimento por parte dos estudantes.

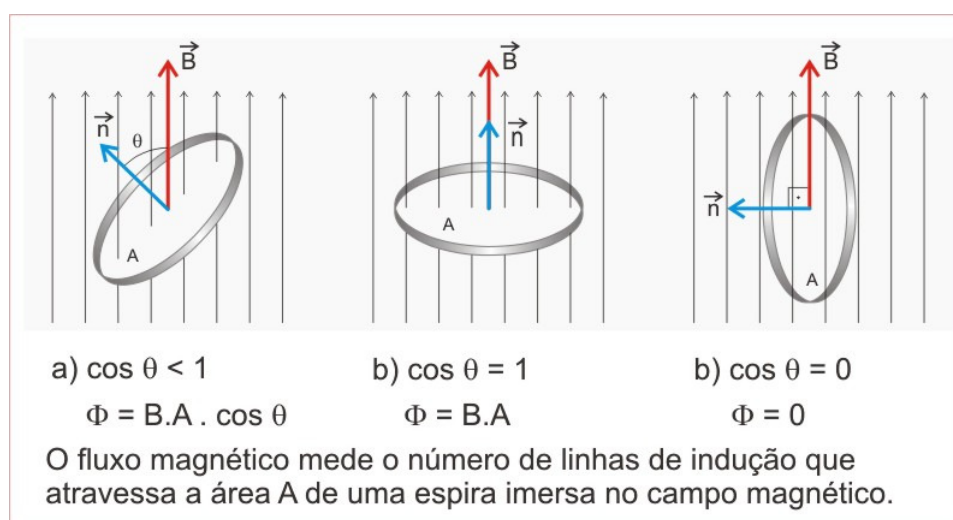


Figura 1 – Representação do fluxo magnético por uma espira de área A

Simulador PhET Faraday's Law

O professor poderá utilizar o simulador para complementar a definição de fluxo magnético. Como o conceito de fluxo não é trivial para nossos estudantes, é conveniente usar o simulador pelo seu apelo visual.

Nele é possível visualizar uma representação das *linhas de força* do campo magnético de um ímã. Além do que é possível mover o ímã pela tela, e com isso “movem-se” as linhas de força que representam o campo magnético. Também é possível *variar* a *área* e o número

16 Disponível em http://2.bp.blogspot.com/_JJ4o4Jcg48/TLyv2lvvOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j_YLEg/s1600/espira+2.jpg, acesso em fevereiro de 2015.

de enrolamentos das bobinas e rotacionar o ímã, variando assim, o ângulo entre o vetor indução magnética e o vetor normal a área das bobinas.

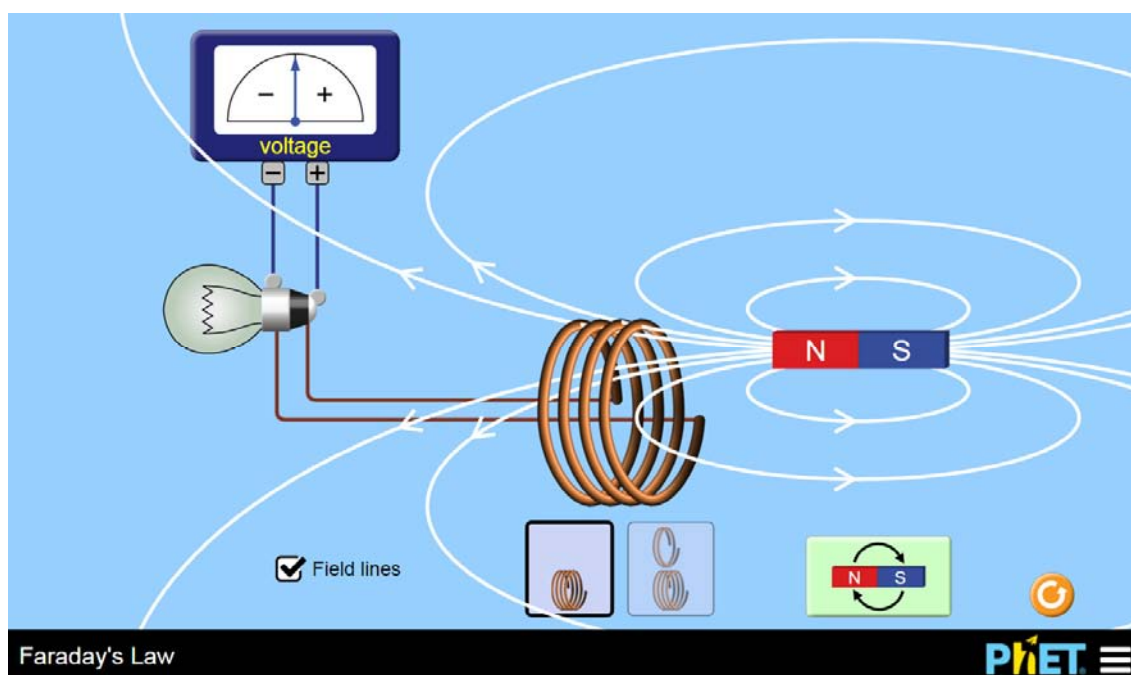


Figura 2 – Interface do simulador Faraday's Law

SÍNTESE INTEGRADORA

É importante que fique claro aos estudantes que o conceito de fluxo magnético evolui do conceito de campo magnético de Faraday. O professor deve resgatar a imagem das linhas de força desenhadas pelos próprios estudantes na primeira aula experimental e associá-la a imagem do simulador, assim espera-se reforçar o conceito, preparando os estudantes para a aula seguinte em que se define quali e quantitativamente a lei de Faraday.

AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução de todas as atividades.

RECURSOS FÍSICOS

Projeto e notebook.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

PLANO DE AULA

LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE FARADAY

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Teórica**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **08/10**

ASSUNTO

- Lei da indução eletromagnética.

OBJETIVOS

GERAIS

- Estabelecer qualitativa e quantitativamente a lei da indução eletromagnética de Faraday.

ESPECÍFICOS

- Discutir a definição qualitativa de Michael Faraday;
- Destacar as contribuições de Heinrich F. E. Lenz e Franz E. Newmann para o estabelecimento de uma expressão matemática para a lei de Faraday;
- Discutir as facilidades e/ou dificuldades de se variar cada um dos três parâmetros que definem o fluxo magnético: área, intensidade do campo e o ângulo entre os vetores;
- Avaliar o funcionamento de motores e geradores elétricos, ou seja, a aplicação tecnológica do fenômeno da indução eletromagnética.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Contexto histórico

Após suas experiências, Faraday percebeu que a palavra-chave para explicar o fenômeno da indução eletromagnética era *variação*, e usando o conceito de linhas de força interpretou seus resultados dizendo que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio.

Em 1831, ele afirmou que a corrente elétrica induzida por um campo magnético em um circuito fechado é proporcional à taxa de variação temporal do número de linhas de fluxo magnético que atravessam a área delimitada pelo circuito.

O físico russo Heinrich F. E. Lenz, em 1834, chega as mesmas descobertas de Faraday, entretanto, ele mostra que os efeitos de uma corrente induzida por forças eletromagnéticas sempre se opõem a essas mesmas forças, o que chamamos de lei de Lenz. Complementando assim as ideias de Faraday.

Um dos problemas encontrados pela comunidade científica para compreender o que Faraday estava dizendo deve-se ao fato de que ele definiu sua lei de maneira verbal, usando o arcabouço de linhas de campo que ele mesmo havia desenvolvido. De modo que ele nunca chegou a uma expressão matemática que resumisse o fenômeno.

Por volta de 1845, o físico alemão Franz E. Neumann expressa as ideias de Faraday e Lenz em uma fórmula, segundo a qual a força eletromotriz induzida (d.d.p. induzida) em um circuito é igual à variação temporal do fluxo magnético que o atravessa, essa expressão ficaria conhecida por *Lei de Faraday-Neumann-Lenz*:

$$\varepsilon = \frac{-\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

Interpretação da lei

O professor deve discutir com os estudantes *como variar* temporalmente o fluxo magnético por uma espira com o intuito de induzir uma *f.e.m.*, e portanto, uma corrente elétrica.

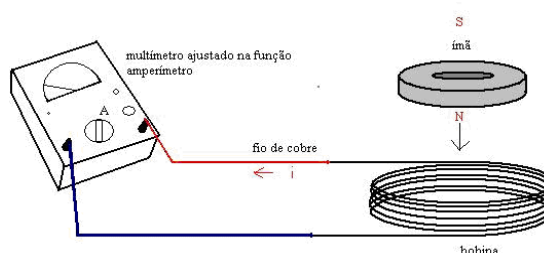
Devemos analisar cada termo que define a grandeza fluxo magnético e discutir com os estudantes como fazer essa variação. Por simplicidade consideraremos o campo magnético contante na espira, assim a expressão para determinar o fluxo magnético fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

Para obter a variação desse grandeza, podemos:

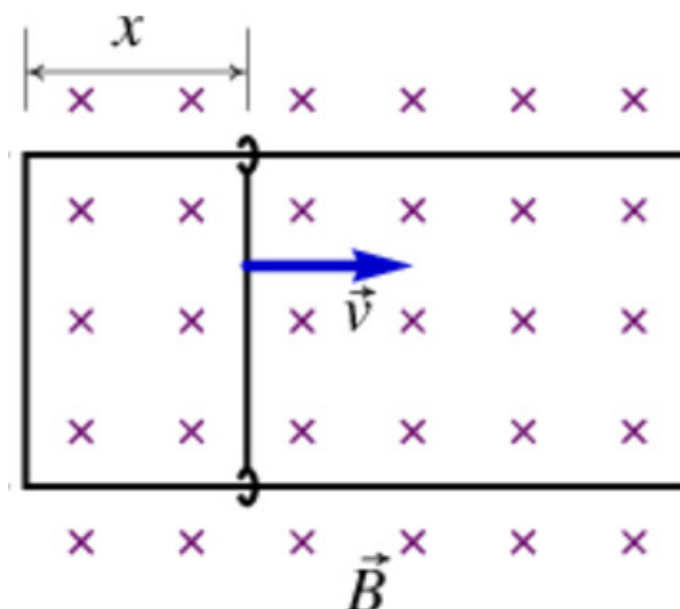
- ***Variar a intensidade do campo magnético.***

Por exemplo, aproximando ou afastando um ímã da espira. (O professor pode demonstrar o efeito usando a montagem experimental da aula 06).



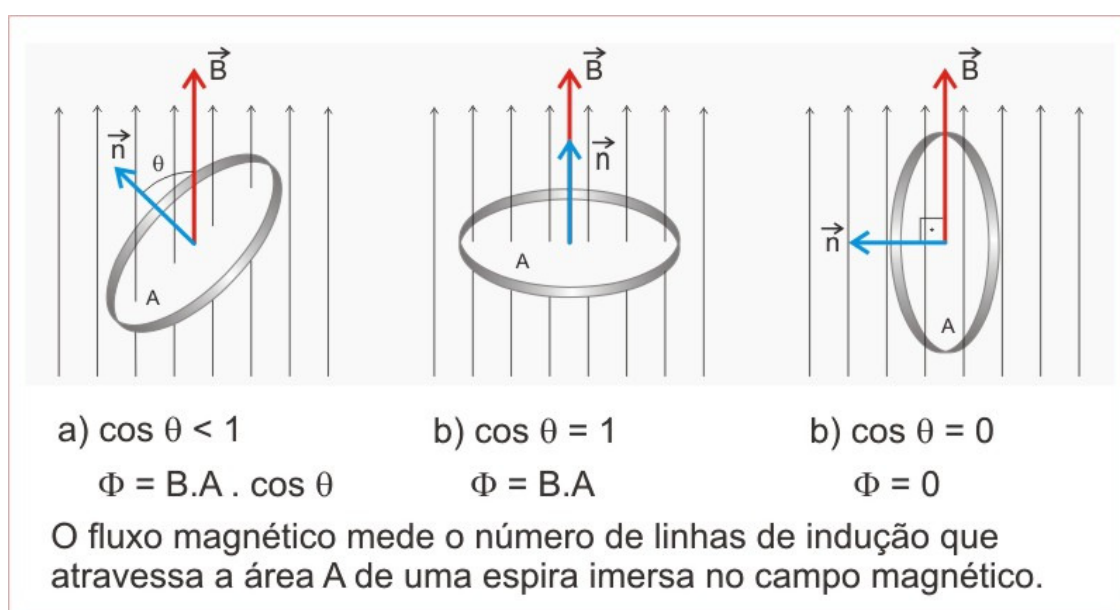
- **Variar a área da espira.**

É importante discutir com os estudantes como é possível variar a área de uma espira imersa em um campo constante. Inclusive, esse é um “problema típico” sobre esse assunto, muito presente em provas de vestibulares. A figura¹⁷ ilustra uma maneira de variar a área e assim induzir corrente no circuito.



- **Variar o ângulo entre o vetor B e o vetor normal à área.**

Ao rotacionar uma espira imersa em um campo magnético estamos variando o ângulo entre os vetores B e n , o que também induzirá uma *f.e.m.* nessa espira. O professor pode discutir a figura, interpretando com os estudantes cada uma das situações representadas.



17 Disponível em https://def.fe.up.pt/eletricidade/img/exe_espira_variavel_240.png, acesso em maio de 2015.

SÍNTESE INTEGRADORA

Exemplificadas e discutidas as maneiras de se variar o fluxo magnético em um circuito e, portanto, induzir uma corrente elétrica, o professor deve questionar aos estudantes:

Como é gerada a energia elétrica em usinas e como ela chega até nós?

Esse questionamento será recuperado na próxima aula, na qual será discutida a geração de energia em usinas, circuitos de distribuição, a matriz energética nacional e perspectivas para o futuro.

AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, projetor e notebook.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.
https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Faraday-Neumann-Lenz#cite_note-historia-1

DESAFIOS

1. Para saber como funcionam os geradores de corrente alternada, consulte:
 STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 172. São Paulo: Edições SM, 2013.
2. Aprenda como construir um freio eletromagnético, usando a lei da indução de Faraday, em:
 STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 200. São Paulo: Edições SM, 2013.

PLANO DE AULA

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Teórica**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **09/10**

ASSUNTO

- Produção de energia elétrica.

OBJETIVOS

GERAIS

- Reconhecer a lei da indução eletromagnética de Faraday como princípio fundamental por trás da geração de eletricidade em grande escala.

ESPECÍFICOS

- Discutir o circuito de distribuição de energia elétrica recuperando a discussão sobre transformadores;
- Avaliar a matriz energética nacional e discutir as perspectivas de futuro.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética

Na aula anterior o professor deixou um questionamento aos estudantes:

Como é gerada a energia elétrica em usinas e como ela chega até nós?

Para responder essa pergunta é preciso analisar onde efetivamente ocorre a produção de eletricidade nas usinas geradoras.

As usinas apresentam um *gerador*, é nele que é produzida a energia elétrica, mas como? O princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico baseia-se na indução eletromagnética, mais especificamente, um campo magnético variável na região onde estão as bobinas do gerador produz uma tensão (*f.e.m. induzida*).

No gerador, bobinas são fixadas ao redor de um eixo e formam um tipo de anel, no eixo estão fixados ímãs (ou eletroímãs), quando esse eixo é posto a girar, os campos magnéticos gerados pelos ímãs também giram, essa variação do fluxo magnético nas bobinas induz a tensão que será fornecida a um circuito elétrico e então distribuída.

É importante destacar que a corrente induzida por esses geradores é do tipo *alternada*, pois a medida que os campos magnéticos giram junto ao eixo, o fluxo magnético nas bobinas aumenta, diminui e troca de sentido. A cada volta do eixo, portanto, a corrente induzida muda sua intensidade e seu sentido.

Matriz energética nacional

O professor propõe a leitura do quadro “*Algo A +*” (*Produto Educacional*, p. 170) das páginas 147-149 do livro didático (Física, Interação e Tecnologia. Volume 03). Esse texto permite a discussão de vários temas relevantes, por exemplo: *o impacto ambiental das diferentes formas produção de energia elétrica, o custo associado a cada forma de produção, os perigos da produção de eletricidade em usinas nucleares, etc.*

Questiona-se aos estudantes quais outras formas de produção de eletricidade, além daquelas listadas no texto, são conhecidas por eles, e discute-se as vantagens e desvantagens de cada sistema de geração.

Distribuição de energia

Uma vez produzida a eletricidade nas usinas, ela precisa chegar aos consumidores, às cidades, para isso foi necessária a construção de grandes redes de distribuição.

Para abastecer grandes populações é necessário um sistema que minimize as perdas de energia ao longo do circuito de distribuição. Para reduzir as perdas por aquecimento dos fios condutores (efeito Joule), utiliza-se um *transformador*. Ao elevar-se a tensão reduz-se a corrente no circuito, pois:

$$E_n = P\Delta t \rightarrow E_n = (Ui)\Delta t$$

De modo que na saída da usina geradora a tensão é elevada por transformadores atingindo valores entre 10 mil e 300 mil volts. Ao chegar próximo as unidades consumidoras (indústrias, residências, etc.) a tensão é reduzida de acordo com a necessidade. No Brasil, a tensão disponível nas residências varia entre 110 V ou 220 V.

Deve-se lembrar que:

O princípio de funcionamento do transformador baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. O aparelho é capaz de induzir uma corrente elétrica no circuito secundário quando a corrente for variável no circuito primário ligado à fonte de energia elétrica. Alterando-se o número de voltas de fio do circuito secundário em relação ao número de voltas de fio no circuito primário em torno do núcleo de ferro, obtém-se uma mudança no valor da tensão elétrica induzida no circuito secundário. Em consequência, a corrente elétrica também muda de intensidade em relação a seu valor no circuito primário. (Toscano, 2015)

SÍNTESE INTEGRADORA

Essa aula conclui a sequência de nove aulas em que foram discutidos conceitos desde o fenômeno do magnetismo até a indução eletromagnética.

É importante relembrar e destacar o impacto social e econômico das descobertas de Oersted e Faraday. De modo que isso favoreça a compreensão pelos estudantes de que o conhecimento científico e tecnológico é resultado da construção humana, e está relacionado ao processo histórico e social no qual está inserido.

AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, projetor e notebook.

BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002

DESAFIOS

1. Investigue como é a produção de energia elétrica através de usina hidrelétrica, usina nuclear e usina eólica em :
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 201 a 211. São Paulo: Edições SM, 2013.
2. Verifique qual é o caminho da energia elétrica das usinas às residências em:
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 212 e 213. São Paulo: Edições SM, 2013.
3. Pesquise sobre a escassez mundial de energia em:
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 215 e 216. São Paulo: Edições SM, 2013.

PLANO DE AULA

AVALIAÇÃO – ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

PROFESSOR: **Marlon Labas**

SÉRIE: **Terceira**

TIPO DE AULA: **Teórica**

DISCIPLINA: **Física**

ANO LETIVO: **2015**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

AULA: **10/10**

ASSUNTO

- Eletromagnetismo.

OBJETIVOS

GERAIS

- Avaliar via elaboração de mapas conceituais os avanços cognitivos e evidências de aprendizado dos educandos.

MOMENTOS DA AULA

DESENVOLVIMENTO

Proposta de atividade

Nesta última atividade os estudantes serão novamente solicitados a elaborarem mapas conceituais sobre o tema: *Eletromagnetismo*.

O professor deverá fornecer as folhas para registro dos mapas conceituais, podendo optar por utilizar o modelo sugerido em anexo (*Produto Educacional*, p. 168).

RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz e folhas de papel A4.

BIBLIOGRAFIA

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, março de 2003, Curitiba.

	<i>Mapa conceitual</i>		
	Disciplina: FÍSICA		
	Professor:	Estudante:	Data:
	Assunto: ELETROMAGNETISMO		

TEXTO DE APOIO

AULA 05: Transformador de Faraday

Em épocas anteriores, as maiores contribuições à ciência eram feitas por homens de posses financeiras. Pessoas com pouco ou nenhum dinheiro eram atarefadas demais em ganhar a vida para poder despendar o tempo requerido para uma investigação científica séria.

Michael Faraday foi um dos quatro filhos de James Faraday, um ferreiro de vila no sudoeste de Londres. Michael teve apenas uma educação escolar básica e acabou praticamente se autoeducando. Aos 13 anos, tornou-se aprendiz de um encadernador e, durante seus sete anos de aprendizagem, leu muitos livros na oficina. Michael era muito interessado por ciências, especialmente pela eletricidade. Em 1812, no final do aprendizado sobre encadernação e com 20 anos de idade, Faraday assistiu algumas palestras dadas pelo mundialmente famoso Sir Humphry Davy, membro da Royal Institution e da Royal Society. Ele tomava notas detalhadas durante as palestras,



que depois reuniu na forma de um livro com mais de 300 páginas e o enviou a Davy. Este ficou muito impressionado e congratulou Faraday, embora, de início, ele o tenha aconselhado a permanecer como encadernador. Porém, no ano seguinte, quando o assistente de Davy foi despedido por causa de um incêndio, Davy convidou Faraday para substituí-lo.

Na rígida sociedade de classes inglesa da época, Faraday não era considerado um cavalheiro. Quando Davy, dezoito meses mais tarde, foi ao continente com sua nova esposa, Faraday foi junto, mas a esposa de Davy recusou-se a tratá-lo como um igual. Apesar disso, Faraday teve então uma oportunidade de se encontrar com a elite científica da Europa e obteve ideias estimulantes.

Faraday veio a ser um dos mais importantes cientistas experimentais da época. Ele fez descobertas significativas

na química, na eletrólise e principalmente na eletricidade e no magnetismo. Em 1831, fez sua mais notável descoberta. Ao mover um ímã para o interior de espiras de fio, induziu nelas uma corrente elétrica. Isso é o que se chama de *indução eletromagnética*, fenômeno coincidentemente descoberto mais ou menos na mesma época, na América do Norte, por Joseph Henry (o isolamento do fio que Henry usou para as espiras foi lacrimosamente doado por sua esposa, que sacrificou parte de seu vestido de casamento, feito de seda, para revestir os fios). Nessa época, a única maneira de produzir uma corrente elétrica substancial era por meio de baterias. A indução eletromagnética deu início à era da eletricidade.

As habilidades matemáticas de Faraday eram limitadas à álgebra elementar e não iam além da trigonometria. Por isso, ele costumava exprimir suas ideias pictoricamente e com linguagem simples. Faraday visualizava os efeitos elétricos e magnéticos exprimindo-os em termos de “linhas de força”. Agora, nós as chamamos de linhas de campo elétrico e de campo magnético, e elas se mantêm como ferramentas úteis na ciência e na engenharia.

Faraday recusou-se a participar da produção de armas químicas para a Guerra da Crimeia, alegando razões éticas. Ele era profundamente religioso e conheceu sua mulher, Sarah Barnard, em uma igreja. O casal não teve filhos. Faraday foi eleito membro de sociedades prestigiosas e, nos últimos anos da vida, adquiriu um alto *status* científico. Ele rejeitou ser condecorado e por duas vezes recusou-se a ser presidente da Royal Society. Ele fez grandes esforços em projetos de serviços para companhias privadas e para o governo britânico – o aumento da segurança nas minas, novas maneiras de operar faróis de navegação e o controle da poluição. Faraday foi um “verde” original.

A unidade de capacitância elétrica, o farad, recebeu este nome em homenagem a Faraday. Ele faleceu com 75 anos, em 1867. Antes da morte, rejeitou ser sepultado na Abadia de Westminster. Lá existe uma placa memorial a ele, próxima à tumba de Isaac Newton. Em vez de Westminster, ele foi sepultado em um lote na igreja que costumava frequentar.

Referência

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] tradução: Trieste Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

TEXTO DE APOIO

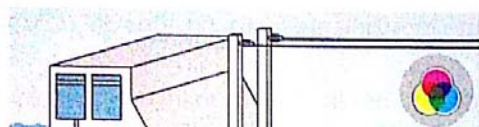
AULA 09: Produção de energia elétrica

USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS

No Brasil, graças a sua enorme quantidade de rios, a maior parte da energia elétrica disponível é ainda proveniente de grandes usinas hidrelétricas. Mas há usinas termelétricas em algumas regiões e usinas nucleares na região Sudeste.

Embora o gerador de energia elétrica seja semelhante em todas as usinas, o modo como é obtido o giro do eixo do gerador é o que diferencia um tipo de usina de outro.

Nas **usinas hidrelétricas** (figura 21), esse movimento é obtido com a queda de água represada a certa altura. Tendo sua vazão controlada por uma tubulação, a água em queda adquire energia suficiente para colidir com as pás da turbina e, assim, girar o circuito fixado ao eixo do gerador elétrico.



As usinas hidrelétricas de grande porte, como Itaipu, requerem grandes quantidades de água represada e trabalham com vários geradores dispostos lado a lado. A construção dessas usinas exige que se alaguem imensas regiões, provocando graves alterações no ecossistema local, como a extinção de algumas espécies animais, tanto aquáticas como terrestres.

Nas **usinas termelétricas** (figura 24) convencionais, o movimento do eixo do gerador é obtido pela queima de um combustível fóssil, em geral carvão ou óleo. A água é vaporizada em uma caldeira e o vapor, conduzido à alta pressão por uma tubulação até as pás de uma turbina, cujo eixo está acoplado ao gerador.

Com o choque entre as moléculas do vapor-d'água à alta pressão e as pás da turbina, obtém-se o movimento do eixo do gerador. Posteriormente, o vapor é resfriado no radiador, onde a água volta ao estado líquido, sendo depois injetada na caldeira, para ser novamente vaporizada.

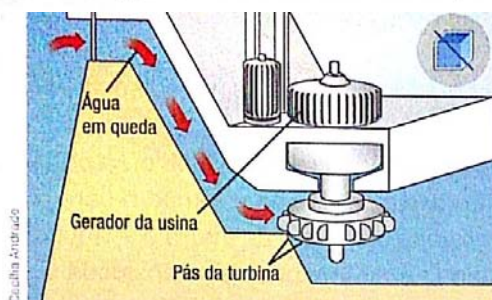


Figura 21: Esquema de uma usina hidrelétrica.

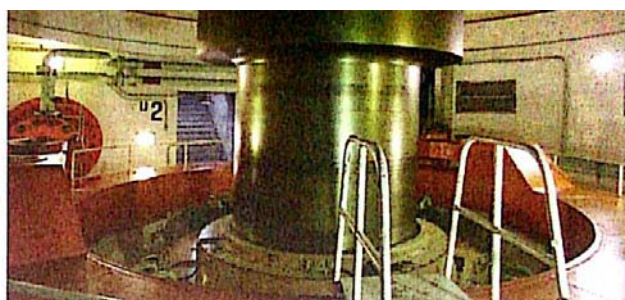


Figura 22: Um dos eixos de turbina da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu (Paraná), 2011.

As usinas termelétricas queimam combustível para funcionar, produzindo o lançamento de gases poluentes na atmosfera local. Além disso, também necessitam ser construídas próximas de rios, dos quais se desvia parte da água, para a liquefação do vapor-d'água. A água é devolvida ao rio a uma temperatura mais alta, acarretando prejuízos ao ecossistema local, pois várias formas de vida aquática não resistem a tal variação de temperatura.

Nas usinas nucleares (figuras 25 e 26), o movimento do eixo do gerador também é obtido pelo choque das moléculas do vapor-d'água em alta pressão com as pás da turbina. O processo de vaporização da água, entretanto, é outro. Aqui, o combustível utilizado é o urânio, que contém dois isótopos: o 235 (3% do total) e o 238 (97% do total).

O composto de urânio fica armazenado no reator nuclear. Por meio do lançamento controlado de nêutrons, o núcleo de urânio desintegra-se com liberação de grande quantidade de energia, que é utilizada para vaporizar a água armazenada ao redor do reator. O vapor é conduzido à alta pressão, por uma tubulação, até as pás da turbina. Depois do choque com as pás, o vapor é liquefeito e reconduzido para as proximidades do reator, onde é novamente aquecido e vaporizado.

Além dos arriscados acidentes envolvendo essas usinas, elas também apresentam a desvantagem de produzir lixo atômico, constituído de substâncias radioativas, cujas emissões perduram por um longo período.

Por mais seguro que seja o descarte do lixo radioativo, nem sempre é possível isolar a alta radioatividade completamente. Quando ocorre vazamento, há contaminação do local para onde esse lixo foi transportado. Além disso, o tempo de vida útil dessas usinas é apenas de 20 a 25 anos, em função da grande deterioração dos materiais do reator nuclear, submetidos a altas emissões radioativas. Finda a vida útil, as usinas são desativadas e o local não pode mais ser utilizado, devendo permanecer em isolamento.

A construção das usinas geradoras de eletricidade requer estudo detalhado do impacto ambiental a ser causado na região onde vai ser instalada.

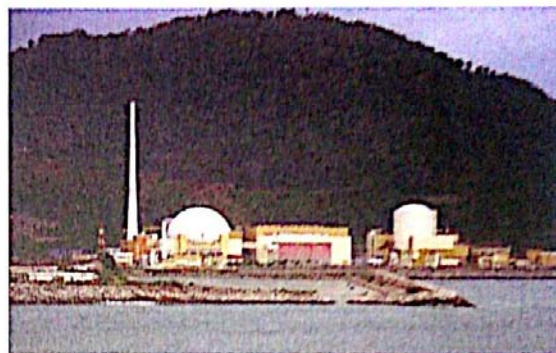


Figura 25: Usina nuclear de Angra dos Reis, RJ.

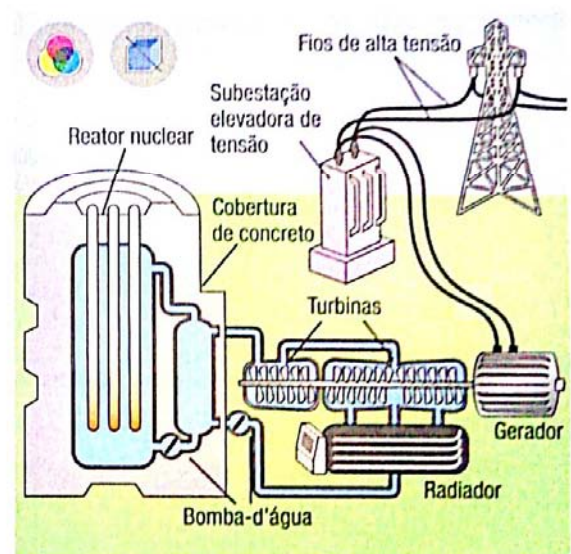


Figura 26: Representação da geração de energia elétrica em uma usina nuclear.

Referência

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] tradução: Trieste Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

	Atividade Experimental	
	Disciplina: FÍSICA	
	Professor: Marlon Labas	Equipe:
	Assunto: Campos e interações magnéticas	Data:

Parte I - *Interação entre ímãs*

É fornecido uma par de ímãs, aproximem e afastem os ímãs, explorem diferentes maneiras de fazer os ímãs interagirem, observem as formas com que esses ímãs interagem. Registrem suas observações:

Parte II - *Bússola*

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?

O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?

Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?

A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

Parte III - *Mapeamento do campo magnético local*

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

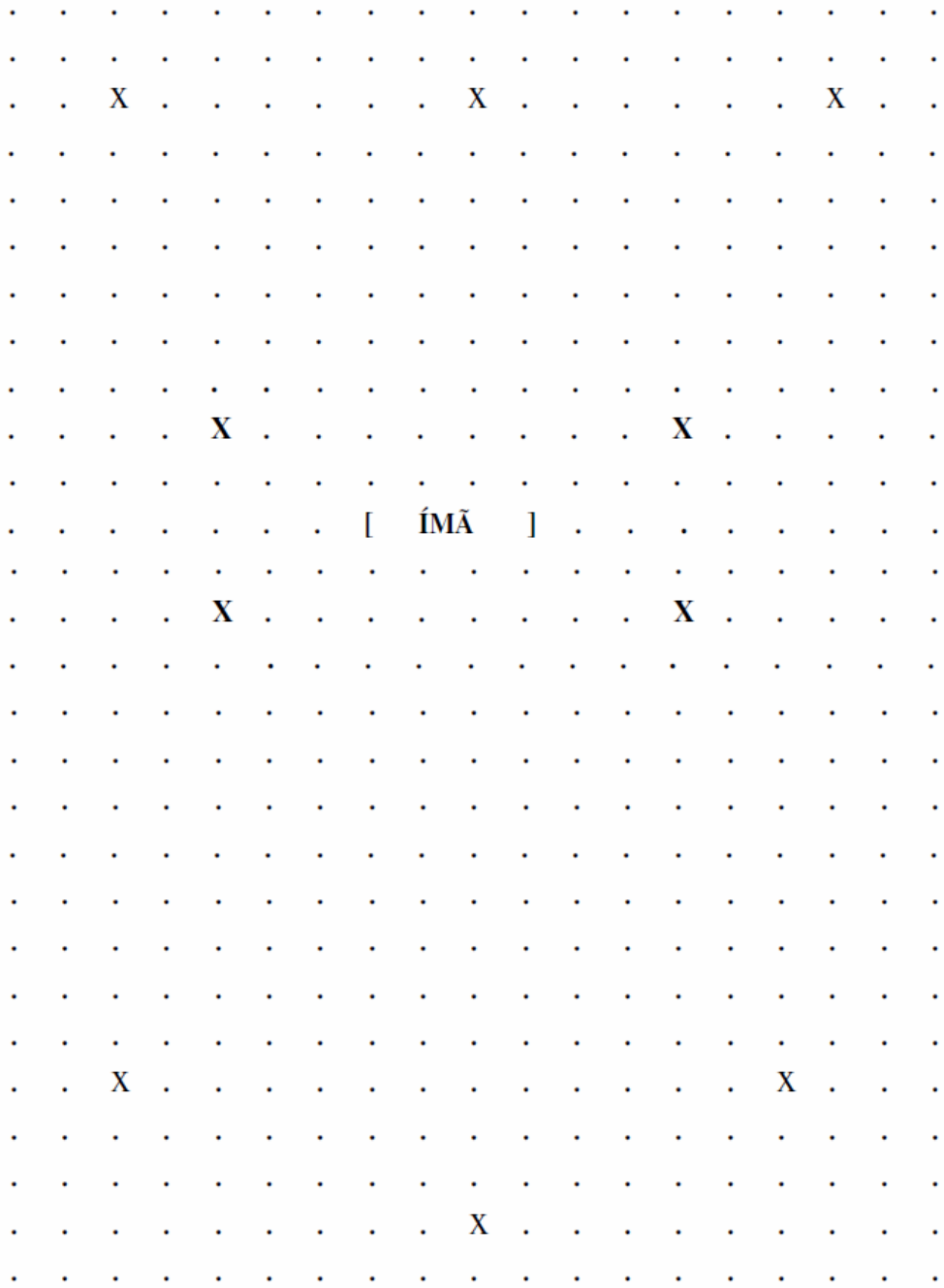
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X

Parte IV - *Observando os efeitos locais da presença de um ímã*

Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

Qual o efeito local da presença do ímã?

O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?



	Atividade Experimental	
	Disciplina: FÍSICA	
	Professor: Marlon Labas	Equipe:
	Assunto: Experiência de Oersted	Data:

Parte I – Observando o funcionamento do circuito elétrico

Para realizar essa atividade, vocês dispõem de uma bússola, um circuito elétrico (previamente construído) e um multímetro, representados esquematicamente nas figuras abaixo.

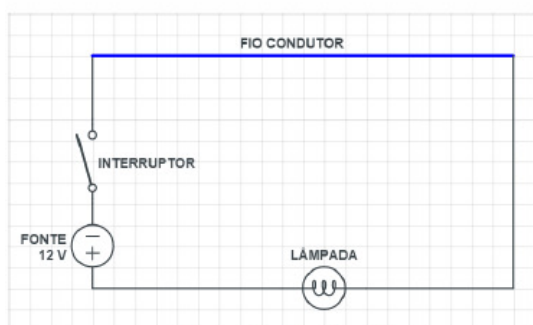


Figura 01 - Circuito elétrico

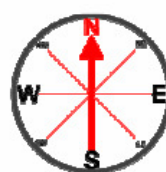


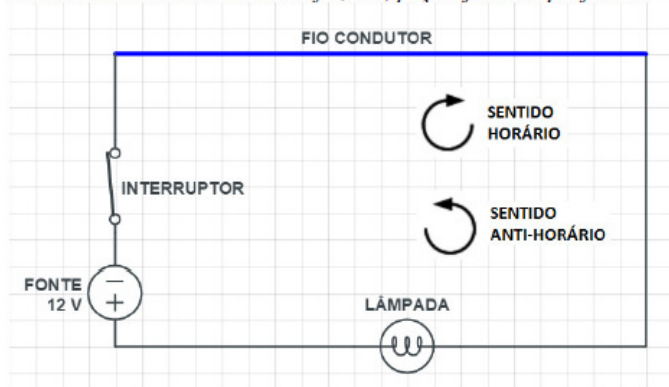
Figura 02 – Representação da bússola¹



Figura 03 – Multímetro²

Conecte o plug da fonte de corrente contínua (12 V) no circuito e teste o seu funcionamento. Para ter certeza que uma corrente elétrica está percorrendo o circuito, verifique se a lâmpada acende ao acionar o interruptor.

Com o auxílio do multímetro verifique qual o sentido da corrente elétrica no circuito e marque no desenho abaixo. *Caso não saiba como fazê-lo, peça ajuda ao professor.*



Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

Da memória... Na aula passada vocês estudaram o comportamento de ímãs e bússolas. Observaram que uma bússola é também um ímã e que é possível utilizá-la para detectar e mapear um campo magnético. Ou seja, sempre que a agulha de uma bússola sofrer uma deflexão, isso significa que existe um campo magnético causando essa interação.

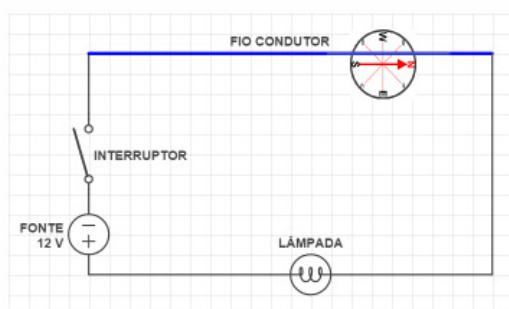
Parte II – Experimento de Oersted

Em abril de 1820, Hans Christian Oersted verificou e demonstrou pela primeira vez o que acontece com a agulha de uma bússola próxima a um circuito elétrico quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor desse circuito. O circuito por ele utilizado era basicamente igual ao circuito que vocês têm em mãos, portanto, vocês têm os elementos necessários para visualizar e descobrir o que Oersted descobriu quase dois séculos atrás...

¹ Disponível em https://lh4.ggpht.com/f8d8CHo_g8568UhSQ9u3Kz3EY2GNLW2b-gkE0edJg4bZyt6X6WA7ZUxyYkFhMcXz6w=w300, acesso em 10 de outubro de 2015.

² Disponível em <http://img-aws.ehowcdn.com/615x200/ehow/images/a05/mo/r2/refresh-nimh-batteries-800x800.jpg>, acesso em 10 de outubro de 2015.

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:

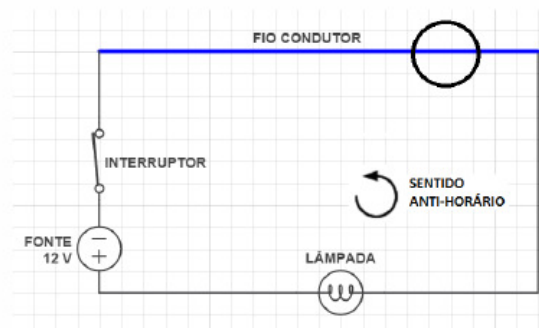
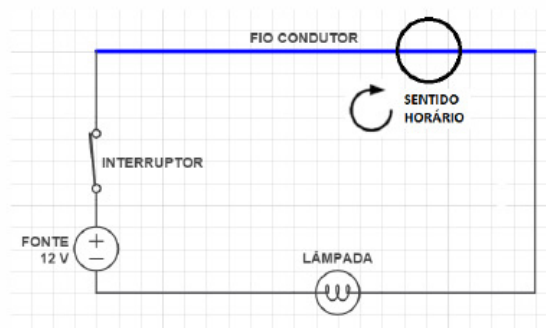


Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

() POSITIVO = corrente no sentido horário.

() NEGATIVO = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:



Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

Repita os procedimentos anteriores, colocando a bússola sobre o fio. Observe o que mudou com relação ao alinhamento da agulha da bússola quando esta estava posicionada sob o fio. Anote suas observações:

Parabéns! Vocês acabaram de reproduzir e interpretar o experimento que viria a mostrar que fenômenos elétricos podem produzir fenômenos magnéticos.

Pergunte ao seu professor o que é a “regra da mão direita” e aguarde a explicação.

Parte III – Circuito com espiras

Solicite ao professor o circuito elétrico com espiras.

Utilizando a *regra da mão direita* que vocês acabaram de aprender, tente prever o formato do campo produzido pela corrente elétrica que percorre as espiras.

Faça um mapeamento do campo produzido pelas espiras, utilizando a técnica aprendida na aula passada (mapeamento do campo de um ímã). Faça um esboço das linhas de campo no desenho ao lado.

Vista frontal



Vista superior



Solicite ao professor que verifique seu esboço.

	Atividade Experimental	
	Disciplina: FÍSICA	
	Professor: Marlon Labas	Equipe:
	Assunto: Experiência de Faraday	Data:

Parte I – Observando o funcionamento do transformador de Faraday

Michel Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas produziam efeitos magnéticos. A questão posta por ele, por volta de 1821, era então investigar se o fenômeno inverso poderia ocorrer, ou seja, *será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?* Ou melhor: *Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?* Ou ainda: *Será que uma corrente estacionária num fio não poderia gerar corrente num outro fio?*

Numa investigação cuidadosamente planejada, Faraday mostrou que estas questões eram respondidas negativamente. Porém, dando continuidade a suas pesquisas, em 1831, ao fazer experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro (Fig. 1), notou, acidentalmente, que aparecia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina.

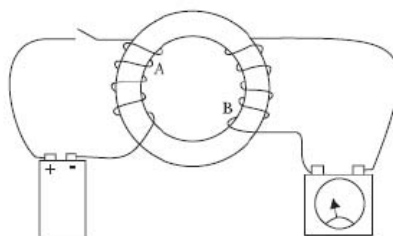


Figura 1 – Representação esquemática da montagem experimental que permitiu Faraday observar o fenômeno da *indução magnética*.

Dito de outro modo, toda vez que a corrente *variava* num fio (circuito), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito), colocado nas suas vizinhanças! Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, experimentalmente, logo em seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenômeno, porém sua presença intensificava o efeito.¹

Parte II – Experimento de Faraday

Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?

Essa pergunta ainda faltava ser respondida, mas logo após realizar a experiência conhecida como “transformador de Faraday”, ele mostrou que se uma barra imantada fosse introduzida na bobina B, uma corrente seria induzida também neste circuito, no momento em que se inserisse ou no momento em que se retirasse tal barra.

Pois bem, de posse de uma bobina, um multímetro e um conjunto de ímãs (4 ímãs) reproduza o experimento de Faraday (Fig. 2) e descreva o que você observa ao aproximar e afastar os ímãs da bobina:

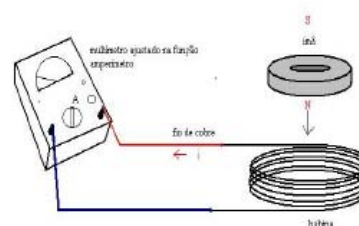


Figura 2 – Montagem experimental²

¹ Texto adaptado de: ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das idéias da física [online]. Salvador: EDUFBA, 2002.

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	
Médio	
Grande	

Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos

<i>Diâmetro</i>	<i>Corrente máxima observada (μA)</i>
Pequeno	
Médio	
Grande	

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

Após estas e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era *variação*, e utilizando o conceito de linhas de força, sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra *campo* para se referir à disposição e à intensidade das linhas de força no espaço.

Uma consequência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como *dínamo de disco de Faraday* (Figs. 2 e 3). Nele, um disco de cobre, girando entre os pólos de um ímã, gera uma corrente elétrica contínua num circuito ligado ao disco através de escovas.

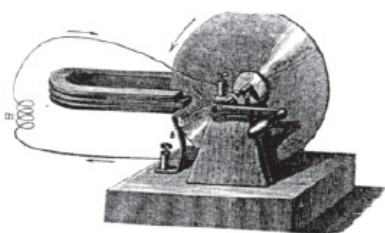


Figura 2 – Dínamo de disco de Faraday

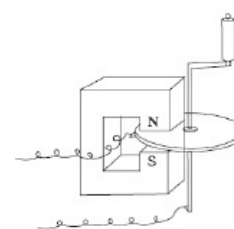


Figura 3 – Desenho esquemático

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados, a exemplo do gerador construído pelo francês Hippolyte Pixii que, na época (1832), trabalhava com Ampère como construtor de instrumentos; nesta máquina, os pólos magnéticos de um ímã giram em relação a duas bobinas fixas (Figs. 4 e 5).

Logo em seguida, surgem geradores nos quais só a bobina gira em relação aos pólos magnéticos fixos. A produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, a partir de usinas hidrelétricas, só se tornou realidade nas últimas décadas do século passado.

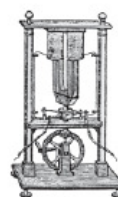


Figura 4 – Gerador eletromagnético de 1832



Figura 5 – Representação esquemática do gerador de 1832

² Disponível em: http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/lei_de_faraday_lenz1.JPG

KITS EXPERIMENTAIS

MAPEAMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UM ÍMÃ

Recursos físicos

Folhas de papel A4, ímãs de neodímio e mini bússolas.

Descrição dos materiais (sugestão que pode ser adaptada pelo professor)

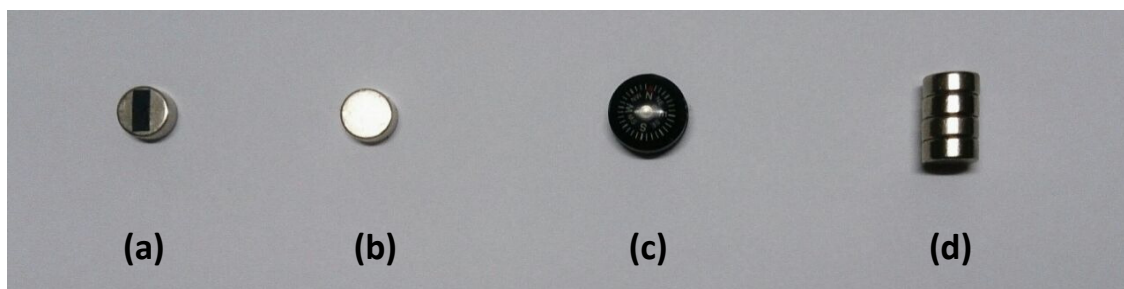


Imagem 1 - Materiais utilizados na montagem do kit 01

- (a) – Ímã de neodímio com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura, face norte preparada com marcação em fita isolante;
- (b) – Ímã de neodímio com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura, face sul;
- (c) – Mini Bússola com 15 mm de diâmetro;
- (d) – Quatro ímãs de neodímio com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura.

Observação: Devido à dificuldade em encontrar esses materiais em lojas não especializadas, todos eles foram adquiridos em lojas virtuais nacionais.



Imagem 2 - Registro do comportamento das bússolas próximas ao campo magnético dos ímãs

EXPERIÊNCIA DE OERSTED

Recursos físicos

Folhas de papel A4, bússolas, fios, lâmpada, interruptor e fonte de corrente contínua.

Descrição dos materiais

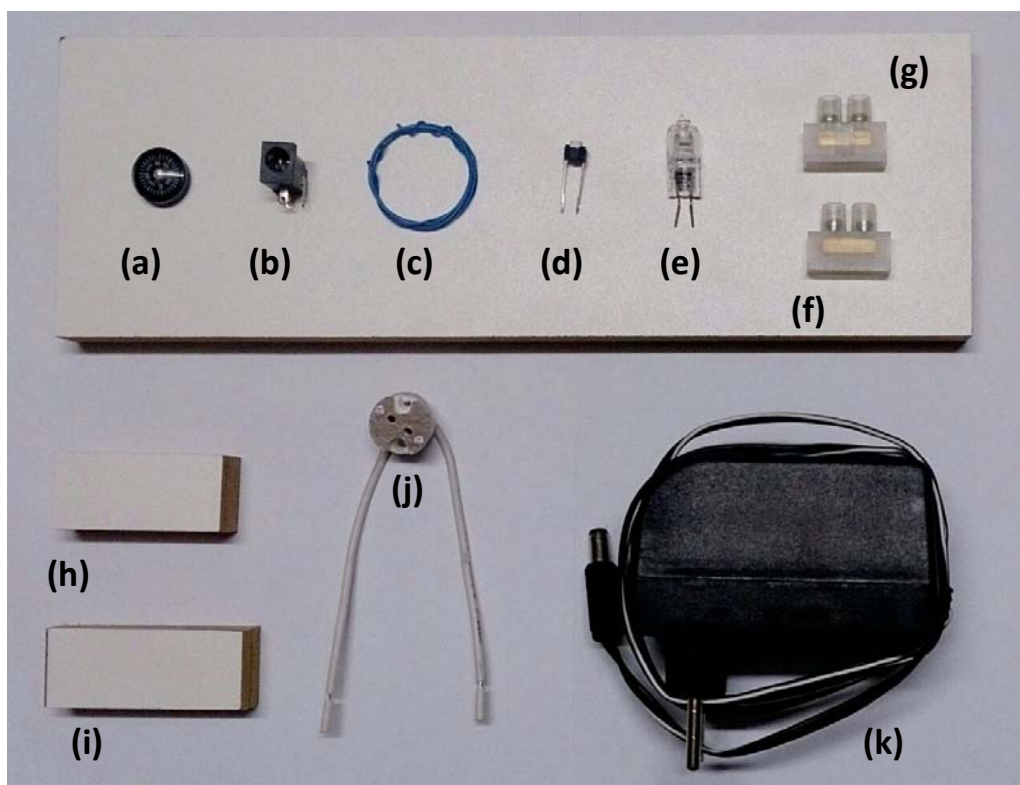


Imagem 3 - Materiais utilizados na montagem do kit 02

- (a) – Mini Bússola com 15 mm de diâmetro;
- (b) – Conector P4 “fêmea”;
- (c) – 70 cm de fio fino para a montagem do circuito elétrico;
- (d) – Chave (interruptor);
- (e) – Lâmpada halógena (12V – 20W);
- (f) – Dois conectores de fios elétricos (6 mm);
- (g) – Placa de madeira para suporte (8 cm x 25 cm);
- (h) – Três suportes de madeira (4,5 cm x 2 cm);
- (i) – Um suporte de madeira (5 cm x 2 cm);
- (j) – Soquete para lâmpada halógena;

(k) – Fonte de corrente contínua (9V – 1A).

Circuito para o experimento

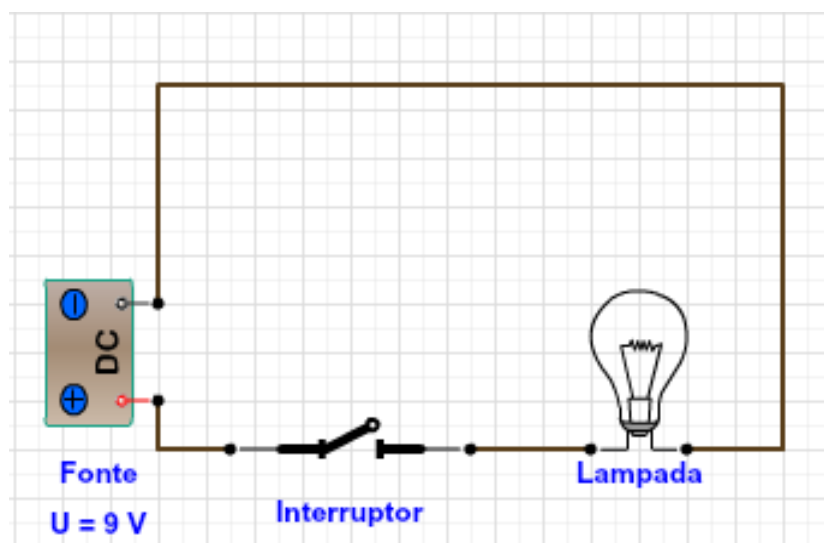


Figura 13 - Representação do circuito utilizado no experimento

Para desenhar esse circuito utilizamos o editor de circuitos online “DoCircuits”, disponível no site: <http://www.docircuits.com/circuit-editor>. Por se tratar de uma ferramenta online, dispensa a instalação de qualquer aplicativo, basta acessar o site de criar o circuito que desejar.

Montagem sugerida

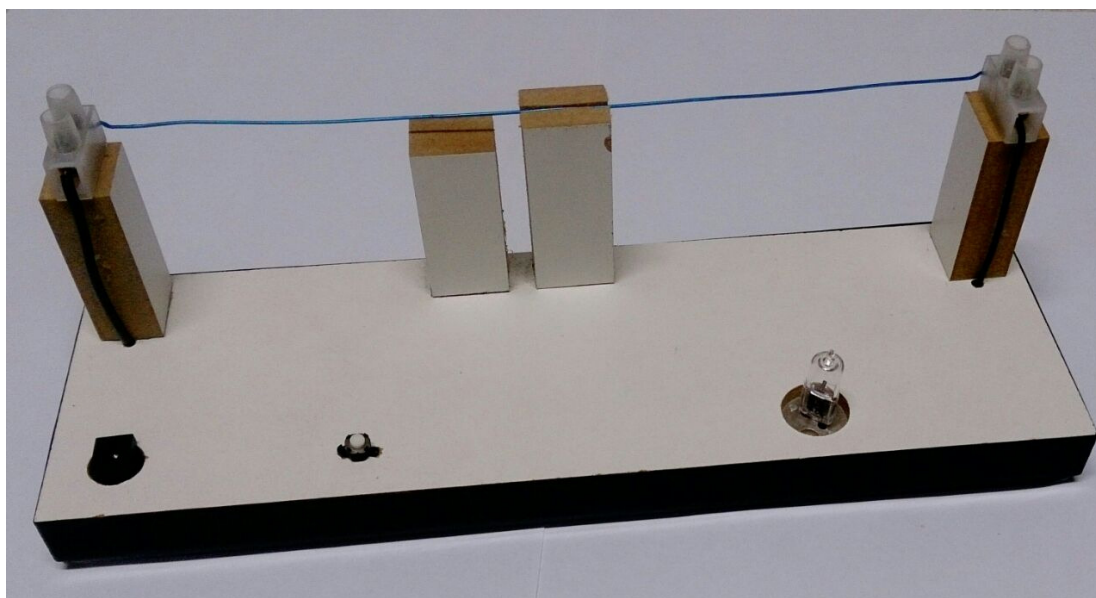


Imagem 4 - Montagem sugerida do kit 02

Ao incluirmos uma lâmpada ao circuito estamos favorecendo a associação do fenômeno da deflexão da agulha da bússola com o acendimento da lâmpada, ou seja, fica

mais evidente para o estudante que o fenômeno magnético aparece toda vez que a corrente elétrica percorre o circuito (acende a lâmpada).

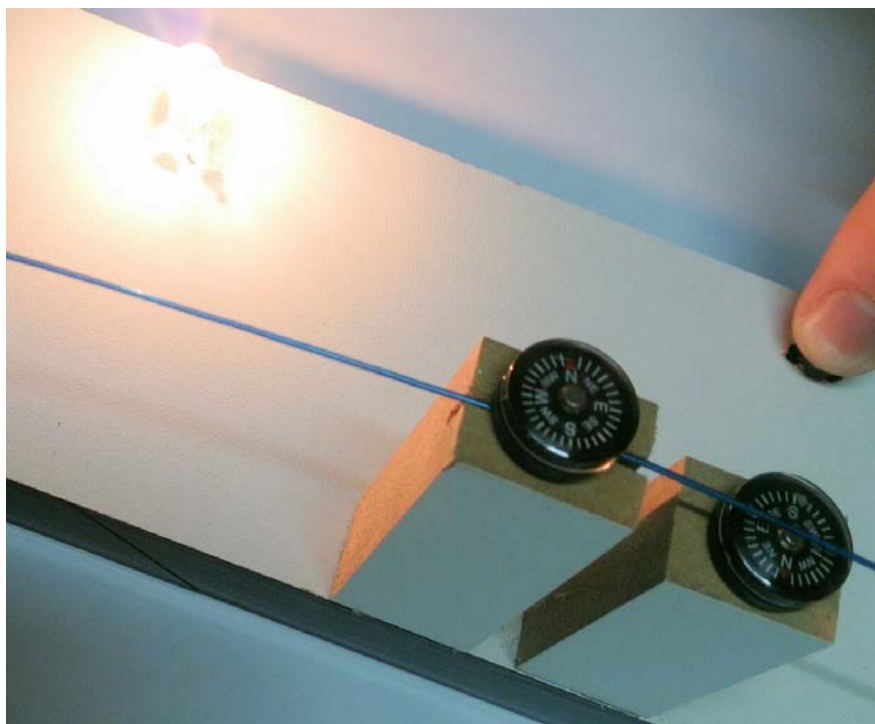


Imagem 5 - Comportamento das bússolas quando corrente elétrica contínua percorre o circuito

Dica:

Para evitar a manutenção permanente dos kits sugerimos a fixação dos suportes para as bússolas com parafusos, quanto maior a robustez da montagem, maior será sua durabilidade.

Circuito com espiras



Imagem 6 – Circuito com espiras

Composto de um interruptor, uma lâmpada halógena, um conector P4 “fêmea” e fio condutor enrolado em formato circular (10 voltas, diâmetro de 65 mm).

Esse circuito auxiliar facilita a demonstração do formato do campo magnético produzido por uma corrente contínua percorrendo um circuito em formato espira, ajudando também para ilustrar a “regra da mão direita”.

No conector P4 pode-se ligar a fonte de corrente contínua e ao acionar o interruptor, a corrente irá circular no circuito, o que ficará evidenciado pelo acendimento da lâmpada.

CONSTRUÇÃO DE ELETROÍMÃS

Recursos físicos

Fontes de 9 a 12 V, aproximadamente 10 metros de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado (fios de telefonia interna - CCI), 4 a 6 parafusos de ferro ou liga metálica que contenha um material ferromagnético e uma caixa de cliques (50 unidades).

Descrição dos materiais

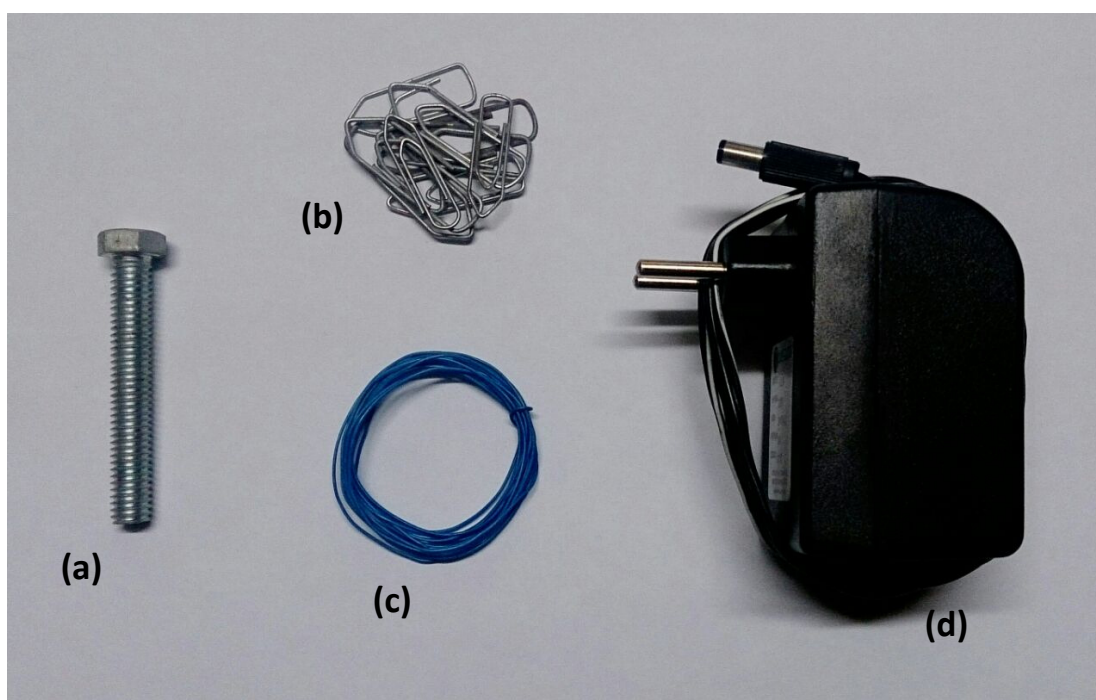


Imagem 7 – Materiais utilizados na montagem do kit 03

- (a) – Parafuso de liga de ferro com dimensões 7 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- (b) – Cliques para papel;
- (c) – Fio encapado (aproximadamente 2 m);
- (d) – Fonte de corrente contínua (9V – 1A).

Nessa atividade, os estudantes irão construir seus eletroímãs. No entanto, orientamos o professor a montar previamente um eletroímã para eventuais demonstrações.

Outra dica importante relaciona-se ao funcionamento do eletroímã, devido à baixa resistência elétrica do fio condutor recomenda-se não manter o eletroímã ligado por mais que alguns segundos, para evitar danos à fonte. Uma alternativa para evitar danos é preparar uma lâmpada halógena (igual do experimento de Oersted) para ser ligada em série com o circuito do eletroímã.



Imagem 8 - Eletroímã em funcionamento

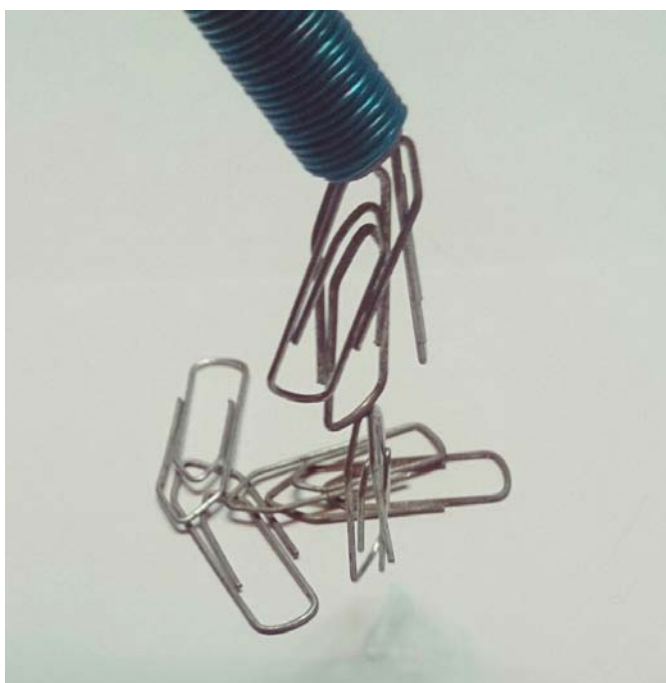


Imagem 9 - Eletroímã em funcionamento (detalhe)

TRANSFORMADOR DE FARADAY

Recursos físicos

Uma fonte de 9 ou 12 volts; duas bobinas de iguais dimensões; um multímetro; fios de ligação (fios de telefonia interna – CCI); um bastão de ferro (prego); um lápis; um bastão de “cola quente” e um bastão de alumínio.

Descrição dos materiais

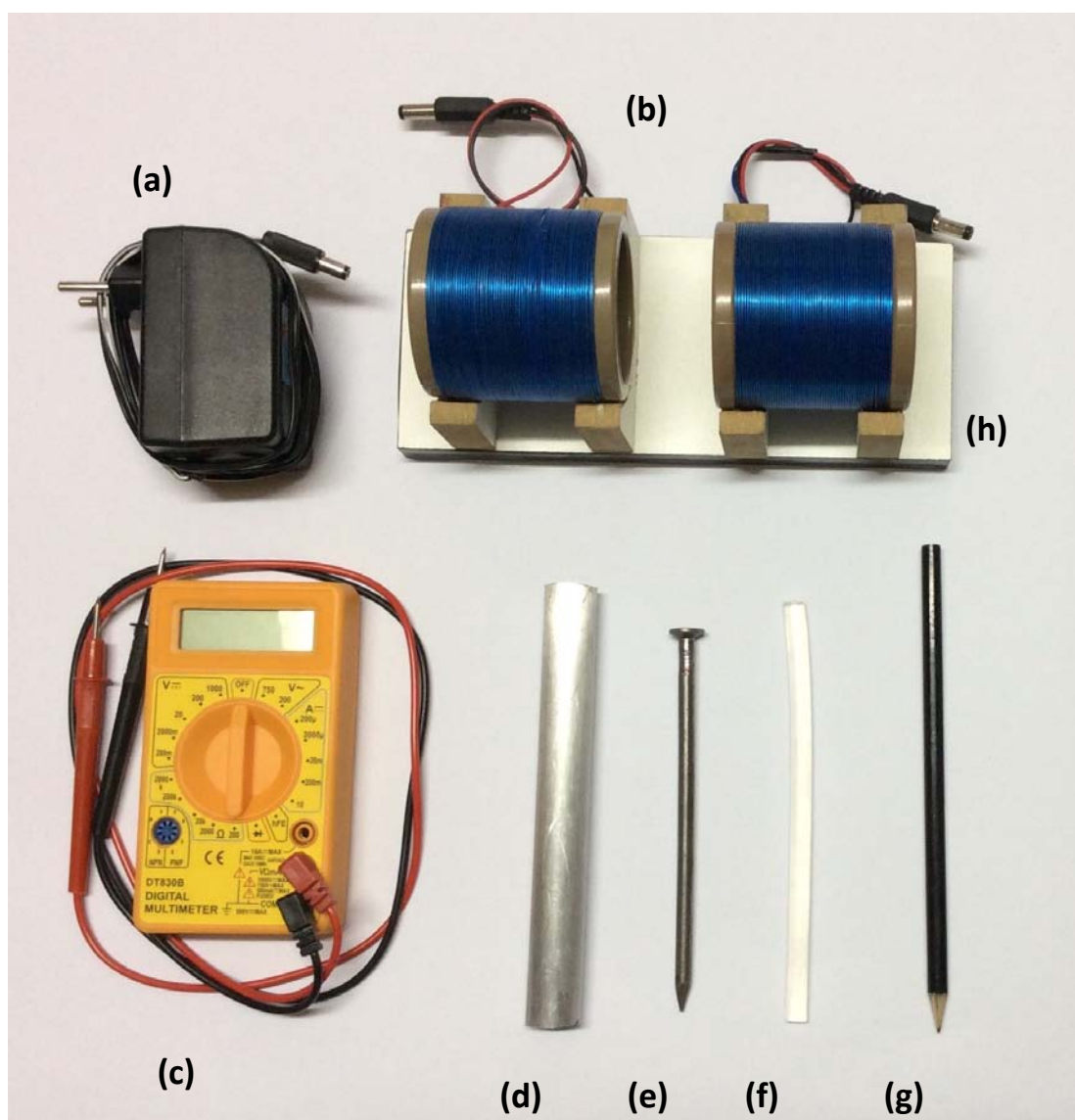


Imagem 10 – Materiais utilizados na montagem do kit 03

- (a) – Fonte de corrente contínua (9V – 1A);
- (b) – Duas bobinas com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 100 m para construção das duas bobinas);
- (c) – Multímetro;

- (d) – Cano de alumínio com aproximadamente 15,5 cm de comprimento (utilizado para suspensão de cortinas);
- (e) – Bastão de ferro (prego com aproximadamente 14 cm de comprimento);
- (f) – Bastão de “cola quente” com aproximadamente 15 cm;
- (g) – Lápis;
- (h) – Suporte de madeira (8 cm x 25 cm).

Nessa aula os estudantes irão utilizar o material preparado pelo professor (Kit) para reproduzir o experimento de 1831 de Michael Faraday, descrito como um anel de ferro doce com dois enrolamentos de fios, um deles ligado a uma fonte de corrente elétrica e outro conectado a um galvanômetro. O dispositivo construído por Faraday era, agora sabemos, um transformador primitivo.

Circuito para o experimento

Uma das bobinas deverá ser ligada diretamente ao multímetro. No multímetro, escolhe-se a opção de medição de corrente elétrica a fim de detectar qualquer corrente induzida no circuito dessa bobina.

Nossa sugestão ao conectar a “bobina 1” a fonte de corrente é fazê-lo utilizando um circuito complementar (descrito adiante).

Toda vez que a lâmpada acender ou apagar será possível verificar o surgimento de uma corrente elétrica induzida na “bobina 2”. Facilitando a visualização do fenômeno da indução.

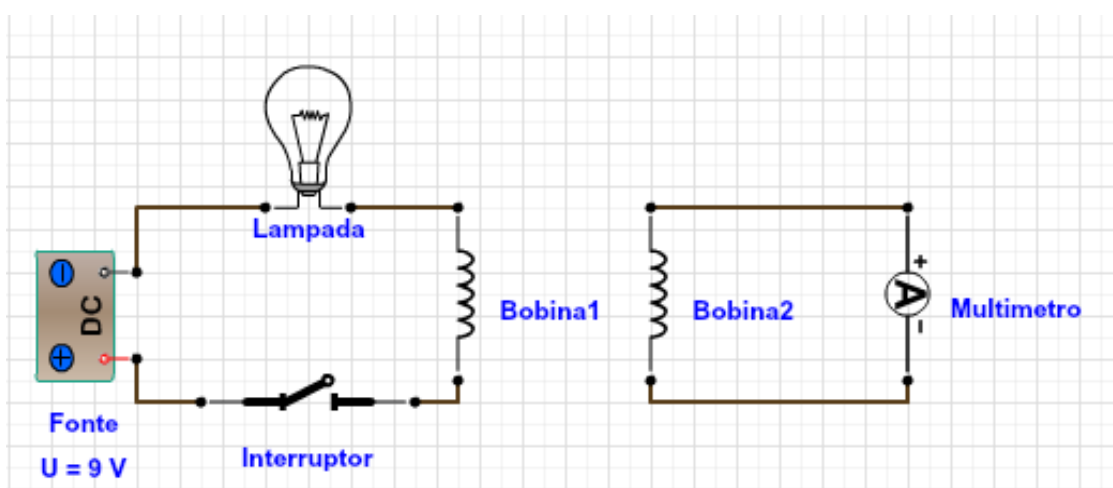


Figura 14 - Representação do circuito utilizado no experimento

Dica: Como o valor da corrente elétrica induzida na “bobina 2” é pequeno, na ordem de 1 mA, sugerimos utilizar a maior resolução do aparelho, ou seja, na escala 200 μ A.

Circuito auxiliar

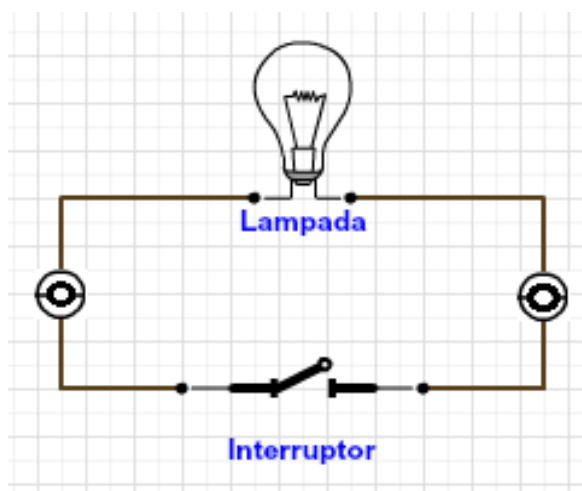


Figura 15 - Representação do circuito auxiliar

Composto de um interruptor, uma lâmpada halógena e dois conectores P4 “fêmea”, esse circuito facilita a montagem desse e de outros experimentos.

Em um dos conectores P4 pode-se ligar a fonte de corrente contínua e no outro a bobina.

A presença da lâmpada garante que maus contatos sejam evitados, pois se a lâmpada não acender ao acionamento do interruptor significa que o circuito está aberto e facilitando assim a identificação de eventuais problemas nos contatos elétricos.

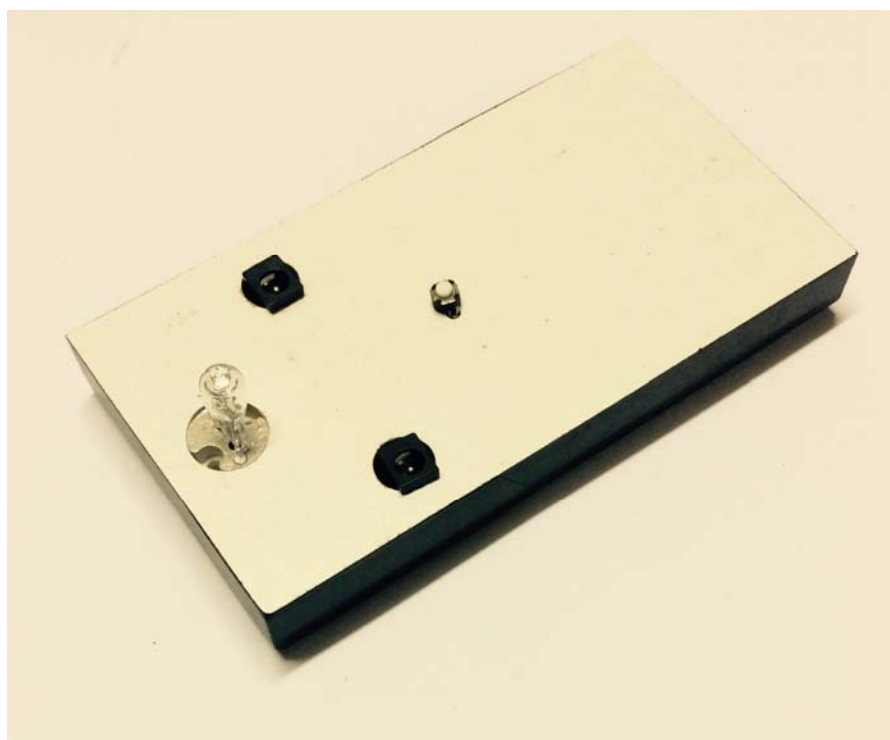


Imagem 11 - Circuito auxiliar

Montagem sugerida

Sugerimos fixar uma das bobinas no suporte de madeira e conectá-la ao multímetro, assim garante-se maior robustez do aparato.

A outra bobina será conectada à fonte de corrente contínua. Nossa sugestão é utilizar o circuito auxiliar para facilitar a montagem.

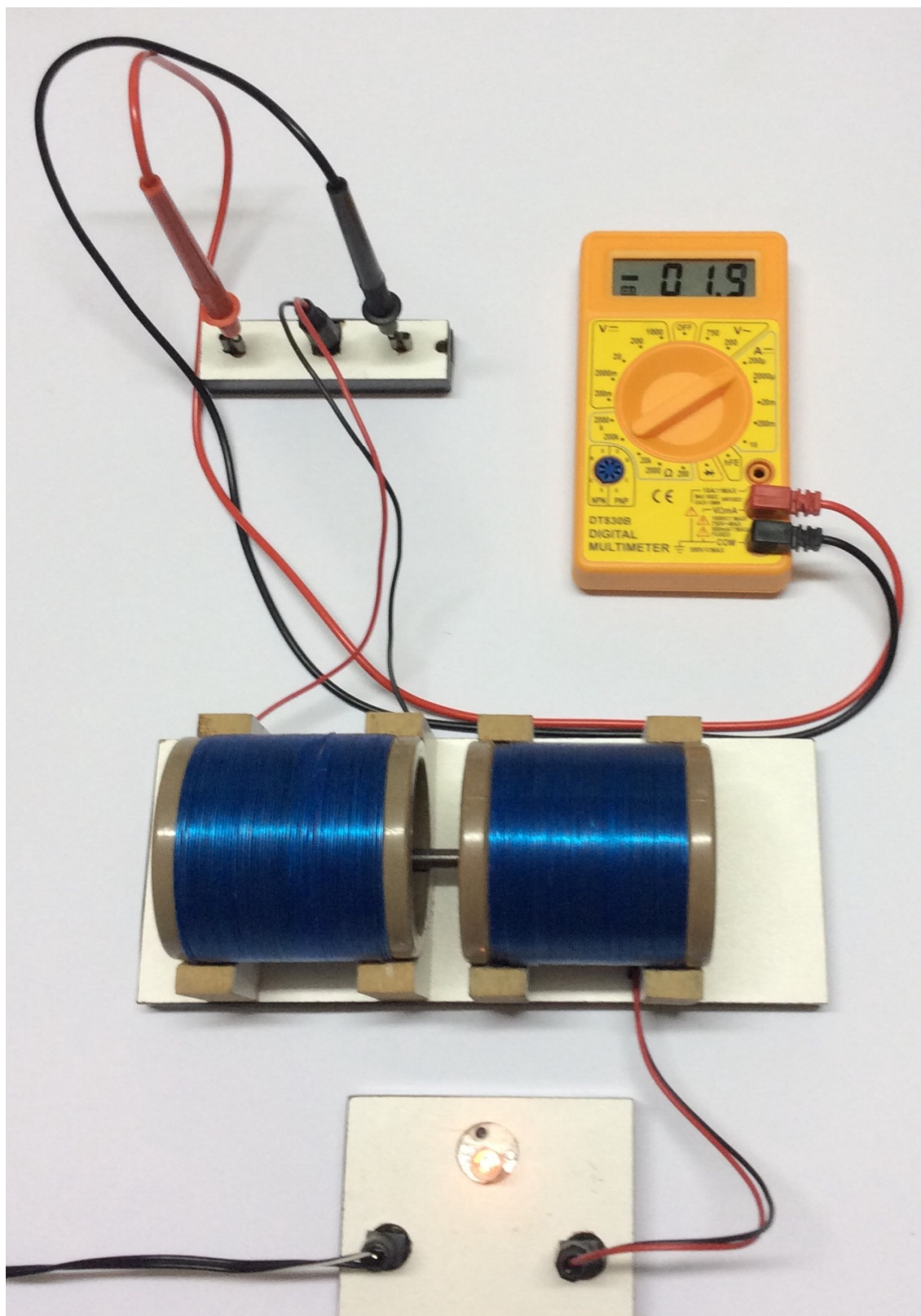


Imagem 12 – Corrente elétrica induzida medida ao acionar o interruptor do circuito auxiliar

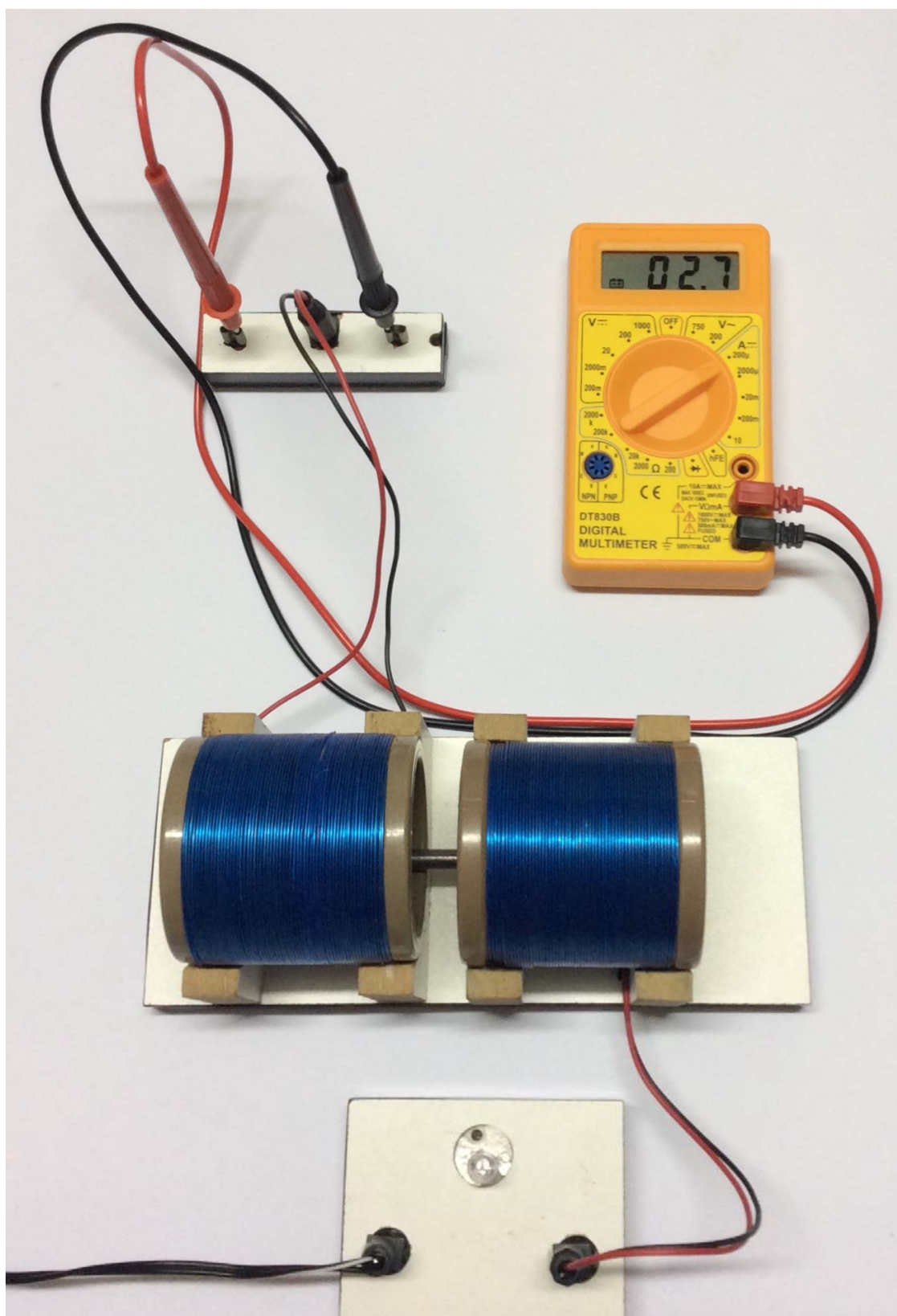


Imagem 13 – Corrente elétrica induzida medida ao desligar o interruptor do circuito auxiliar

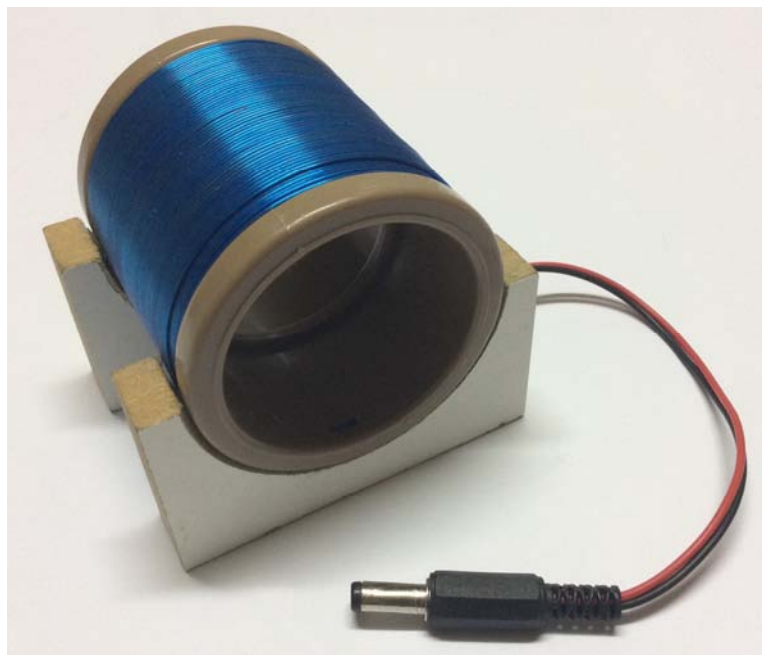


Imagem 14 – Bobina com 200 enrolamentos (em detalhe o plug P4)

Dicas para a montagem das bobinas

- Para facilitar a construção das bobinas sugerimos utilizar cola instantânea para evitar o desenrolamento do fio;
- Ao montar as bobinas sugerimos a utilização de plugs P4 e conectores P4 “fêmea” para fazer a conexão delas com a fonte de corrente ou com o multímetro. Além de evitar eventuais maus contato, facilita-se a montagem do experimento.

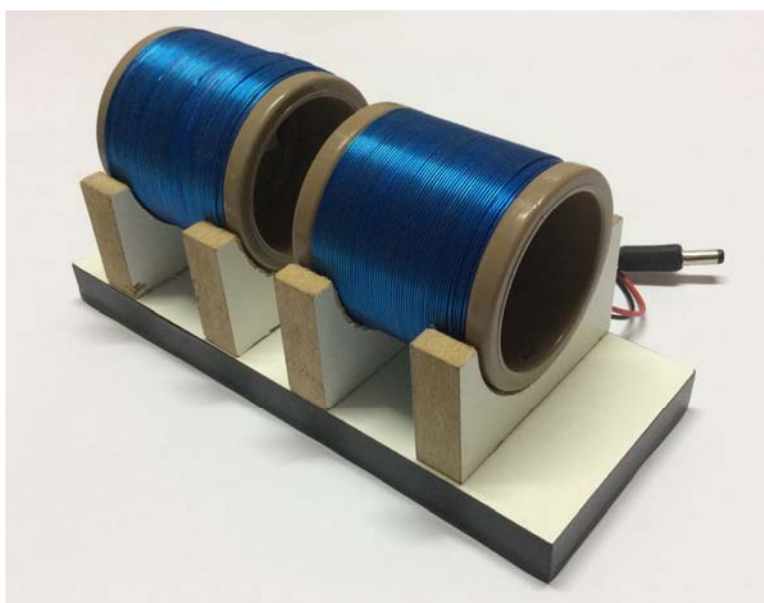


Imagem 15 - Bobinas utilizadas no experimento

EXPERIÊNCIA DE FARADAY

Recursos físicos

Uma fonte de 9 ou 12 volts; seis bobinas de diferentes dimensões; um multímetro; fios de ligação (fios de telefonia interna – CCI); um bastão de ferro (prego) e ímãs.

Descrição dos materiais

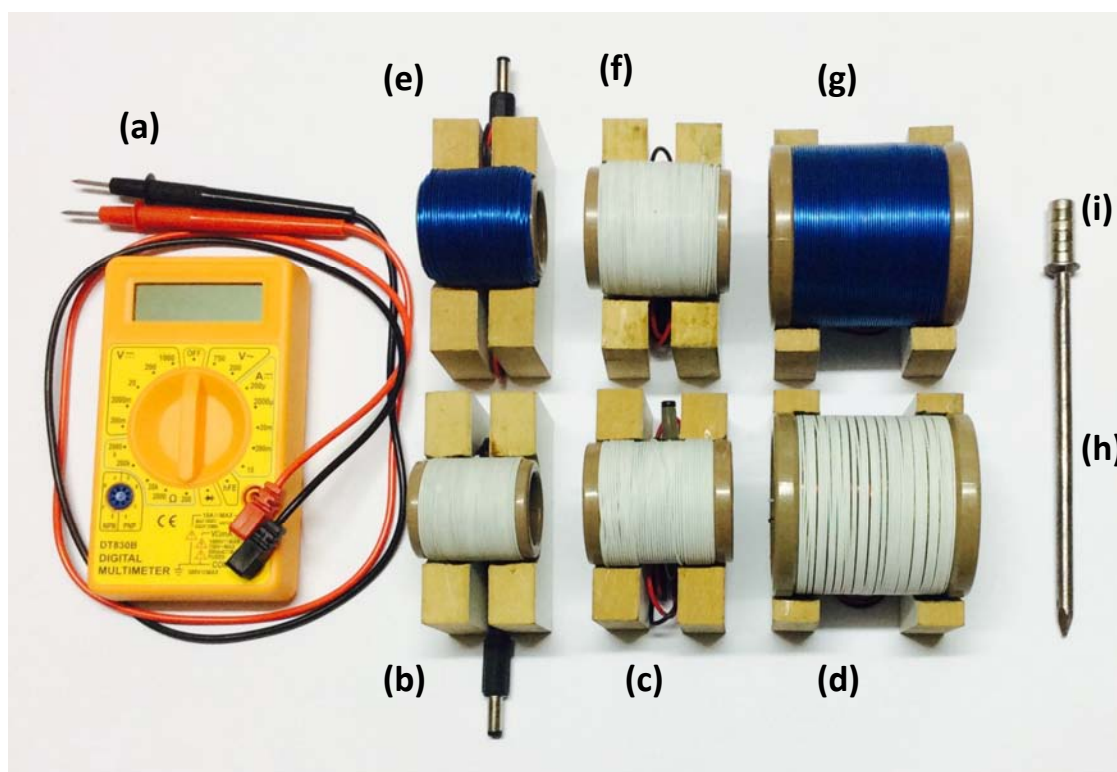


Imagem 16 – Materiais utilizados na montagem do kit 04

- (a) – Multímetro;
- (b) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 35 mm) e fio encapado (aproximadamente 12 m para construção dessa bobina);
- (c) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 45 mm) e fio encapado (aproximadamente 15 m para construção dessa bobina);
- (d) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 21 m para construção dessa bobina);
- (e) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 35 mm) e fio encapado (aproximadamente 25 m para construção dessa bobina);
- (f) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 45 mm) e fio encapado (aproximadamente 31 m para construção dessa bobina);

- (g) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 50 m para construção dessa bobina);
- (h) – Bastão de ferro (prego);
- (i) – Ímãs.

Montagem sugerida

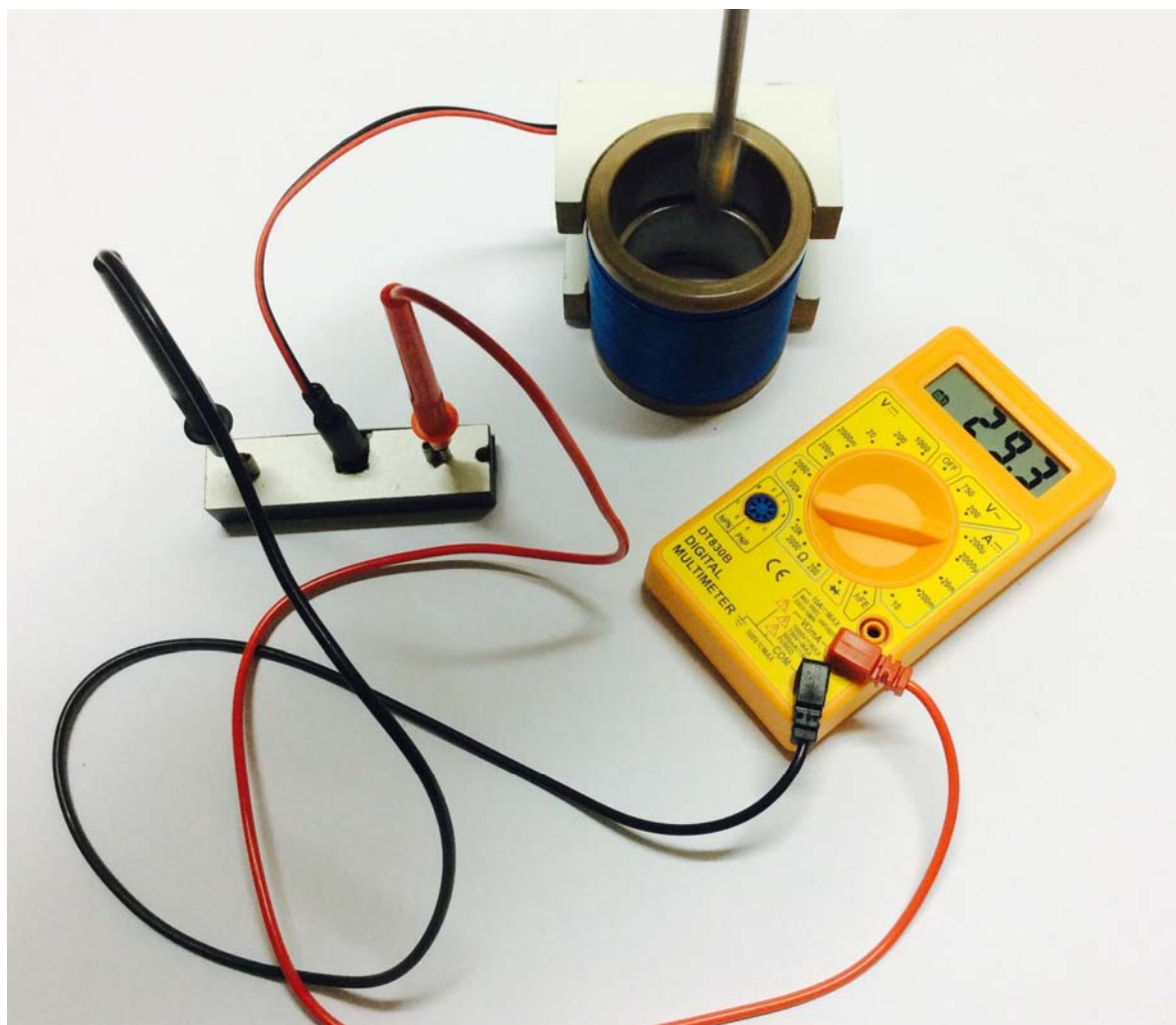


Imagem 17 – Corrente elétrica induzida pela aproximação dos ímãs à bobina de 200 enrolamentos

Dicas:

- Sugerimos conectar a bobina ao multímetro utilizando um conector P4 “fêmea”. Assim facilita-se a montagem e garante-se um melhor contato com as pontas do multímetro;
- Sugerimos que a resistência elétrica das bobinas sejam medidas e resistores sejam associados em série de modo a igualar as resistências. Desta forma, evitam-se erros de medição da corrente induzida pela variação do fluxo magnético nas bobinas.

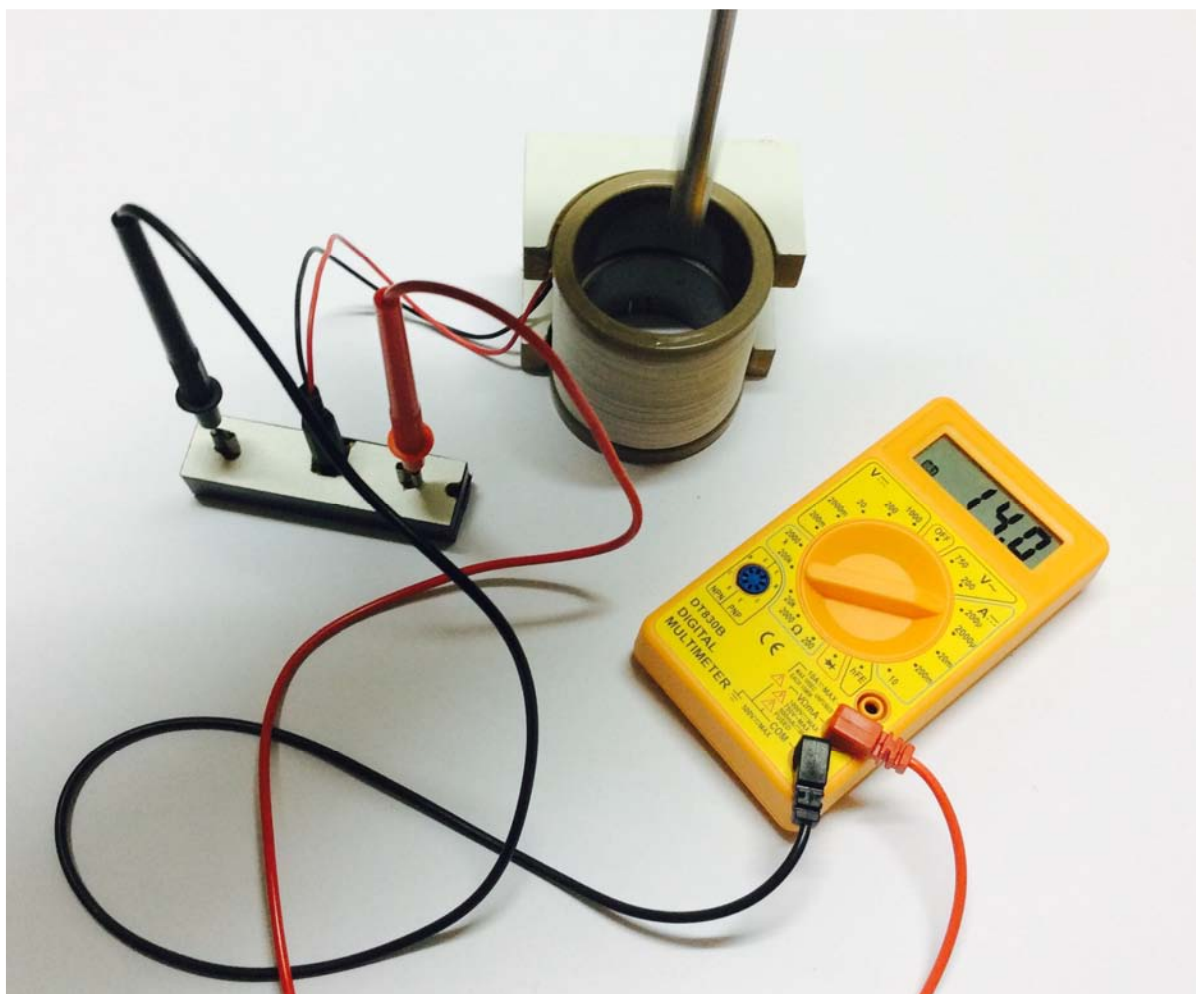


Imagem 18 – Corrente elétrica induzida pela aproximação dos ímãs à bobina de 100 enrolamentos