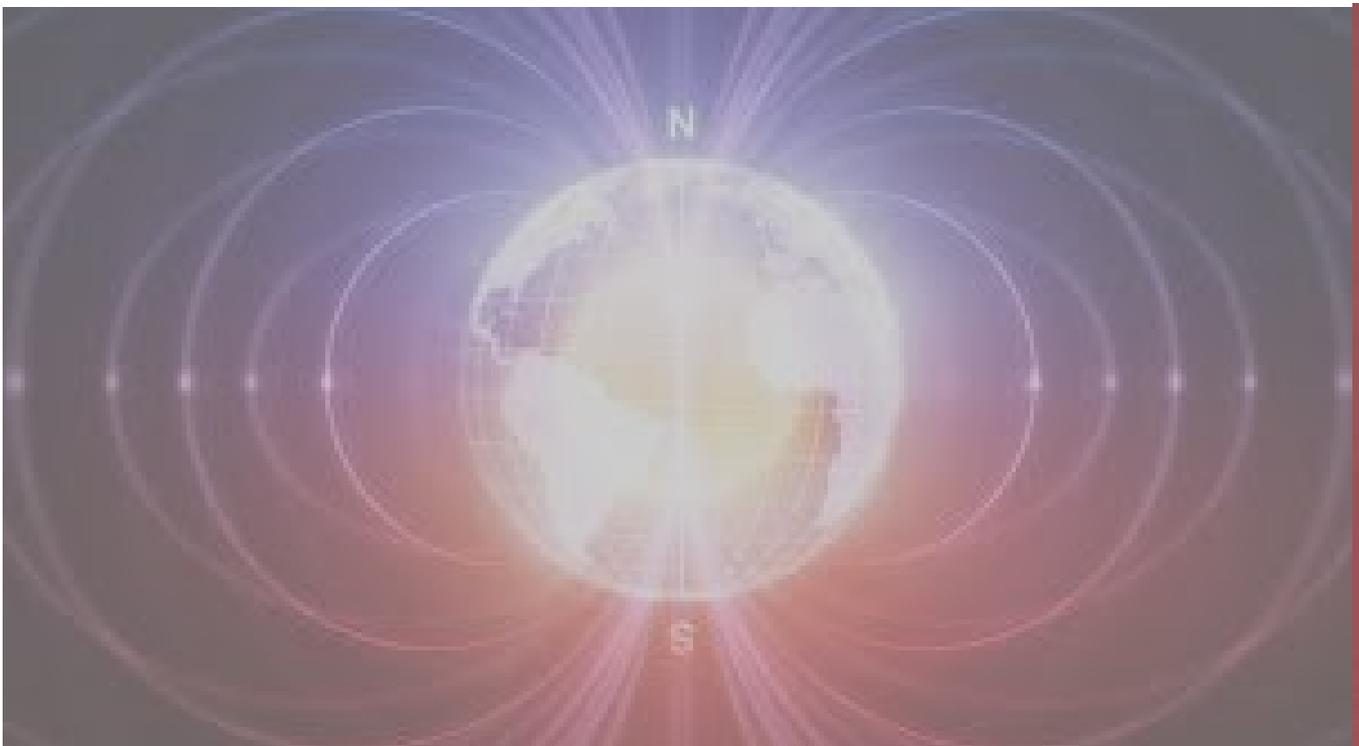


INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALAN MARQUES FARIAS
SAMIR LACERDA DA SILVA

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GERADORES
ELÉTRICOS EM AMBIENTES VIRTUAIS E EXPERIMENTAIS
(TUTORIAL DO PROFESSOR)**



APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a),

Este tutorial do professor e o roteiro de atividades dos alunos constituem o Produto Educacional da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus Cariacica*, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Eles consistem essencialmente de uma sequência didática para o ensino do conceito de indução eletromagnética na aplicação tecnológica de geradores elétricos, baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Este material é destinado, em especial, ao professor da educação básica e possui o objetivo de auxiliar na introdução e no desenvolvimento do conceito de indução eletromagnética no eletromagnetismo em uma perspectiva conceitual. Todas as atividades, computacional e real, destinadas aos estudantes acompanham o roteiro de atividades dos alunos, e todo o material e os recursos computacionais utilizados na sistematização do conteúdo estão disponíveis na internet.

Por se tratar de uma proposta de trabalho envolvendo conteúdos diversificados, sugere-se que façam uso dos nossos materiais produzidos combinados às aulas tradicionais. Porém, de modo algum, deseja-se que o respectivo trabalho seja seguido à risca, mas o mesmo pode contribuir para um breve estudo e aprofundamento dentro das bibliografias fornecidas.

Espera-se que esses materiais possam contribuir para o enriquecimento da aprendizagem de seus alunos.

Bom trabalho!

SUMÁRIO

1	JUSTIFICATIVA.....	135
2	CONTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	135
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAGEM.....	136
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE ENSINO.....	136
3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	137
3.1	CONCEITOS ABORDADOS	139
4	ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	140
4.1	SITUAÇÃO INICIAL.....	140
4.2	LABORATÓRIO COMPUTACIONAL	141
4.3	EXPOSIÇÃO DIALOGADA	147
4.4	LABORATÓRIO REAL	147
4.5	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL E DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	150
4.6	RESPOSTAS SUGERIDAS DAS ATIVIDADES DOS ALUNOS	152
4.6.1	Questionário 1	152
4.6.2	Questionários da simulação computacional	153
4.6.3	Questionários do experimento real nº 01.....	155
4.6.4	Questionários do experimento real nº 02.....	156
4.6.5	Questionários do experimento real nº 03.....	157
4.6.6	Questionários do experimento real nº 04.....	158
4.6.7	Questionário 2	159

1 JUSTIFICATIVA

A utilização de computadores como ferramenta educativa é crescente nas escolas por meio de programas de simulação (HECKLER *et al.*, 2007). Por meio delas podemos explorar as vantagens oriundas do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), como computadores, celulares e tabletes, além de propiciar o aprimoramento do potencial cognitivo dos estudantes, potencializando suas percepções atitudinais, procedimentais e conceituais na Física.

A utilização de simuladores, *a priori*, pode ser um caminho promissor na minimização das dificuldades que circundam o processo de ensino e aprendizagem, destacando-se como ferramenta que, segundo Francisco (2012), auxilia na aproximação dos discentes com a compreensão do fenômeno estudado e com o mundo real, sendo ressaltado como um recurso potencializador das relações teórico-práticas.

O Novo Currículo Básico Escolar do Espírito Santo, afirma que devemos contribuir para a inclusão digital, fazendo uso de *softwares* educativos, como os simuladores, destacando a utilização desses recursos em experimentos de Física, demonstrando seu uso como uma ferramenta que pode contribuir na verificação e constatação de hipóteses, princípios, teorias e leis físicas.

Melo (2010) e Martins *et al.* (2011), conduziram estudos e perspectivas voltados para caminhos que possam ampliar e despertar novos olhares para o Ensino de Física, a fim de promover o crescimento ao acesso de programas que contribuam em sala de aula e que também estimulem a difusão de métodos validados e significativos para a aprendizagem.

2 CONTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A construção desta sequência didática tem como objetivo geral promover meios que motivem e facilitem a Aprendizagem Significativa do conceito de indução eletromagnética no funcionamento de geradores elétricos no Eletromagnetismo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE APRENDIZAGEM

Após a sua aplicação é esperado que os estudantes sejam capazes de:

- a) Apropriar-se sobre o fenômeno da Indução eletromagnética (Lei de Faraday e Lei de Lenz), além de visualizá-la como fenômeno na aplicação tecnológica;
- b) Observar, identificar e explicar o fenômeno de geração de correntes elétricas induzidas por meio da relação entre Campo Magnético e Campo Elétrico induzido;
- c) Aplicar o conceito de indução eletromagnética e seus princípios na resolução de situações-problema;
- d) Identificar as aplicações tecnológicas da indução eletromagnética na construção de Geradores Elétricos;

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE ENSINO

Após a aplicação é esperado que os estudantes sejam capazes de:

- a) Explicar como os elétrons de um condutor sofrem a ação de uma força magnética quando este condutor se desloca na presença de um campo magnético externo;
- b) Identificar como uma fonte geradora de uma diferença de potencial elétrico no condutor gera o deslocamento dos elétrons, isto é, gera uma corrente elétrica induzida;
- c) Demonstrar que a geração da corrente elétrica induzida no caso do condutor se deslocando dentro de um campo magnético pode ser explicada pela lei da indução eletromagnética de Faraday relacionada à variação do fluxo magnético;
- d) Analisar as diversas situações em que ocorrem variação de fluxo magnético ao longo de um circuito fechado e correlacionar a Lei da indução de Faraday na geração de corrente elétrica induzida nesses casos;
- e) Identificar o sentido correto da corrente elétrica induzida usando a Lei de Lenz como uma Lei complementar a Lei de Faraday;
- f) Examinar o princípio da conservação de energia e verificar que ele é preservado no fenômeno da indução eletromagnética;

- g) Demonstrar que segundo a Lei de Faraday uma variação no fluxo do campo magnético implica necessariamente no surgimento de um campo elétrico induzido no espaço independentemente de haver um condutor no local;
- h) Relacionar a indução eletromagnética com as diversas aplicações tecnológicas decorrentes do fenômeno, em especial, os geradores elétricos;
- i) Aplicar o conceito de indução eletromagnética e seus princípios na resolução de situações problemas.

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A princípio, de forma qualitativa e quantitativa, esta sequência didática foi elaborada com base nos princípios e orientações de Moreira (2011), Zabala (1998) e Moreira & Masini (2011), seguindo todos os aspectos sequenciais definidos, a referida sequência didática é voltada para turmas do terceiro ano do Ensino Médio. De modo, que a turma será instruída inicialmente com os *softwares* de simulação e, posteriormente, farão uso das atividades experimentais reais, sendo apresentados no Quadro 01, de forma objetiva, o quantitativo de encontros e a descrição de toda a sequência didática proposta.

Quadro 01 – Divisão da sequência didática proposta

ENCONTRO	APLICAÇÃO DO ENCONTRO
1	Leitura, em grupos, do texto introdutório “Michael Faraday: O Caminho da Livraria à Descoberta da Indução Eletromagnética” como organizador prévio, presente no roteiro de atividades do aluno. Proponha que cada grupo leia em voz alta uma parte do texto e, em seguida, o grupo possa explicar o que entendeu. Posteriormente, o professor-pesquisador autoriza os grupos para iniciarem o debate, mas se caso nenhum grupo se voluntarie, sugere-se o professor-pesquisador escolha um grupo para comentar, solicitando também que os outros grupos relatem suas opiniões para realizar um pequeno debate. Após um breve debate, o professor-pesquisador deve sintetizar a parte lida.
2	Mapeamento dos conhecimentos prévios: Entregue, individualmente, o Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno, para que os estudantes possam refletir, responder e entregar ao professor-pesquisador no final do encontro.
3	Realize um debate dialógico com a turma, após uma breve análise das respostas

obtidas dos questionamentos realizados no Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno.

4 No encontro em que os alunos manuseiam o simulador, após a ambientação, instrua os alunos para a realização das configurações do simulador por meio dos comandos presentes no roteiro norteador, para, então, iniciarem a simulação com o *software PhET Interactive Simulation*, disponível endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday (PhET, 2018).

5 *Diferenciação progressiva 1:* Em trios, sugere-se que os estudantes realizem a simulação computacional 1, seguindo o roteiro instrucional e respondendo às perguntas da situação-problema 1, presente no roteiro de atividades do aluno, para que sejam entregues para o professor-pesquisador durante o encontro.

6 *Diferenciação progressiva 2:* Em trios, sugere-se que os estudantes realizem a simulação computacional 2, seguindo o roteiro instrucional e respondendo às perguntas da situação-problema 2, presente no roteiro de atividades do aluno, para que sejam entregues para o professor-pesquisador durante o encontro.

7 *Reconciliação integrativa:* Sugere-se que faça uma exposição dialogada e uma discussão do Questionário Final da simulação computacional, presente no roteiro de atividades do aluno, promovendo uma reflexão. Permitindo, posteriormente, que os alunos possam responder e entregar tudo para o professor-pesquisador.

8 *Diferenciação progressiva 3:* Em grupos, sugere-se que os estudantes realizem o experimento real nº 01, presente no roteiro de atividades do aluno, seguindo o roteiro experimental e respondendo às perguntas da situação-problema e, depois, solicite que eles entreguem suas respostas para o professor-pesquisador, no final do encontro.

9 *Diferenciação progressiva 4:* Em grupos, sugere-se que os estudantes realizem o experimento real nº 02, presente no roteiro de atividades do aluno, seguindo o roteiro experimental e respondendo às perguntas da situação-problema, para que assim eles possam entregar, no final do encontro, as respostas deles para o professor-pesquisador.

10 *Diferenciação progressiva 5:* Em grupos, sugere-se que os estudantes realizem o experimento real nº 03, presente no roteiro de atividades do aluno, seguindo o roteiro experimental e respondendo às perguntas da situação-problema, para que assim eles possam entregar para o professor-pesquisador as respostas desenvolvidas no experimento, no final do encontro.

11 *Diferenciação progressiva 6:* Em grupos, sugere-se que os estudantes realizem o experimento real nº 04, presente no roteiro de atividades do aluno, seguindo o roteiro experimental e, depois, respondam às perguntas da situação-problema, para que sejam entregues, no final do encontro, para o professor-pesquisador.

Propõe-se os estudantes realizem, individualmente, a avaliação final do

aprendizado decorrente da aplicação da sequência didática por meio do Questionário 2, presente no roteiro de atividades do aluno.

- 12 Propõe-se os estudantes realizem, individualmente, a avaliação da opinião sobre a sequência didática por meio do Questionário 3, presente no roteiro de atividades do aluno.

Fonte: Elaborado pelo autor.

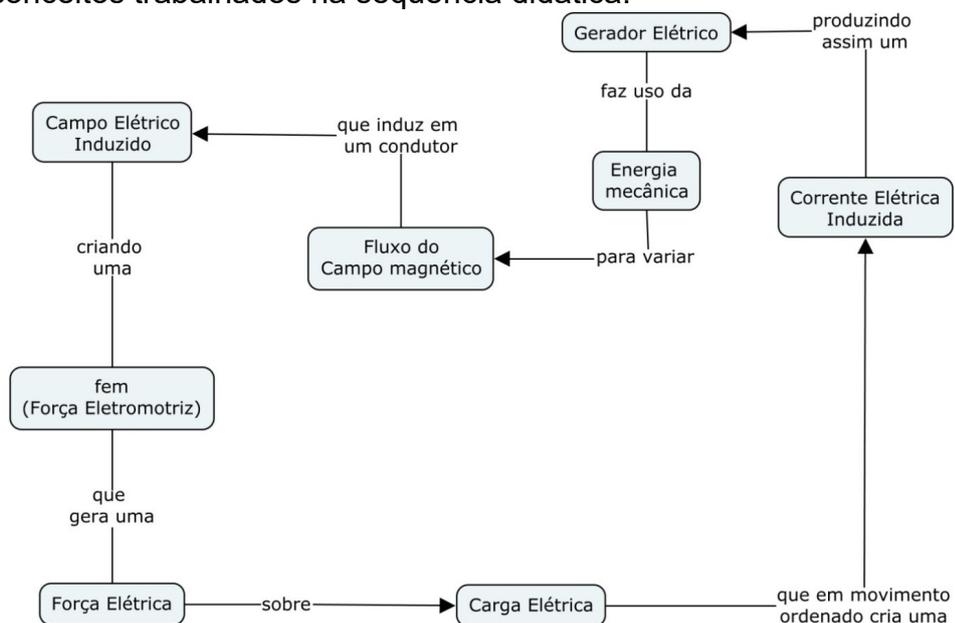
3.1 CONCEITOS ABORDADOS

O primeiro passo da sequência didática é a definição do tópico específico a ser abordado, identificando as dimensões atitudinais, conceituais e procedimentais, tais como aceitos no contexto do conteúdo a ser ensinado. Nesta sequência didática, abordaremos a identificação e funcionalidade dos geradores elétricos no Eletromagnetismo, sendo o foco principal os seguintes conteúdos:

- a) Relação existente entre Campo Magnético e Campo Elétrico;
- b) Indução Eletromagnética (Lei de Faraday e Lei de Lenz);

Para identificar as dimensões conceituais dos geradores elétricos, orienta-se a utilização do mapa conceitual (Figura 01), que servirá de guia para o desenvolvimento e orientações das discussões em sala de aula.

Figura 01 – Mapa Conceitual sobre a aplicação do fenômeno da indução eletromagnética na geração de corrente elétrica, mostrando as relações entre os principais conceitos trabalhados na sequência didática.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 ATIVIDADES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Faça a entrega dos roteiros das atividades aos alunos, de acordo com seu planejamento, ou seguindo as sugestões apresentadas no tutorial destinado ao professor. Ao finalizar as entregas, apresente o material aos alunos, e relate que haverá atividades que serão desenvolvidas e respondidas no laboratório de informática, com simuladores virtuais, e atividades que serão desenvolvidas e respondidas com experimentos reais, sendo essas desenvolvidas em sala de aula.

4.1 SITUAÇÃO INICIAL

A leitura e o debate do texto sugerido consistem no Encontro 1 (Quadro 02). À partir da sua leitura, propõe-se que seja realizada uma discussão sobre o experimento relatado no texto, e sugere-se os estudantes sejam instigados que citem possíveis instrumentos utilizados em nosso cotidiano, cujo funcionamento seja relacionado à produção de luz sem a necessidade de pilhas ou conexões com tomadas “alimentadas” com corrente elétrica (como, por exemplo, dínamo de bicicleta, lanternas de bolso, usinas em geral, entre outros). Posteriormente, no Encontro 2, realiza-se a aplicação do Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno, sendo que sua duração, objetivos do encontro, metodologia sugerida e sua justificativa também se encontram no Quadro 02.

Tomando por base o experimento realizado por Faraday, presente na leitura do organizador prévio no formato de texto, presente no roteiro de atividades dos alunos, proponha questionamentos que possam fomentar discussões sobre o experimento de Faraday. Além disso, é esperado que seja estimulada a curiosidade dos estudantes sobre o assunto. Todas estas questões deverão ser discutidas em um único grupo, sob a mediação do professor, com a intenção de conhecer o posicionamento do grupo. Para melhor registro dos dados, será disponibilizado o Questionário 01, contido no roteiro das atividades dos alunos, para cada estudante, de maneira que preencham, individualmente, os questionamentos apresentados sobre o assunto, revelando assim, seus conhecimentos prévios.

Quadro 02 – Síntese dos encontros 01 e 02

ENCONTRO NÚMERO: 01 e 02

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: Realizar a aplicação do organizador prévio em texto; Debater as informações abordadas no texto; e, aplicar o Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno.

METODOLOGIA SUGERIDA: Leitura, em grupos, do texto introdutório “Michael Faraday: O Caminho da Livraria à Descoberta da Indução Eletromagnética” como organizador prévio, presente no roteiro de atividades do aluno. Cada grupo lê em voz alta uma parte do texto e em seguida o grupo explica o que entendeu. Posteriormente, o professor-pesquisador autoriza os grupos para iniciarem o debate, mas se caso nenhum grupo se voluntarie, o professor-pesquisador escolhe um grupo para comentar, solicita que os outros grupos relatem suas opiniões para realizar um pequeno debate. Após um breve debate, o professor-pesquisador sintetiza a parte lida. E, posteriormente, será entregue, individualmente, o Questionário 1 para que os estudantes possam refletir, responder e entregar ao professor-pesquisar.

INTRUMENTOS SUGERIDOS: papel, caneta, lápis e borracha.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: O organizador prévio tem por finalidade a formação de subsunçores, com o intuito de facilitar a aprendizagem de novas informações, e são consideradas materiais introdutórios apresentados antes que seja proposta a aprendizagem de um novo conceito (Moreira, 2015). Pois, para Moreira, o organizador prévio apresenta como função principal de “[...]servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa [...]”. (Moreira, 2015, p. 163).

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 LABORATÓRIO COMPUTACIONAL

Com o breve levantamento das concepções prévias relevantes, em mãos, apresentadas pelos discentes no Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno, proponha situações que possam relacionar os conhecimentos prévios dos educandos com pontos principais da sequência didática, por meio das situações-problema 1 e 2, presentes na simulação computacional, também contidos no roteiro de atividades do aluno. Iniciando, assim, o encontro voltado para o laboratório computacional.

Propõe-se que os alunos sejam instigados a realizarem as situações-problema 1 e 2 em grupos e, posteriormente, respondam as questões apresentadas. Espera-se com as situações-problema 1 e 2 desta sequência didática, presentes na simulação computacional, contidos no roteiro de atividades dos alunos, que os estudantes possam expressar suas concepções do fenômeno observado na realização dos respectivos experimentos. Objetivando, assim, o aprofundamento na identificação de conhecimentos adquiridos. Lembrando, que os estudantes deverão responder os dois questionamentos, inicial e final, realizados no decorrer da simulação computacional.

O laboratório computacional, por sua vez, consiste em estudos realizados, por meio de um *software*, no qual propomos o emprego o *PhET - Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado, disponível gratuitamente no endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday (PhET, 2018). Vale, ressaltar, que esse *software* apresenta a vantagem de utilização, quando a rede de internet está desabilitada, ou seja, pode ser utilizado mesmo com a rede *offline*, já que o arquivo pode ser baixado, como um simples programa, e pode ser instalado nos computadores, *tablets* e *notebooks*. Sua aplicação, incluindo duração, objetivos do encontro, metodologia sugerida e justificativa se encontram no Quadro 03.

Quadro 03 – Síntese dos encontros 03 e 04

ENCONTRO NÚMERO: 03 e 04

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: Realizar o debate dialógico com a turma se baseando nas respostas coletadas com o Questionário 1; Realizar o manuseio e as configurações necessárias do simulador computacional empregado, por parte dos alunos.

METODOLOGIA SUGERIDA: Realizar um debate dialógico com a turma, após breve análise das respostas obtidas dos questionamentos realizados no Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno. Após, será iniciado o encontro em que os alunos manuseiam o simulador, após a ambientação, os alunos realizam as configurações do simulador por meio dos comandos presentes no roteiro norteador, para, então, iniciarem a simulação com o *software PhET Interactive Simulation* (PhET, 2018).

INTRUMENTOS SUGERIDOS: quadro branco, pincel, apagador, papel, lápis, caneta borracha,

computadores, material impresso, *software* de simulação.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: Submeter os alunos a um debate dialógico a respeito das respostas fornecidas por eles no Questionário 1, presente no roteiro de atividades do aluno, com o intuito de coletar mais informações a respeito dos conhecimentos prévios que eles possuem e, então, buscar contribuir para a assimilação de conhecimentos adquiridos por eles a novas informações fornecidas pelo organizador prévio. Além de iniciá-los ao manuseio do simulador computacional, para a ambientação dos alunos ao uso do simulador, facilitará no seu uso correto e na aquisição de conhecimentos dos recursos que o mesmo pode fornecer.

Fonte: Elaborado pelo autor.

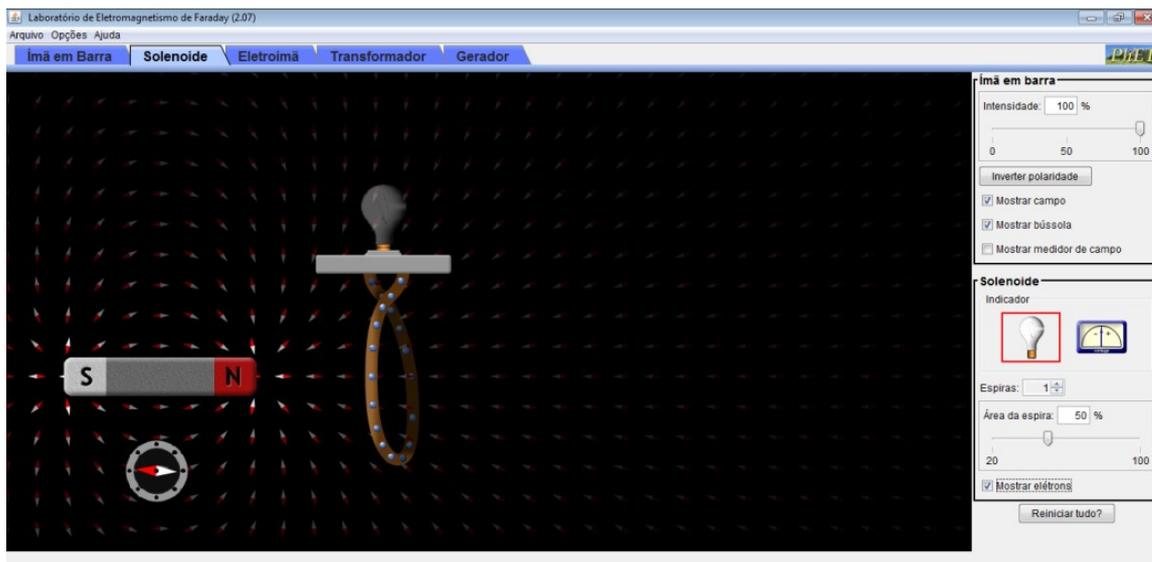
Nessa etapa, os estudantes deverão ser apresentados e orientados dentro do Laboratório de Informática, para que utilizem o simulador “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday” instalado nos computadores, sendo que o aplicativo está hospedado no endereço eletrônico: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday, *PhET - Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado e possam contrapor seus conhecimentos prévios a partir dos resultados experimentais obtidos por meio do simulador. Cabe ao professor realizar uma breve explicação a respeito de como utilizá-lo. As situações previstas abaixo deverão ser propostas aos discentes, ressaltando que anotem os resultados simulados e observações encontrados durante toda a prática, por meio dos questionamentos propostas nas avaliações dos resultados e conclusões relatadas pelos discentes. É fundamental que o professor estimule os estudantes a manusearem o simulador, deixando-os livres para novos questionamentos.

Configuração do simulador para a situação 1: *Busque na barra de ferramentas o ícone “solenóides” e o selecione, em seguida, ainda na barra de ferramentas, dando continuidade a configuração do simulador, selecione a opção “lâmpada incandescente” e configure o ímã em barra com a opção da intensidade luminosa em 100 % e com a visualização da bússola e do campo, durante a simulação.*

Sugere-se que os estudantes sejam orientados a realizarem as configurações acima, mantendo somente uma espira. Em seguida, proponha que movimentem a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira (Figura 02). Em seguida, proponha que variem a quantidade de espiras e os orientem que

respondam os seguintes questionamentos: O que foi constatado? Solicite aos discentes que anotem, no Questionário da Simulação Computacional Inicial, a relação observada entre a quantidade de espiras e a intensidade luminosa na lâmpada ao movimentar a barra magnética lentamente.

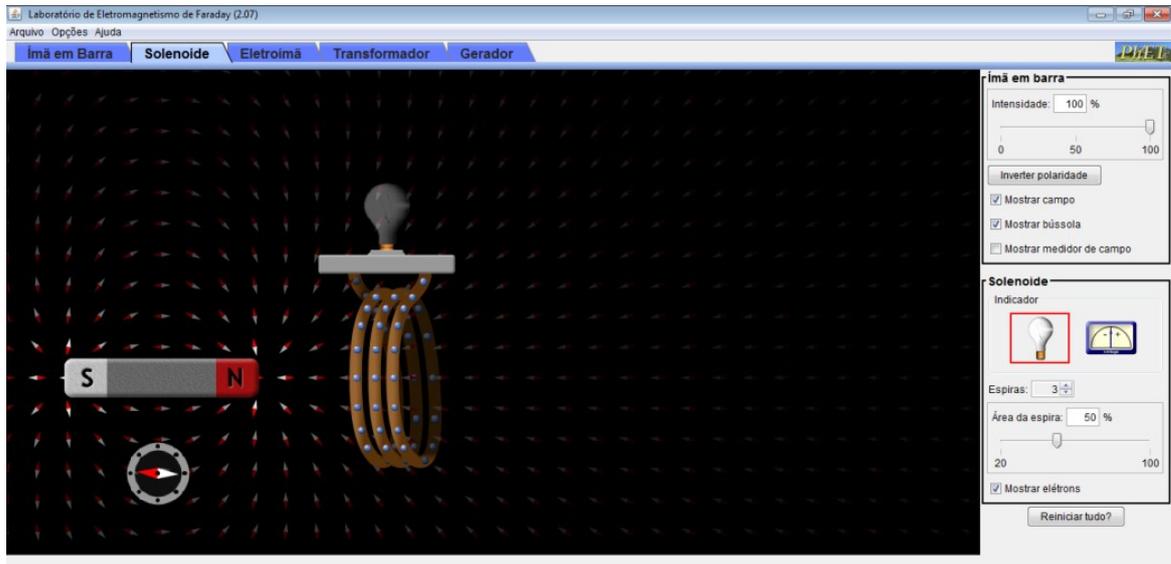
Figura 02 – Tela principal, referente ao ícone solenóide, configurado com uma espira, do *software* de simulação “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dando continuidade, oriente os estudantes que retomem as configurações iniciais e movimentem a barra de ímã rapidamente, perpassando-a dentro da espira (Figura 03). Logo após, proponha que variem a quantidade de espiras e respondam: O que foi constatado? Instigue os estudantes para que anotem, no Questionário da Simulação Computacional Inicial, a relação observada entre a quantidade de espiras e a intensidade luminosa na lâmpada ao movimentar a barra magnética rapidamente.

Figura 03 – Tela principal, referente ao ícone solenoide, configurado com três espira, do *software* de simulação “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday”.

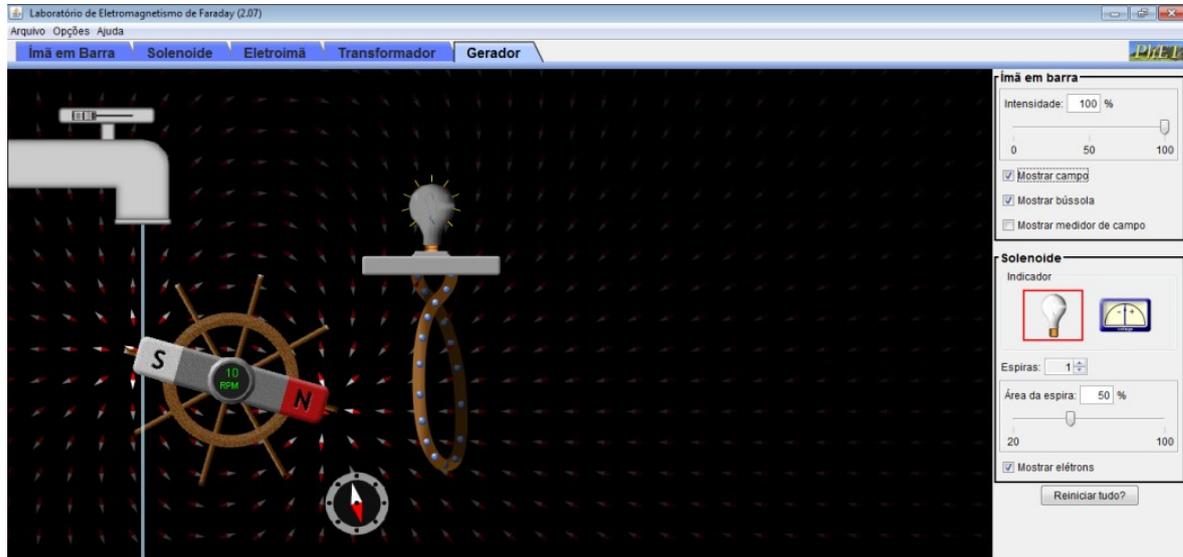


Fonte: Elaborado pelo autor.

Configuração do simulador para a situação 2: *Busque na barra de ferramentas o ícone “Gerador” e o selecione, em seguida, ainda na barra de ferramentas, dando continuidade a configuração do simulador, selecione a opção “lâmpada incandescente” e configure o ímã em barra com a opção da intensidade luminosa em 100 % e com a visualização da bússola e do campo, durante a simulação.*

Primeiramente, sugere-se que os estudantes sejam orientados a realizarem as configurações acima, mantendo somente uma espira (Figura 04). Em seguida, proponha que abram a torneira, permitindo uma vazão mínima de água que movimentará a barra de ímã lentamente com 10 rpm. Após, mantendo a torneira aberta, proponha que variem a quantidade de espiras e os orientem que respondam os seguintes questionamentos: O que foi constatado? Solicite aos estudantes que anotem, no Questionário da Simulação Computacional inicial, a relação observada entre a quantidade de espiras e a intensidade luminosa na lâmpada ao girar a barra magnética lentamente.

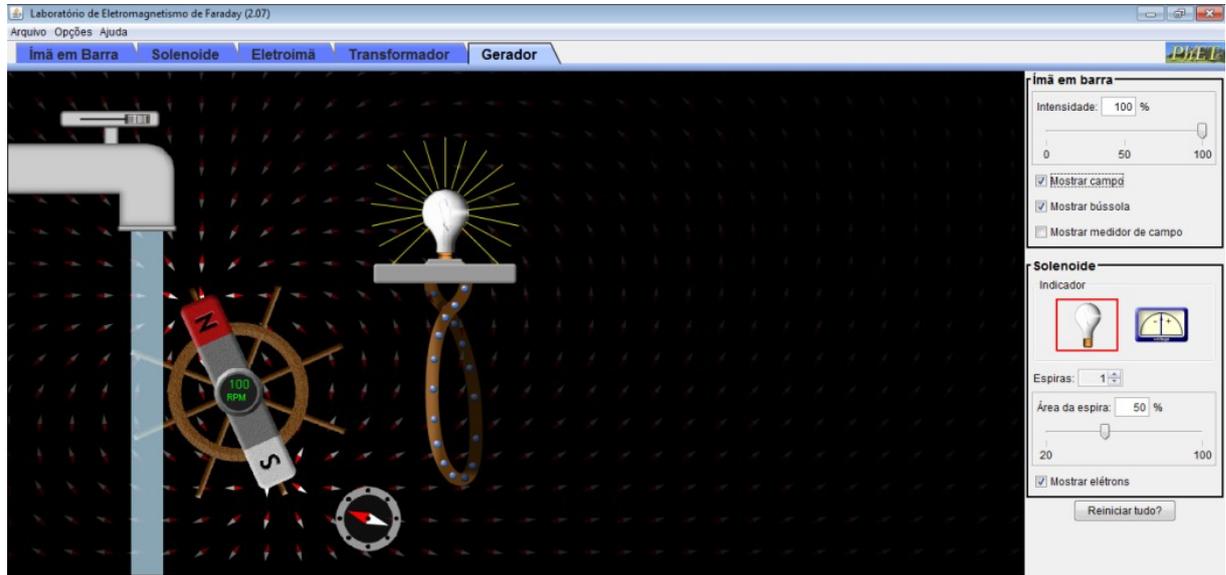
Figura 04 – Simulação, referente ao ícone gerador, configurado com uma espira e vazão de 10 rpm, do *software* de simulação “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundamente, oriente os estudantes que retomem as configurações iniciais, e abram totalmente a torneira, permitindo uma vazão máxima de água que possa movimentar a barra de ímã rapidamente com 100 rpm (Figura 05). Posteriormente, mantendo a torneira totalmente aberta, proponha que os alunos variem a quantidade de espiras, e depois os orientem a responder os seguintes questionamentos: O que foi constatado? Instrua os discentes a anotarem, no Questionário da Simulação Computacional, a relação observada entre a quantidade de espiras e a intensidade luminosa na lâmpada ao girar a barra magnética rapidamente.

Figura 05 – Simulação, referente ao ícone gerador, configurado com uma espira e vazão de 100 rpm, do *software* de simulação “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday”.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 EXPOSIÇÃO DIALOGADA

Orienta-se o professor, durante a aplicação da sequência didática no laboratório computacional, introduza os conceitos de Força Eletromotriz Induzida e Corrente Elétrica Induzida, estabelecendo a relação entre Campo Magnético e Campo Elétrico, conceitos inclusos na Lei de Faraday da Indução Eletromagnética. Buscando relacionar, os resultados obtidos nos experimentos computacionais com a explicação científica do fenômeno. Assim, espera-se que seja realizada uma diferenciação progressiva, a partir das situações-problemas iniciais e o aprofundamento de conhecimentos, que serão utilizados como subsunçores para a continuação do desenvolvimento da sequência didática na parte voltada para os experimentos reais.

4.4 LABORATÓRIO REAL

Sugere-se que os estudantes sejam instigados a realizarem os experimentos reais nº 01, 02, 03 e 04 em grupos de 3 estudantes e deverão responder individualmente aos questionários apresentados em cada roteiro experimental. Espera-se que os estudantes, a partir dessas experiências reais, possam expressar suas concepções

do fenômeno observado na realização da respectiva sequência didática. Objetivando, ainda, a identificação dos conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática.

Os estudos podem ser realizados em grupos, por meio de experimentos reais, no qual os questionários são constituídos de questões discursivas, sendo que algumas também exigem representações no formato de desenhos. A aplicação dos experimentos reais, incluindo duração, objetivos do encontro, metodologia sugerida e justificativa se encontram nos Quadros 04, 05 e 06.

Quadro 04 – Síntese dos encontros 05 e 06

ENCONTRO NÚMERO: 05 e 06

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: Aplicar as diferenciações progressivas 1 e 2, referentes a aplicação das situações-problemas 1 e 2 nos simuladores computacionais, presente no roteiro de atividades do aluno; Coletar as respostas dos alunos sobre os questionamentos realizados das duas situações-problemas apresentadas a eles; Realizar a reconciliação integrativa em cima da exposição dialogada e as discussões referentes aos questionários respondidos.

METODOLOGIA SUGERIDA: Em trios, os estudantes irão realizar a simulação 1 (diferenciação progressiva 1), seguindo o roteiro e respondendo às perguntas da situação-problema 1, presente no roteiro de atividades do aluno, e entregar para o professor-pesquisador. Após, ainda em trios, os estudantes irão realizar a simulação 2 (diferenciação progressiva 2), seguindo o roteiro e respondendo às perguntas da situação-problema 2, presente no roteiro de atividades do aluno, e entregar para o professor-pesquisador. Por fim, os estudantes realizarão a exposição dialogada e discussão do questionário presente nas situações-problemas 1 e 2, respondendo-os e entregando-os para o professor-pesquisador (reconciliação integrativa).

INTRUMENTOS SUGERIDOS: quadro branco, pincel, apagador, material impresso, lápis, caneta, borracha, computador, *software* de simulação.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: Como o objetivo é determinar se haverá indícios de aprendizagem significativa ao submeter os alunos as simulações computacionais no âmbito do eletromagnetismo. Ao realizar a identificação de conhecimentos prévios, os estudantes deverão responder aos questionamentos iniciais e finais realizados no decorrer da simulação computacional. Com isso, será possível constatar se houve assimilação de conceitos, isto é, se os estudantes terão evolução nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, ao comparar no final desses dois encontros em relação ao início do

encontro, evidenciando, assim, se haverá vestígios de aprendizagem significativa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 05 – Síntese dos encontros 07 e 08

ENCONTRO NÚMERO: 07 e 08

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: Aplicar as diferenciações progressivas 3 e 4, referentes a aplicação dos experimentos reais nº 01 e nº 02, presentes no roteiro de atividades do aluno; Coletar as respostas dos alunos sobre os questionamentos realizados dos dois experimentos apresentados a eles; Estabelecer relações com os alunos das concepções prévias com as concepções científicas aceitas; realizar o experimento da geração de campo magnético a partir de uma corrente elétrica e o experimento da geração de corrente elétrica a partir da variação do fluxo do campo magnético.

METODOLOGIA SUGERIDA: Em grupos, de 4 estudantes, eles irão realizar o experimento real nº 01, seguindo o roteiro norteador e respondendo às perguntas da situação-problema e entregar para o professor-pesquisador (diferenciação progressiva 3). Em seguida, dando continuidade aos experimentos e, ainda em grupos, os estudantes irão realizar o experimento real nº 02, seguindo o roteiro experimental e respondendo às perguntas da situação-problema e entregar para o professor-pesquisador (diferenciação progressiva 4).

INTRUMENTOS SUGERIDOS: barra magnética, fios de cobre, pilha de 1,5 V, botão liga/desliga sem trava, suporte para pilha de 1,5 V, multímetro, fita isolante, quadro branco, pincel, lápis, borracha, caneta, material impresso.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: Como o objetivo é determinar se haverá indícios de aprendizagem significativa ao submeter os alunos as práticas experimentais na área do eletromagnetismo. Os estudantes, inicialmente, deverão realizar as situações-problemas propostas para eles através dos experimentos reais nº 01 e nº 02, para, então, responder aos questionamentos realizados no decorrer da experimentação. Com isso, será possível constatar se houve assimilação de conceitos, isto é, se os estudantes apresentarão evolução nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, ao comparar no final das quatro experimentações reais em relação ao primeiro experimento, podendo, assim, evidenciar se haverá vestígios de aprendizagem significativa.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 06 – Síntese dos encontros 09 e 10

ENCONTRO NÚMERO: 09 e 10

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: Aplicar as diferenciações progressivas 3 e 4, referentes a aplicação dos experimentos reais nº 03 e nº 04, presentes no roteiro de atividades do aluno; Coletar as respostas dos alunos sobre os questionamentos realizados dos dois experimentos apresentados a eles; Estabelecer relações com os alunos das concepções prévias com as concepções científicas aceitas; realizar o experimento da geração de campo elétrico a partir de um campo magnético.

METODOLOGIA SUGERIDA: Em grupos, de 4 estudantes, eles irão realizar o experimento real nº 03, seguindo o roteiro norteador e respondendo às perguntas da situação-problema e entregar para o professor-pesquisador (diferenciação progressiva 5). Em seguida, dando continuidade aos experimentos e, ainda em grupos, os estudantes irão realizar o experimento real nº 04, seguindo o roteiro e respondendo às perguntas da situação-problema e entregar para o professor-pesquisador (diferenciação progressiva 6).

INTRUMENTOS SUGERIDOS: tubo de seringa, pilhas de neodímio, fios de cobre, LED's, botão liga/desliga sem trava, suporte para pilha de 1,5 V, multímetro, fita isolante, quadro branco, pincel, lápis, borracha, caneta, material impresso.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: Como o objetivo é determinar se haverá indícios de aprendizagem significativa ao submeter os alunos as práticas experimentais na área do eletromagnetismo. Os estudantes, inicialmente, deverão realizar as situações-problemas propostas para eles através dos experimentos reais nº 03 e nº 04, para, então, responder aos questionamentos realizados no decorrer da experimentação. Com isso, será possível constatar se houve assimilação de conceitos, isto é, se os estudantes apresentarão evolução nas dimensões conceitual, procedimental e atitudinal, ao comparar no final das quatro experimentações reais em relação ao primeiro experimento, podendo, assim, evidenciar se haverá vestígios de aprendizagem significativa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 AVALIAÇÃO INDIVIDUAL E DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nessa seção, orienta-se que o professor proponha problemas com questões abertas e fechadas, relativos aos conhecimentos construídos durante as etapas anteriores, e como sugestão, temos os Questionários 2 e 3.

A avaliação individual da aprendizagem (Questionário 2) consiste de 4 questões objetivas e 2 questões discursivas, com questões voltadas para os conteúdos trabalhados e assimilados nos laboratórios computacional e real, sendo aplicada individualmente. A aplicação da sequência didática, incluindo o quantitativo de encontros, descrição e a metodologia sugerida de aplicação, de cada um, se encontra no Quadro 07.

A avaliação da sequência didática (Questionário 3) consiste em um questionário de opinião no formato de escalas, de modo a atribuir notas em cada ponto questionado, fazendo referência ao trabalho aplicado. O questionário apresenta 13 questões, sendo 9 questões objetivas atribuídas a 5 notas distintas e 4 questões discursivas, para a coleta da opinião de satisfação dos alunos. A avaliação foi aplicada individualmente ao final de toda a sequência didática. A aplicação da avaliação da sequência didática, incluindo duração, objetivos do encontro, metodologia e justificativa se encontra no Quadro 07.

Quadro 07 – Síntese dos encontros 11 e 12

ENCONTRO NÚMERO: 11 e 12

DURAÇÃO: 1 hora e 40 minutos (2 aulas)

OBJETIVO DO ENCONTRO: investigar se o estudante conseguiria aplicar os conhecimentos adquiridos em relação ao conceito de campo eletromagnético para resolver situações-problemas; possibilitar que os estudantes pudessem avaliar os recursos instrucionais empregados na sequência didática proposta.

METODOLOGIA SUGERIDA: Individualmente, os estudantes são convidados a realizar a avaliação final do aprendizado decorrente da aplicação da sequência didática através do Questionário 2, presentes no roteiro de atividades do aluno. Posteriormente, os alunos finalizarão o encontro avaliando individualmente a sequência didática por meio do Questionário 3, presente no roteiro de atividades do aluno.

INSTRUMENTOS SUGERIDOS: material impresso, lápis, caneta, borracha.

JUSTIFICATIVA DO ENCONTRO FUNDAMENTADO NO REFERÊNCIAL TEÓRICO: As avaliações, individual e da sequência didática, tem por finalidade, a averiguação dos resultados obtidos com os encontros, constatando se houve, a partir da formação de subsunçoes, a aprendizagem significativa dos conceitos abordados pelo presente trabalho, de modo que suas assimilações fossem eficazes, determinando como os estudantes as estabeleceram como ponte entre o que já sabem com o que eles acabaram de vivenciar, possibilitando, assim, a compreensão e a significação dos materiais fornecidos durante os encontros (MOREIRA, 2015).

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 RESPOSTAS SUGERIDAS DAS ATIVIDADES DOS ALUNOS

Essa seção tem por objetivo apresentar dicas e sugestões para a interpretação de cada questionamento apresentado abaixo nos Questionários e roteiros experimentais utilizados no desenvolvido do presente trabalho.

4.6.1 Questionário 1

Os questionamentos realizados abaixo compõem o Questionário 1 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos prévios dos alunos, após a aplicação do organizador prévio. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum conhecimento científico sobre o assunto.

a) É possível gerar uma corrente elétrica em um fio metálico em espiral apenas com uma barra magnética? Por quê?

Sugestão de resposta: *É possível, pois de acordo com o texto apresentado sobre Faraday, os cientistas descobriram que ao movimentar uma barra magnética próxima de um fio metálico, independente se está em espiral ou não, haverá a presença de uma corrente elétrica no fio metálico.*

b) De que maneira é produzido corrente elétrica no fio metálico em espiral: aproximando e afastando a barra magnética lentamente ou rapidamente? Por quê?

Sugestão de resposta: *Na realidade, das duas formas. Pois ao movimentar a barra magnética nas proximidades do fio metálico lentamente, a corrente elétrica terá pouca intensidade no fio. Em contrapartida, ao movimentar rapidamente o a barra magnética, aumenta-se proporcionalmente a intensidade da corrente elétrica no fio metálico.*

c) A velocidade dessa aproximação e afastamento poderia interferir na corrente elétrica gerada? Por quê?

Sugestão de resposta: *Com certeza influenciará, pois de acordo com o exposto anteriormente, na letra b, a intensidade da corrente elétrica gerada está dependente*

da movimentação do ímã. Logo, se a velocidade for baixa, teremos uma intensidade baixa de corrente elétrica gerada, porém se a velocidade for alta, teremos uma intensidade alta de corrente elétrica gerada no fio metálico.

d) Com relação à intensidade luminosa produzida por uma lâmpada incandescente ligada aos circuitos propostos nas questões anteriores, como esta intensidade luminosa reagiria a essas variações de velocidades da barra magnética?

Sugestão de resposta: A percepção da intensidade luminosa nessas situações será perceptível, pois com a baixa intensidade de corrente elétrica, temos uma baixa intensidade luminosa, enquanto com a alta intensidade de corrente elétrica, temos uma alta intensidade luminosa.

4.6.2 Questionários da simulação computacional

Os questionamentos realizados abaixo compõem o roteiro experimental da simulação computacional e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos pelos alunos, após a aplicação do laboratório computacional. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum de conhecimento científico sobre o assunto.

1) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você consegue constatar? E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você constata? Justifique suas respostas.

Sugestão de resposta: Observa-se que há movimentação em um único sentido dos elétrons no fio condutor, configurando em uma corrente elétrica induzida. Além das linhas de força, ao afastar barra magnética da espira, estarem passando em menor quantidade por dentro da espira, e ao aproximar a barra magnética da espira, a quantidade de linhas de força aumentam. Observa-se também a interação dos elétrons com a barra magnética, pois ao aproximar eles movimentam em um sentido, e a barra magnética ao afastar, faz com que os elétrons mudem o sentido da movimentação. Ao aumentar a quantidade de espiras, observa-se uma

movimentação maior dos elétrons, demonstrando que houve um aumento na intensidade da corrente elétrica presente no fio condutor.

2) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você consegue constatar? E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você constata? Justifique suas respostas.

Sugestão de resposta: Observa-se que há movimentação em um único sentido dos elétrons no fio condutor, estando eles com uma velocidade maior, em comparação ao movimentar a barra magnética lentamente, sendo configurado como corrente elétrica induzida. Ao aumentar a quantidade de espiras, observa-se uma movimentação muito maior dos elétrons, em relação a situação apresentada na questão 1, demonstrando que houve um aumento considerável na intensidade da corrente elétrica presente no fio condutor.

3) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão mínima de água que movimentará a barra de ímã lentamente com 10 rpm. O que você consegue constatar? E, ao variar a quantidade de espiras. O que você constata? Justifique suas respostas.

Sugestão de resposta: Observa-se que há movimentação dos elétrons no fio condutor, sem a necessidade do ímã perpassar no interior da bobina. Entretanto, com a movimentação baixa do ímã, observa-se que corrente elétrica induzida é baixa. Observa-se o aumento da corrente elétrica induzida, mesmo com a quantidade de linhas de força perpassando no interior da bobina sejam os mesmos. Pois, com a variação da quantidade de linhas de força ao longo do tempo no interior da bobina, faz com que exista a movimentação dos elétrons no interior do fio metálico.

4) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão máxima de água que movimentará a barra de ímã rapidamente com 100 rpm. O que você consegue constatar? E, ao variar a quantidade de espiras. O que você constata? Justifique suas respostas.

Sugestão de resposta: Observa-se que há movimentação dos elétrons no fio condutor, sem a necessidade do ímã perpassar no interior da bobina. Entretanto,

com a movimentação alta do ímã, observa-se que corrente elétrica induzida é alta. Observa-se o aumento da corrente elétrica induzida, mesmo que o aumento da quantidade de linhas de força perpassando no interior da bobina sejam os mesmos. Pois, com a variação da quantidade de linhas de força ao longo do tempo no interior da bobina, faz com que exista a movimentação dos elétrons no interior do fio metálico.

4.6.3 Questionários do experimento real nº 01

Os questionamentos realizados abaixo compõem o roteiro experimental do experimento real nº 01 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos pelos alunos, após a aplicação do experimento real nº 01. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum de conhecimento científico sobre o assunto.

a) Faça um esboço (desenho) da espira submetida a uma ddp, quando a mesma é aproximada ao polo sul de uma barra magnética. Lembre-se de representar o campo magnético ao redor do fio.

Sugestão de resposta: Observe se o aluno realizará o desenho com as linhas de força sendo demonstradas, tanto do ímã quando da espira com a corrente elétrica oriunda da ddp a que é submetida. A corrente elétrica deve ser demonstrada na espira. Caso o sentido da corrente elétrica na espira for horário, é formado no plano frontal da espira um pólo sul e na parte de trás o pólo norte, de modo que ela se comporte como um ímã. Ao aproximar o pólo sul da barra magnética da parte frontal da espira, que também se configura como um pólo sul, haverá repulsão entre ambos, e ao aproximar com a parte de trás da espira, que se configura como um pólo norte, com o pólo sul da barra magnética, haverá atração entre ambos.

b) Faça um esboço (desenho) da espira submetida a uma ddp, quando a mesma é aproximada ao polo norte de uma barra magnética. Lembre-se de representar o campo magnético ao redor do fio.

Sugestão de resposta: Observe se o aluno realizará o desenho com as linhas de força sendo demonstradas, tanto do ímã quando da espira com a corrente elétrica oriunda da ddp a que é submetida. A corrente elétrica deve ser demonstrada na espira. Caso o sentido da corrente elétrica na espira for anti-horário, é formado no

plano frontal da espira um pólo norte e na parte de trás o pólo sul, de modo que ela se comporte como um ímã. Ao aproximar o pólo norte da barra magnética da parte frontal da espira, que também se configura como um pólo norte, haverá repulsão entre ambos, e ao aproximar com a parte de trás da espira, que se configura como um pólo sul, com o pólo norte da barra magnética, haverá atração entre ambos.

c) Qual sua opinião sobre a atividade experimental desenvolvida?

Sugestão de resposta: *Resposta pessoal do aluno*

4.6.4 Questionários do experimento real nº 02

Os questionamentos realizados abaixo compõem o roteiro experimental do experimento real nº 02 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos pelos alunos, após a aplicação do experimento real nº 02. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum de conhecimento científico sobre o assunto.

a) Aproxime e afaste o ímã da bobina e verifique se há alteração nos números do mostrador do medidor. Se houver alteração, explique o significado dessa observação. Posteriormente, ao invés de movimentar o ímã, movimente a bobina. Qual sua explicação para o que foi observado.

Sugestão de resposta: *Com a movimentação de uma barra magnética ao redor de um fio metálico ou com a movimentação do fio metálico ao redor de uma barra magnética ocorrerá a movimentação de elétrons no interior do fio, gerando assim a chamada corrente elétrica induzida, fazendo com que haja variação no visor do multímetro.*

b) Aproxime o ímã da bobina e pare, deixando-o em repouso. O que é observado no multímetro.

Sugestão de resposta: *Sem a movimentação de uma barra magnética ao redor de um fio metálico ou sem a movimentação do fio metálico ao redor de uma barra magnética não há movimentação de elétrons no interior do fio, não sendo gerado corrente elétrica induzida, não havendo variação no visor do multímetro.*

c) Faça um esboço (desenho) das linhas de campo do ímã utilizado no conjunto experimental próximo da bobina. E, mantendo as mesmas distâncias das linhas de

campo desenhadas inicialmente, faça-as novamente no esboço das linhas de campo do ímã do conjunto experimental, agora com o ímã afastado da bobina. Explique o que foi observado a partir das representações obtidas.

Sugestão de resposta: *Observe a sugestão de resposta apresentada no item 4.6.2, na questão “a”, pois a ideia é a mesma.*

4.6.5 Questionários do experimento real nº 03

Os questionamentos realizados abaixo compõem o roteiro experimental do experimento real nº 03 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos pelos alunos, após a aplicação do experimento real nº 03. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum de conhecimento científico sobre o assunto.

a) Após os procedimentos iniciais, com o LED, repita o mesmo procedimento, porém agora fazendo uso do multímetro conectado nas extremidades do fio de cobre. Explique o que ocorre no mostrador do multímetro ao movimentar os ímãs rapidamente e lentamente no interior da seringa. Qual justificativa para o fenômeno observado?

Sugestão de resposta: *Observa-se que há movimentação dos corrente elétrica induzida no fio condutor ao acender o LED ou ao constatar a variação no visor do multímetro. Com a movimentação alta do ímã, observa-se que a intensidade da corrente elétrica induzida é alta, já que a variação de linhas de força perpassando no interior da bobina aumentam com o passar do tempo, sendo percebido através da intensidade luminosa apresentada no LED ou no aumento dos números que são visualizados no visor do multímetro, sendo constatado assim a presença de corrente elétrica induzida em diferentes intensidades de acordo com a velocidade do ímã perpassando no interior da bobina, ou seja, quanto maior a força colocada na movimentação dos ímãs, ao longo do tempo, maior será a energia elétrica gerada na bobina.*

4.6.6 Questionários do experimento real nº 04

Os questionamentos realizados abaixo compõem o roteiro experimental do experimento real nº 04 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos pelos alunos, após a aplicação do experimento real nº 04. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos apresentam nível alto, regular ou nenhum de conhecimento científico sobre o assunto.

a) Após a preparação do experimento estar concluída, aproxime a bobina ligada ao LED da segunda bobina, e explique o que é observado.

Sugestão de resposta: *Observa-se que ao aproximar sem apertar o botão liga/desliga nada acontece, mas ao apertar o botão continuamente ao longo do tempo há a presença de intensidade luminosa no LED, isto é, o LED começa a acender e demonstrar a presença de corrente elétrica induzida na bobina ligada somente ao LED.*

b) Agora, entre as duas bobinas, coloque uma folha de papel, o mesmo fenômeno observado anteriormente ocorre? Por quê?

Sugestão de resposta: *É observado o mesmo fenômeno observado anteriormente, mesmo com a presença de uma folha de papel entre as bobinas. Pois, independente da presença da folha de papel ou não, terá a influência das linhas de força induzidas na bobina ligada a uma ddp com bobina ligada ao LED, fazendo com que essa bobina tenha em seu interior a variação das linhas de força perpassando em seu interior ao longo do tempo, gerando assim nessa bobina a corrente elétrica induzida que será convertida em energia luminosa no LED, demonstrando assim a intensidade luminosa.*

c) Ao retirar o LED da primeira bobina e conectá-la ao multímetro, aproxime novamente a primeira bobina da segunda e, observe e justifique o que ocorre com o multímetro.

Sugestão de resposta: *Observa-se que ao aproximar sem apertar o botão liga/desliga nada acontece no visor do multímetro, mas ao apertar o botão continuamente ao longo do tempo à variação da ddp na bobina ligada as pilhas, permitindo, assim, a presença de corrente elétrica induzida na bobina ligada ao*

multímetro, sendo perceptível tal fenômeno devido a variação numérica no visor do multímetro, isto é, o multímetro começa a variar os números no visor, demonstrar a presença de corrente elétrica induzida no bobina ligada somente ao multímetro.

d) Observando ainda o multímetro, pegue a primeira bobina e coloque-a em três posições distintas sobre a segunda bobina: (1) com os planos das bobinas em paralelo; (2) a primeira bobina com o plano inclinado em relação à segunda bobina; (3) com o plano da primeira bobina na perpendicular em relação a segunda bobina. Justifique suas observações.

Sugestão de resposta: *Observa-se que na posição (1) ao apertar continuamente o botão liga/desliga, há a presença de intensidade luminosa no LED, devido o plano da área da bobina está recebendo continuamente a variação das linhas de força oriundas da variação de ddp na bobina ligada as pilhas. Ressaltando que o ângulo de inclinação da primeira bobina é igual a zero; na posição (2) ao apertar continuamente o botão liga/desliga, há uma redução na presença de intensidade luminosa no LED, devido o plano da área da bobina está recebendo uma quantidade reduzida da variação das linhas de força oriundas da variação de ddp na bobina ligada as pilhas. Ressaltando que o ângulo de inclinação da primeira bobina é maior que zero e menor que 90° , influenciando na redução das linhas de força que perpassam no interior da primeira bobina; na posição (3) ao apertar continuamente o botão liga/desliga, não há presença de intensidade luminosa no LED, devido o plano da área da bobina não estar recebendo variação das linhas de força oriundas da variação de ddp na bobina ligada as pilhas. Ressaltando que o ângulo de inclinação da primeira bobina é igual a 90° , isto é, não há condições das linhas de força perpassarem pelo interior da primeira bobina.*

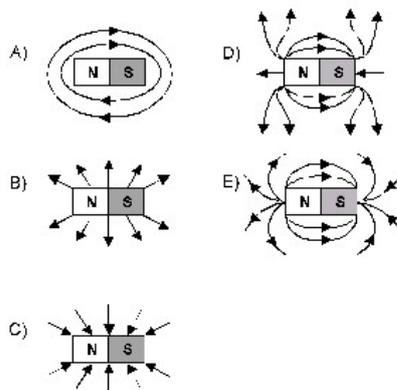
Dica: *Faça uso do experimento para introduzir os procedimentos necessários para a realização dos cálculos da variação do fluxo magnético e da força eletromotriz.*

4.6.7 Questionário 2

Os questionamentos realizados abaixo compõem o Questionário 2 e apresentam o intuito de obter os conhecimentos adquiridos dos alunos, após a aplicação da sequência didática. Então, de acordo com as perguntas ou situações-problemas apresentadas, observe e avalie se as respostas apresentadas pelos alunos

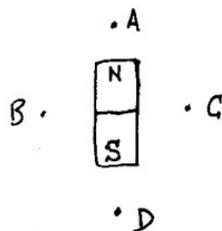
apresentam nível alto, regular ou nenhum conhecimento científico adquiridos sobre o assunto.

1) Assinale a opção em que as linhas de força do campo magnético de um ímã estão mais bem representadas.



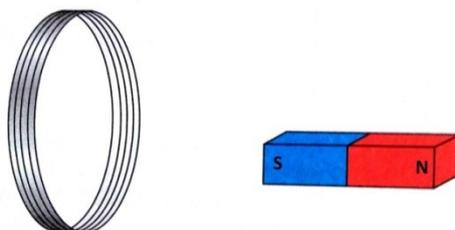
Resposta: *Letra E*

2) Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Circule em quais posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?



Resposta: *Letras A e D*

3) (Adaptada da UFV – MG) As figuras abaixo representam uma espira e um ímã próximos. Das situações apresentadas, a que não corresponde à indução de corrente na espira é aquela em que:

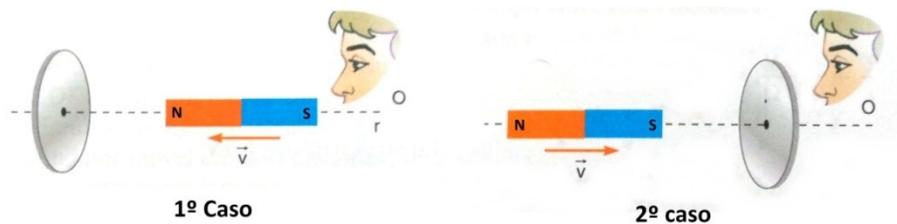


- a) a espira e o ímã se afastam;
- b) a espira está em repouso e o ímã se move para cima

- c) a espira se move para cima e o ímã para baixo.
 d) a espira e o ímã se aproximam.
 e) a espira e o ímã se movem com a mesma velocidade para a direita.

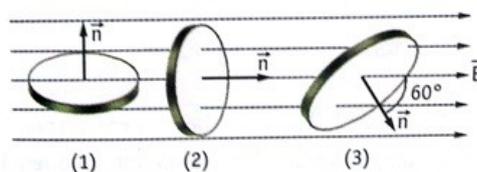
Resposta: Letra E

4) Em cada um dos casos a seguir temos um ímã em forma de barra, o qual se move de modo a manter seu eixo perpendicular ao plano de uma espira circular fixa. Em cada caso, demonstre o sentido (horário ou anti-horário) da corrente induzida na espira, para o observador O. E, justifique sua resposta apresentada.



Resposta: No 1º caso, observa-se que teremos o sentido anti-horário da corrente elétrica induzida, ao empregarmos a lei da mão direita, utilizada para interpretar a Lei de Lenz, pois com as linhas de força saindo do ímã e perpassando o interior da bobina, de forma a aumentar a variação dessas linhas em seu interior com a aproximação entre ambos, fazendo com que no plano da espira, voltada para o ímã, surja o pólo Norte, de modo que haja repulsão entre a espira e o ímã. No 2º caso, observa-se que teremos o sentido anti-horário da corrente elétrica induzida, ao empregarmos a lei da mão direita, utilizada para interpretar a Lei de Lenz, pois com as linhas de força entrando no ímã e perpassando o interior da bobina, de forma a aumentar a variação dessas linhas em seu interior com a aproximação entre ambos, fazendo com que no plano da espira, voltada para o ímã, surja o pólo sul, de modo que haja repulsão entre a espira e o ímã.

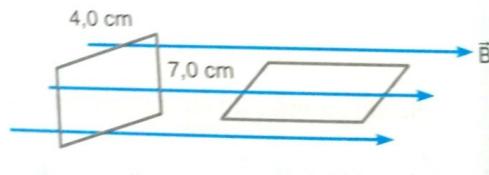
5) Uma espira circular tem área $A = 0,10 \text{ m}^2$ e está imersa num campo magnético uniforme de indução $B = 2,0 \text{ T}$. Calcule o fluxo magnético através da espira nas três posições indicadas. (Dados: $\cos 0^\circ = 1$; $\cos 90^\circ = 0$; $\cos 60^\circ = 0,5$)



Resposta: Na posição (1) temos o fluxo magnético (Φ) igual à $0 \text{ T}\cdot\text{m}^2$, pois $\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$, então $\Phi = 2 \cdot 0,10 \cdot \cos 90^\circ = 2 \cdot 0,10 \cdot 0 = 0 \text{ T}\cdot\text{m}^2$; Na posição (2) temos o

fluxo magnético (Φ) igual à $2 \text{ T}\cdot\text{m}^2$, pois $\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$, então $\Phi = 2 \cdot 0,10 \cdot \cos 0^\circ = 2 \cdot 0,10 \cdot 1 = 2 \text{ T}\cdot\text{m}^2$; Na posição (3) temos o fluxo magnético (Φ) igual à $1 \text{ T}\cdot\text{m}^2$, pois $\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$, então $\Phi = 2 \cdot 0,10 \cdot \cos 60^\circ = 2 \cdot 0,10 \cdot 0,5 = 1 \text{ T}\cdot\text{m}^2$.

6) (UNISA – SP) Uma espira retangular de 4 cm X 7 cm está colocada perpendicularmente a um campo magnético de 0,6 tesla e, após 0,3 segundos, o plano da espira torna-se paralelo ao vetor campo magnético. O módulo da força eletromotriz induzida média, nesse intervalo de tempo, é de:



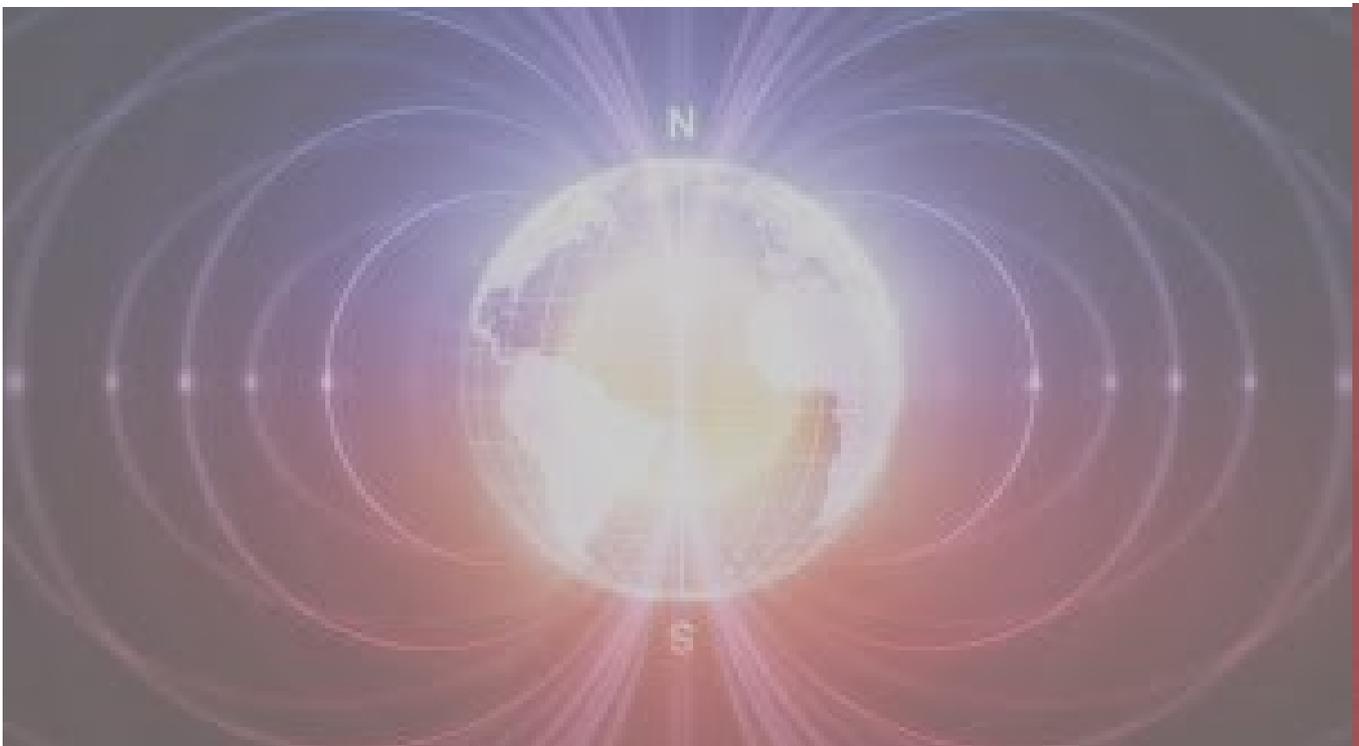
- a) $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ V}$ b) $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ c) 14 V d) 56 V e) $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

Resposta: Letra E

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

ALAN MARQUES FARIAS
SAMIR LACERDA DA SILVA

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GERADORES
ELÉTRICOS EM AMBIENTES VIRTUAIS E EXPERIMENTAIS
(ROTEIRO DE ATIVIDADES DOS ALUNOS)**



APRESENTAÇÃO

Caro(a) aluno(a),

Este roteiro de atividades é fruto da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* Cariacica, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Ele consiste essencialmente do roteiro de atividades da sequência didática para o ensino do conceito de indução eletromagnética na aplicação tecnológica de geradores elétricos.

Este material é destinado, em especial, à você, aluno(a) da educação básica. É muito importante que você participe deste processo com vontade de aprender, adquirindo conhecimentos. Nosso foco é auxiliá-los na introdução e no desenvolvimento do conceito de indução eletromagnética no eletromagnetismo em uma perspectiva conceitual.

Lembre-se, que por se tratar de uma proposta de trabalho envolvendo conteúdos diversificados, quem constrói de fato seu conhecimento é você, e o uso destes materiais produzidos combinados com as aulas e os conhecimentos do seu professor, irão conduzi-lo ao seu protagonismo. Tenha sempre isso em mente, queira sempre aprender e ter conhecimentos!

Bons estudos!

SUMÁRIO

TEXTO “MICHAEL FARADAY: O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA”	166
QUESTIONÁRIO 1.....	173
AVALIAÇÃO QUALITATIVA INICIAL REALIZADA PELOS ESTUDANTES NA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	174
AVALIAÇÃO QUALITATIVA FINAL REALIZADA PELOS ESTUDANTES NA RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA.....	176
EXPERIMENTO REAL – Nº 01.....	177
EXPERIMENTO REAL – Nº 02.....	179
EXPERIMENTO REAL – Nº 03.....	181
EXPERIMENTO REAL – Nº 04.....	182
QUESTIONÁRIO 2.....	184
QUESTIONÁRIO 3.....	187

TEXTO “MICHAEL FARADAY: O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA”

Breve História do Eletromagnetismo: de Oersted à Faraday

- Adaptado de Dias e Martins (2004) e Fuzari (2017) -

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

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

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

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

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

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

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em NewingtonButt, na Inglaterra, filho de um modesto ferreiro. Sua família foi para Londres quando Faraday tinha cinco anos. Faraday teve pouca formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Em 1804, com

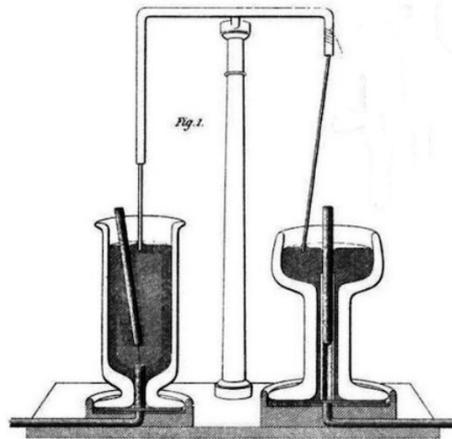
13 anos, Michael Faraday foi trabalhar como aprendiz numa loja de encadernação. Nesse contato com os livros, ele teve a oportunidade de melhorar sua formação. Sem uma formação escolar regular, iniciou sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy. Acompanhando-o em viagens pela Europa, conheceu Ampère, Gay Lussac, Arago, Humboldt, Rumford e Volta, o que trouxe um grande enriquecimento científico para ele. Utilizando o laboratório de Davy, Faraday pôde tornar-se um grande experimentador.

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

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

Suas primeiras experiências foram guiadas pela ideia (que, atualmente, sabemos estar errada) de que um fio percorrido por corrente deveria atrair ou repelir os polos magnéticos de uma agulha magnética. Porém, ao repetir o experimento por diversas vezes alcançou o resultado mais importante dos experimentos: Faraday se convenceu de que, ao invés de sofrer atração e repulsão, o polo magnético da agulha tendia a girar em torno do fio condutor. Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Oersted que descrevia os movimentos de rotação da agulha magnética. No mesmo ano, em 1821, publicou um artigo no qual apresentou um experimento (ver Figura 01) em que um fio condutor podia girar livremente em torno de um ímã fixo (à direita na figura 01) e um ímã podia, também, girar livremente em torno de um fio condutor fixo (à esquerda na Figura 01). As rotações eletromagnéticas se tornaram uma importante contribuição ao desenvolvimento da nova área.

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



Fonte: LIMA (2014).

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

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

Buscando evidências experimentais de fenômenos relacionados à indução, Faraday construiu diversos experimentos. O primeiro deles consistiu em conectar os pólos de uma bateria por um fio metálico, em forma de solenóide, com a extremidade ligada a um galvanômetro. Dentro do solenóide foi inserido um ímã e

procurou-se observar alguma deflexão na agulha do galvanômetro. Faraday considerou o experimento um fracasso, pois nada foi observado. Depois disso, realizou outro experimento em que mostrou, com pouco sucesso, que ao se conectar e desconectar uma pilha voltaica de um circuito, era possível induzir corrente em outro circuito próximo.

Em agosto de 1831, Faraday descreveu um anel de ferro doce que construiu para um experimento (ver Figura 02). O anel era constituído de um grupo de espiras de fio de cobre enroladas ao redor de uma metade do anel, e outro grupo de espiras de fio de cobre na outra metade. A extremidade de um dos lados foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Assim, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente nesse grupo de espiras do anel. No outro lado, as extremidades foram conectadas a uma bateria voltaica que, quando ligada ou desligada ao grupo, uma corrente transitória era detectada no grupo do outro lado do anel, uma vez que a agulha imantada se movia. Neste primeiro experimento bem sucedido, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. História essa diferente daquela que geralmente aparece nos livros didáticos ao se introduzir a indução eletromagnética.

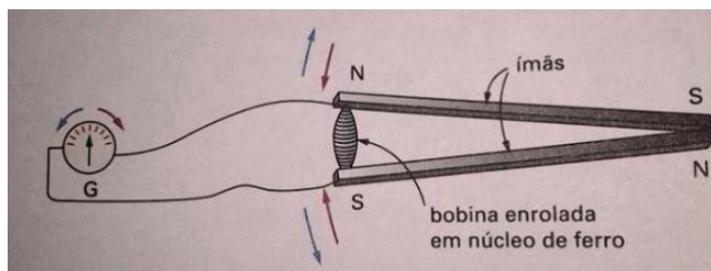
Figura 02 - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética.



Fonte: PEREIRA (2009).

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

Figura 03 - Experimento da pinça.



Fonte: GALDINO (2015).

Neste experimento mostrado na Figura 03, Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente. Assim, a partir das indagações consequentes desse experimento, em outubro de 1831, Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina. O experimento consistia de um cilindro de papel, oco, coberto por enrolamentos de fio de cobre, sendo as extremidades conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre. Uma série de experiências realizadas com esses experimentos levou Faraday a formular uma lei da indução.

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

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

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

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

QUESTIONÁRIO 1

Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____

O objetivo deste questionário é identificar o seu conhecimento prévio sobre o assunto que será abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que sua resposta reflita sua opinião individual e sincera em cada questão. Por gentileza, reflita antes de responder qualquer questão, e seja objetivo e claro em suas respostas.

- a) É possível gerar uma corrente elétrica em um fio metálico em espiral apenas com uma barra magnética? Por quê?
- b) De que maneira é produzido corrente elétrica no fio metálico em espiral: aproximando e afastando a barra magnética lentamente ou rapidamente? Por quê?
- c) A velocidade dessa aproximação e afastamento poderia interferir na corrente elétrica gerada? Por quê?
- d) Com relação à intensidade luminosa produzida por uma lâmpada incandescente ligada aos circuitos propostos nas questões anteriores, como esta intensidade luminosa reagiria a essas variações de velocidades da barra magnética?

AVALIAÇÃO QUALITATIVA INICIAL REALIZADA PELOS ESTUDANTES NA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL
--

Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____

O objetivo deste questionário é identificar os resultados observados por você sobre o assunto abordado na Simulação Computacional. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que sua resposta reflita sua opinião individual e sincera em cada questão. Por gentileza, reflita antes de responder qualquer questão, e seja objetivo e claro em suas respostas.

Configuração do simulador para a situação-problema 1: *Barra de ferramentas selecionada em “solenoides”, configurada com o indicador na opção “lâmpada incandescente” e o ímã em barra com a opção da intensidade luminosa em 100 %, mostrando bússola e campo.*

1) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você consegue constatar? E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você constata? Justifique suas respostas.

2) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você consegue constatar? E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você constata? Justifique suas respostas.

Configuração do simulador para a situação-problema 2: *Barra de ferramentas selecionada em “Gerador”, configurada com o indicador na opção “lâmpada incandescente” e o ímã em barra com a opção da intensidade luminosa em 100 %, mostrando bússola e campo.*

3) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão mínima de água que movimentará a barra de ímã lentamente com 10 rpm. O que você consegue constatar? E, ao variar a quantidade de espiras. O que você constata? Justifique suas respostas.

4) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão máxima de água que movimentará a barra de ímã rapidamente com 100 rpm. O que você consegue constatar? E, ao variar a quantidade de espiras. O que você constata? Justifique suas respostas.

AVALIAÇÃO QUALITATIVA FINAL REALIZADA PELOS ESTUDANTES NA RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA	
Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____
<p>O objetivo deste questionário é identificar as suas conclusões sobre o assunto abordado na Simulação Computacional. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que sua resposta reflita sua opinião individual e sincera em cada questão. Por gentileza, reflita antes de responder qualquer questão, e seja objetivo e claro em suas respostas.</p>	

1) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã lentamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você conclui? Justifique suas respostas.

2) Mantendo em somente uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. E, ao manter em mais de uma espira, movimentando a barra de ímã rapidamente, perpassando-a por dentro da espira. O que você conclui? Justifique suas respostas.

3) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão mínima de água que movimentará a barra de ímã lentamente com 10 rpm. E, ao variar a quantidade de espiras. O que você conclui? Justifique suas respostas.

4) Mantendo em somente uma espira, abra a torneira, permitindo uma vazão mínima de água que movimentará a barra de ímã rapidamente com 100 rpm. E, ao variar a quantidade de espiras. O que você conclui? Justifique suas respostas.

EXPERIMENTO REAL – Nº 01	
Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____

O objetivo desta prática é aplicar o seu conhecimento adquirido sobre o assunto que foi abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que suas atitudes reflitam sua opinião individual e sincera. Por gentileza, reflita em cada ponto apresentado pela proposta experimental, e seja objetivo e claro em suas colocações.

✓ **Proposta da atividade experimental:**

- **Material necessário:**
 - ½ metro de fio de cobre esmaltado de 5 mm de diâmetro (utilizados em enrolamentos de motor) de espessura médio;
 - 1 pilha grande alcalina;
 - 1 barra magnética;
 - 1 Multímetro digital.

- **Procedimentos:**
 - Tendo o fio de cobre em mãos, enrole o fio de cobre, fazendo uma espira a partir da metade do fio, permitindo que seja reservado os terminais do fio de cobre, que serão ligadas a pilha, como demonstrado na Figura 10. Ressaltando, que haja, a mobilidade do fio de cobre ligado a pilha.
 - Após ligar os terminais do fio de cobre a pilha, aproxime a espira formada a uma barra magnética, de acordo com a Figura 06 e observe, inicialmente, o fenômeno causado pela aproximação e afastamento da espira com relação a barra magnética.
 - Após as observações, ligue os terminais do multímetro com as extremidades da espira, lembrando de raspas as pontas dos terminais da espira, para retirar o verniz que protege o fio de cobre, melhorando a condutividade na espira. Após, repita os procedimentos realizados no início do experimento, porém fazendo uso do multímetro para conferir se haverá ou não corrente elétrica presente no fio de cobre, e anote as conclusões, resultados e ou valores observados no mostrador do multímetro.

Figura 10 – Representação esquemática de uma espira submetida a uma ddp que será aproximada a uma barra magnética, para averiguação do campo magnético criado em seu interior.



Fonte: Elaborado pelo autor.

✓ **Questionário da atividade experimental:**

- a) Faça um esboço (desenho) da espira submetida a uma ddp, quando a mesma é aproximada ao polo sul de uma barra magnética. Lembre-se de representar o campo magnético ao redor do fio.

- b) Faça um esboço (desenho) da espira submetida a uma ddp, quando a mesma é aproximada ao polo norte de uma barra magnética. Lembre-se de representar o campo magnético ao redor do fio.

- c) Qual sua opinião sobre a atividade experimental desenvolvida?

EXPERIMENTO REAL – Nº 02	
Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____
<p>O objetivo desta prática é aplicar o seu conhecimento adquirido sobre o assunto que foi abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que suas atitudes reflitam sua opinião individual e sincera. Por gentileza, reflita em cada ponto apresentado pela proposta experimental, e seja objetivo e claro em suas colocações.</p>	

✓ **Proposta da atividade experimental:**

- Material necessário:
 - 8 metros de fio de cobre esmaltado de 5 mm de diâmetro (utilizados em enrolamentos de motor) de espessura médio;
 - 1 Ímã forte de preferência em forma de barra (se não tiver, pode ser de núcleo de auto-falante);
 - 1 Multímetro digital.
- Procedimentos:
 - Enrole o fio de cobre fazendo uma bobina com 40 voltas de aproximadamente 5 cm de diâmetro;
 - Ligue as extremidades da bobina no multímetro. Tomando o cuidado de desencapar as pontas dos fios ou raspá-las (no caso de fios esmaltados).

✓ **Questionário da atividade experimental:**

a) Aproxime e afaste o ímã da bobina e verifique se há alteração nos números do mostrador do medidor. Se houver alteração, explique o significado dessa observação. Posteriormente, ao invés de movimentar o ímã, movimente a bobina. Qual sua explicação para o que foi observado.

b) Aproxime o ímã da bobina e pare, deixando-o em repouso. O que é observado no multímetro.

c) Faça um esboço (desenho) das linhas de campo do ímã utilizado no conjunto experimental próximo da bobina. E, mantendo as mesmas distâncias das linhas de campo desenhadas inicialmente, faça-as novamente no esboço das linhas de campo

do ímã do conjunto experimental, agora com o ímã afastado da bobina. Explique o que foi observado a partir das representações obtidas.

EXPERIMENTO REAL – Nº 03	
Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____

O objetivo desta prática é aplicar o seu conhecimento adquirido sobre o assunto que foi abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que suas atitudes reflitam sua opinião individual e sincera. Por gentileza, reflita em cada ponto apresentado pela proposta experimental, e seja objetivo e claro em suas colocações.

✓ **Proposta da atividade experimental**

- **Materiais necessários:**
 - 1 Tubo de seringa de 10 ml sem o êmbolo;
 - 2 LED's 10 mm alto brilho nas cores azul e vermelho;
 - 4 ímãs de neodímio (N35) em forma cilíndrica;
 - 40 metros de fio de cobre.

- **Procedimentos:**
 - Separe 50 cm de uma extremidade do fio de cobre e enrole o restante do fio de cobre ao redor do tubo da seringa até sobrar 50 cm da outra extremidade, e conecte-as aos LED's. Lembre-se de fixar essas extremidades na seringa com uma fita adesiva, para que a bobina não se desfaça durante o experimento.
 - Insira os ímãs no interior do tubo e posicione o tudo na horizontal, pressionando o polegar na saída mais larga do tubo. Movimente o ímã em seu interior, fazendo com que ele passe rapidamente e lentamente de um lado ao outro do tubo da seringa e observe.

✓ **Questionário da atividade experimental:**

a) Após os procedimentos iniciais, com o LED, repita o mesmo procedimento, porém agora fazendo uso do multímetro conectado nas extremidades do fio de cobre. Explique o que ocorre no mostrador do multímetro ao movimentar os ímãs rapidamente e lentamente no interior da seringa. Qual justificativa para o fenômeno observado?

EXPERIMENTO REAL – Nº 04	
Nome: _____	Data: ___ / ___ / ___
	Turma: _____

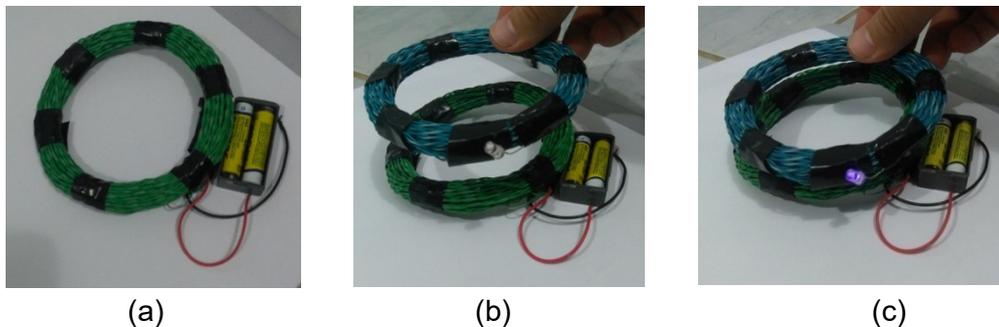
O objetivo desta prática é aplicar o seu conhecimento adquirido sobre o assunto que foi abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Tenha em mente que o importante é que suas atitudes reflitam sua opinião individual e sincera. Por gentileza, reflita em cada ponto apresentado pela proposta experimental, e seja objetivo e claro em suas colocações.

✓ Proposta da atividade experimental

- Materiais necessários
 - Um LED comum na cor vermelha ou azul;
 - Duas baterias de 1,5 Volts;
 - 7 m de fio de cobre esmaltado fino, de 28 a 34 calibre;
 - Uma chave liga/desliga do tipo start sem trava;
 - Um suporte para duas baterias de 1,5 Volts;

- Procedimentos:
 - Primeiramente, faça duas bobinas com 24 voltas cada uma (Figura 11b), sempre se lembrando de reservar ao menos 20 cm das extremidades das bobinas, para servirem de conexão. Porém, na segunda bobina (Figura 11a), uma das suas extremidades será conectada a uma das entradas do botão liga/desliga e a outra extremidade será ligada ao conector do suporte das baterias de 1,5 V que já está ligada a outra entrada do botão liga/desliga.
 - Após, a etapa anterior estar concluída, dê continuidade pegando a primeira bobina, ligando suas extremidades com as perninhas do LED, começando o entrelaçamento do fio de cobre da bobina com a perninha do LED, sempre da parte interna da lâmpada para fora.
 - Posteriormente, aos passos ditados anteriormente, confira se estão de acordo com a Figura 11c, abaixo.

Figura 11 – Representação das duas espiras. (a) espira percorrida por uma corrente elétrica proveniente das baterias de 1,5 V; (b) as duas espiras prontas e devidamente posicionadas; (c) resultado das variações do fluxo magnético no interior da espira superior, que está ligada ao LED, fazendo-o acender.



Fonte: Elaborado pelo autor.

✓ **Questionário da atividade experimental:**

a) Após a preparação do experimento estar concluída, aproxime a bobina ligada ao LED da segunda bobina, e explique o que é observado.

b) Agora, entre as duas bobinas, coloque uma folha de papel, o mesmo fenômeno observado anteriormente ocorre? Por quê?

c) Ao retirar o LED da primeira bobina e conectá-la ao multímetro, aproxime novamente a primeira bobina da segunda e, observe e justifique o que ocorre com o multímetro.

d) Observando ainda o multímetro, pegue a primeira bobina e coloque-a em três posições distintas sobre a segunda bobina: (1) com os planos das bobinas em paralelo; (2) a primeira bobina com o plano inclinado em relação à segunda bobina; (3) com o plano da primeira bobina na perpendicular em relação a segunda bobina. Justifique suas observações.

QUESTIONÁRIO 2

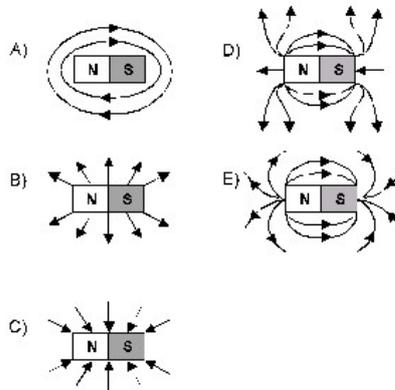
Nome: _____

Data: ___ / ___ / ___

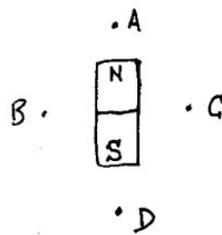
Turma: _____

O objetivo da aplicação individual destas questões é investigar o seu conhecimento adquirido sobre o assunto que foi abordado na sequência didática. O resultado dele não influenciará na sua nota. Por gentileza, reflita antes de responder qualquer questão e, seja objetivo e claro em suas respostas. Caso sua resposta não caiba nos espaços reservados, faça uso do verso da folha.

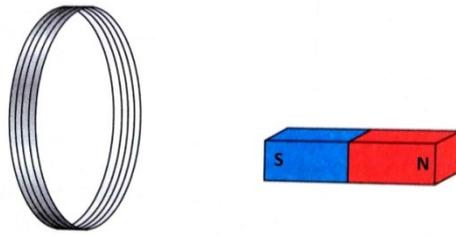
1) Assinale a opção em que as linhas de força do campo magnético de um ímã estão mais bem representadas.



2) Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Circule em quais posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?

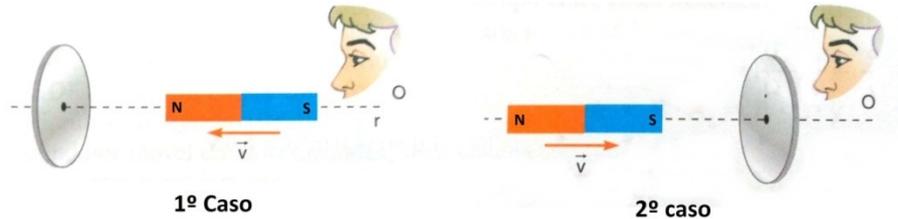


3) (Adaptada da UFV – MG) As figuras abaixo representam uma espira e um ímã próximos. Das situações apresentadas, a que não corresponde à indução de corrente na espira é aquela em que:

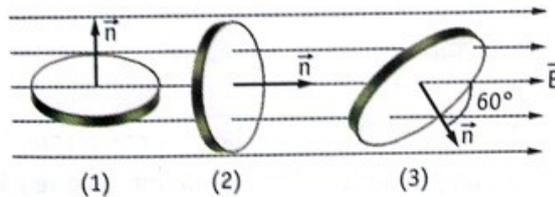


- a) a espira e o ímã se afastam;
- b) a espira está em repouso e o ímã se move para cima
- c) a espira se move para cima e o ímã para baixo.
- d) a espira e o ímã se aproximam.
- e) a espira e o ímã se movem com a mesma velocidade para a direita.

4) Em cada um dos casos a seguir temos um ímã em forma de barra, o qual se move de modo a manter seu eixo perpendicular ao plano de uma espira circular fixa. Em cada caso, demonstre o sentido (horário ou anti-horário) da corrente induzida na espira, para o observador O. E, justifique sua resposta apresentada.

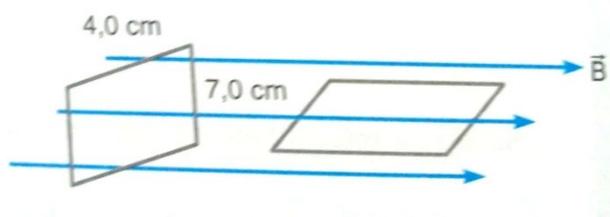


5) Uma espira circular tem área $A = 0,10 \text{ m}^2$ e está imersa num campo magnético uniforme de indução $B = 2,0 \text{ T}$. Calcule o fluxo magnético através da espira nas três posições indicadas. (Dados: $\cos 0^\circ = 1$; $\cos 90^\circ = 0$; $\cos 60^\circ = 0,5$)



6) (UNISA – SP) Uma espira retangular de $4 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ está colocada perpendicularmente a um campo magnético de $0,6 \text{ tesla}$ e, após $0,3 \text{ segundos}$, o

plano da espira torna-se paralelo ao vetor campo magnético. O módulo da força eletromotriz induzida média, nesse intervalo de tempo, é de:



- a) $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ V}$ b) $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ c) 14 V d) 56 V e) $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

QUESTIONÁRIO 3

Esta avaliação geral no formato de questionário tem por objetivo investigar sua opinião, por meio de um grupo focal, após estudar os conteúdos abordados na sequência didática utilizada nas aulas, estando incluso os dois laboratórios utilizados, o computacional e o experimental. Ressalto, ainda, que não há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita de forma individual e sincera sua opinião sobre cada item abaixo. Caso julgue necessário, faça uso do verso desta folha para complementar suas respostas.

Dê sua nota, circulando a nota correspondente, para cada item avaliado, de acordo com a seguinte escala de satisfação:

1	2	3	4	5
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo

		Escala de Satisfação				
1	Os recursos utilizados na prática com simulações, desenvolvidas no Laboratório de Informática, despertaram seu interesse pelo conteúdo?	1	2	3	4	5
2	Durante a simulação proposta, você estabeleceu relação entre campo elétrico e campo magnético. O simulador contribuiu satisfatoriamente para a compreensão do fenômeno?	1	2	3	4	5
3	Você gostaria que as práticas com laboratórios virtuais fossem mais presentes nas aulas de física?	1	2	3	4	5
4	A unidade didática utilizada, no laboratório real, despertou seu interesse pelos conteúdos?	1	2	3	4	5
5	A unidade didática utilizada contribuiu satisfatoriamente para que você participasse da aula, respondendo às perguntas direcionadas a turma durante os encontros?	1	2	3	4	5
6	A unidade didática utilizada aumentou sua disposição em realizar as atividades propostas durante os encontros?	1	2	3	4	5
7	A unidade didática utilizada contribuiu para que você visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as propriedades, conceitos associados aos conteúdos estudados durante os encontros?	1	2	3	4	5
8	A unidade didática utilizada prendeu sua atenção para as explicações e as discussões sobre os conteúdos?	1	2	3	4	5
9	A unidade didática utilizada contribuiu para o aumento do seu interesse em buscar mais informações sobre o tema estudado?	1	2	3	4	5
10	A unidade didática utilizada contribuiu para o aumento do seu interesse em buscar mais informações sobre outros temas dentro da física ou ciências em geral? () Sim () Não Quais? _____					
11	Qual etapa da unidade didática utilizada nas aulas você acredita que tenha contribuído mais para o seu aprendizado? Por quê? _____					
12	A unidade didática utilizada contribuiu para que você relacionasse o conceito de indução eletromagnética com alguma aplicação tecnológica? () Sim () Não Quais? _____					
13	Sugestões, críticas ou elogios. _____					

ANEXO A – TEXTO “MICHAEL FARADAY: O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA”

Breve História do Eletromagnetismo: de Oersted à Faraday

- Adaptado de Dias e Martins (2004) e Fuzari (2017) -

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

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

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

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

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

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

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em NewingtonButt, na Inglaterra, filho de um modesto ferreiro. Sua família foi para Londres quando Faraday tinha cinco anos. Faraday teve pouca formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Em 1804, com

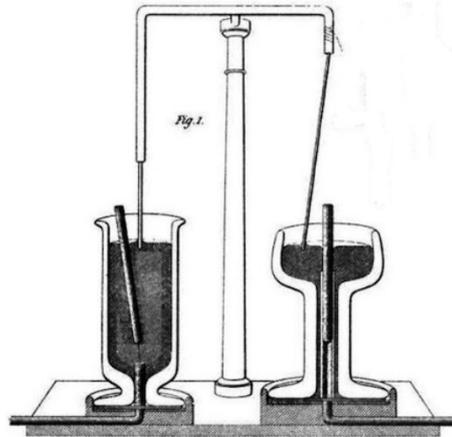
13 anos, Michael Faraday foi trabalhar como aprendiz numa loja de encadernação. Nesse contato com os livros, ele teve a oportunidade de melhorar sua formação. Sem uma formação escolar regular, iniciou sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy. Acompanhando-o em viagens pela Europa, conheceu Ampère, Gay Lussac, Arago, Humboldt, Rumford e Volta, o que trouxe um grande enriquecimento científico para ele. Utilizando o laboratório de Davy, Faraday pôde tornar-se um grande experimentador.

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

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

Suas primeiras experiências foram guiadas pela ideia (que, atualmente, sabemos estar errada) de que um fio percorrido por corrente deveria atrair ou repelir os polos magnéticos de uma agulha magnética. Porém, ao repetir o experimento por diversas vezes alcançou o resultado mais importante dos experimentos: Faraday se convenceu de que, ao invés de sofrer atração e repulsão, o polo magnético da agulha tendia a girar em torno do fio condutor. Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Oersted que descrevia os movimentos de rotação da agulha magnética. No mesmo ano, em 1821, publicou um artigo no qual apresentou um experimento (ver Figura 16) em que um fio condutor podia girar livremente em torno de um ímã fixo (à direita na figura 16) e um ímã podia, também, girar livremente em torno de um fio condutor fixo (à esquerda na Figura 16). As rotações eletromagnéticas se tornaram uma importante contribuição ao desenvolvimento da nova área.

Figura 16 - Rotação de um ímã em torno de um condutor e vice-versa.



Fonte: LIMA (2014).

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

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

Buscando evidências experimentais de fenômenos relacionados à indução, Faraday construiu diversos experimentos. O primeiro deles consistiu em conectar os pólos de uma bateria por um fio metálico, em forma de solenóide, com a extremidade ligada a um galvanômetro. Dentro do solenóide foi inserido um ímã e

procurou-se observar alguma deflexão na agulha do galvanômetro. Faraday considerou o experimento um fracasso, pois nada foi observado. Depois disso, realizou outro experimento em que mostrou, com pouco sucesso, que ao se conectar e desconectar uma pilha voltaica de um circuito, era possível induzir corrente em outro circuito próximo.

Em agosto de 1831, Faraday descreveu um anel de ferro doce que construiu para um experimento (ver Figura 17). O anel era constituído de um grupo de espiras de fio de cobre enroladas ao redor de uma metade do anel, e outro grupo de espiras de fio de cobre na outra metade. A extremidade de um dos lados foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Assim, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente nesse grupo de espiras do anel. No outro lado, as extremidades foram conectadas a uma bateria voltaica que, quando ligada ou desligada ao grupo, uma corrente transitória era detectada no grupo do outro lado do anel, uma vez que a agulha imantada se movia. Neste primeiro experimento bem sucedido, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. História essa diferente daquela que geralmente aparece nos livros didáticos ao se introduzir a indução eletromagnética.

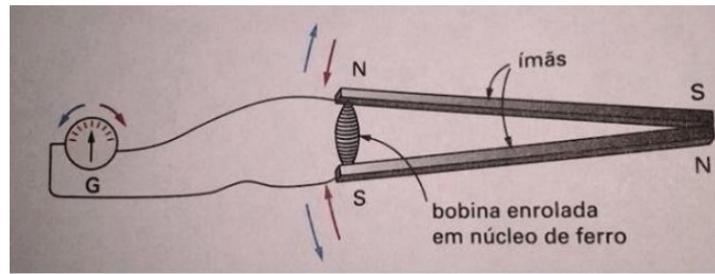
Figura 17 - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética.



Fonte: PEREIRA (2009).

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

Figura 18 - Experimento da pinça.



Fonte: GALDINO (2015).

Neste experimento mostrado na Figura 18, Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente. Assim, a partir das indagações consequentes desse experimento, em outubro de 1831, Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina. O experimento consistia de um cilindro de papel, oco, coberto por enrolamentos de fio de cobre, sendo as extremidades conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre. Uma série de experiências realizadas com esses experimentos levou Faraday a formular uma lei da indução.

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

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

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

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