UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALISON CLEIBER DA SILAVA CUNHA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO ABORDANDO TÓPICOS DE MAGNETISMO CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM HISTÓRICO-CULTURAL

MOSSORÓ – RN
2022

ALISON CLEIBER DA SILVA CUNHA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO ABORDANDO TÓPICOS DE MAGNETISMO CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM HISTÓRICO-CULTURAL

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - polo 09 UFERSA – do Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

MOSSORÓ - RN
2022

ALISON CLEIBER DA SILVA CUNHA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO ABORDANDO TÓPICOS DE MAGNETISMO CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM HISTÓRICO-CULTURAL

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - polo 09 UFERSA – Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

APROVADO EM 30/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. (a) Geovani Ferreira Barbosa - UFERSA

Orientador

Prof. Dr. Augusto Cesar Lima Moreira – UFPE – Campus Agreste

Avaliador Externo

Prof. Dr. Taciano Amaral Sorrentino - UFERSA

Avaliador Interno

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC972a Cunha, Alison Cleiber da Silva .
Atividades experimentais utilizando materiais de baixo custo abordando tópicos de magnetismo conduzidos por uma aprendizagem histórico-cultural / Alison Cleiber da Silva Cunha. - 2022.
135 f. : il.

Orientador: Geovani Ferreira Barbosa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2022.

1. ensino de Física. 2. magnetismo. 3. experimentais. 4. materiais de baixo custo. I. Barbosa, Geovani Ferreira, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automáto em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC´s) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

In memória...

Dedico

A minha amada filha, Antonella Macedo da Cunha.

Dedico

A minha mãe, Francisca Ivete da Silva Cunha, minha querida esposa, Luciana Gabriele Mauricio de Macedo, aos meus familiares e amigos com muito amor e reconhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda força, coragem e determinação que ele me proporcionou para concretizar o objetivo de escrever essa dissertação.

Ao professor Dr. Geovani Ferreira Barbosa, pela valorosa orientação durante o desenvolvimento da pesquisa, sem a sua contribuição, nada disso seria possível.

Ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF – UFERSA, pela oportunidade de qualificação profissional que vem oferecendo à professores que, assim como eu, buscam melhorar sua prática pedagógica.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, pelas responsabilidades e compromisso que desempenha nos programas de pós-graduação.

Aos professores do MNPEF – UFERSA, por compartilhar seus conhecimentos de forma generosa, prazerosa e pela compreensão para conosco. Foi uma experiência excepcional.

Á gestão da E. E. E. M. T. I. Professor Francisco Veras, onde aconteceu a intervenção didático-pedagógica, por todo apoio fornecido.

Aos estudantes que participaram de forma voluntária da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Obrigado pela bolsa disponibilizada durante o curso.

RESUMO

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO ABORDANDO TÓPICOS DE MAGNETISMO CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM HISTÓRICO-CULTURAL

ALISON CLEIBER DA SILVA CUNHA

ORIENTADOR: PROF. DR. GEOVANI FERREIRA BARBOSA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em ensino de física.

Apresenta-se nesta dissertação o planejamento, a aplicação e os resultados obtidos sobre a execução da sequência didática intitulada de Atividades Experimentais Utilizando Materiais de Baixo Custo Abordando Tópicos de Magnetismo Conduzida por uma Aprendizagem Histórico-cultural. A intervenção didático-pedagógica contou com aulas expositivas convencionais, investigação dos conhecimentos espontâneos dos estudantes sobre princípios básicos do magnetismo e aplicação da sequência didática. A sequência didática teve seus objetivos de aprendizagem planejados segundo a Taxonomia Revisada de Bloom, e foi baseada em atividades experimentais com protótipos construídos com matérias de baixo custo. A teoria de aprendizagem utilizada foi a histórico-cultural de Vygotsky, a coleta de dados foi feita através de questionário com questões subjetivas, o primeiro aplicado antes da sequência e outro pós aplicação, a análise dos dados foi feita através da análise de conteúdo de Bardin. Ficou evidente os avanços obtidos quanto aos conhecimentos efetivo, conceitual e procedural proposto por Bloom. A formação de conceito proposta por Vygotsky, não foi atingida plenamente pela maioria dos estudantes. Boa parte dos estudantes, apesar de expressarem linguagem e símbolos físicos, cometeram equívocos nas explicações, levando em conta aspectos que a física despreza. Esses resultados são reportados com frequência na literatura.

Palavras chaves: Ensino de Física, Magnetismo, experimentais, materiais de baixo custo.

ABSTRACT

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO ABORDANDO TÓPICOS DE MAGNETISMO CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM HISTÓRICO-CULTURAL

ALISON CLEIBER DA SILVA CUNHA

ORIENTADOR: PROF. DR. GEOVANI FERREIRA BARBOSA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre em ensino de física

This dissertation presents the planning, application and results obtained from the execution of the didactic sequence entitled Experimental Activities Using Low-Cost Materials Approaching Topics of Magnetism Conducted by Historical-Cultural Learning. The didactic-pedagogical intervention included conventional lectures, investigation of students' spontaneous knowledge about basic principles of magnetism and application of the didactic sequence. The didactic sequence had its learning objectives planned according to Bloom's Revised Taxonomy, and was based on experimental activities with prototypes built with low-cost materials. The learning theory used was Vygotsky's cultural-historical, data collection was done through a questionnaire with subjective questions, the first applied before the sequence and the other after application, data analysis was done through Bardin's content analysis . It was evident the advances obtained regarding the effective, conceptual and procedural knowledge proposed by Bloom. Concept formation proposed by Vygotsky was not fully achieved by most students. Most of the students, despite expressing language and physical symbols, made mistakes in the explanations, taking into account aspects that physics despises. These results are frequently reported in the literature.

Key words: Physics Teaching, Magnetism, experimental, low cost materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 questão 54 do caderno amarelo da prova de ciências da natureza e suas tecnologias ENEM 2013...31
Figura 2 questão 55 do caderno amarelo da prova de ciências da natureza e suas tecnologias ENEM 2013...31
Figura 3 questão 18 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005. 33
Figura 4 questão 8 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005. 34
Figura 5 questão 20 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005. 34
Figura 6 questão discursiva 3 ENADE 2014 licenciatura em física. 35
Figura 7 esquema da regra da mão direita para determinar o sentido da força magnética. 42
Figura 8 esquema representando as linhas de campo magnético em um ímã. 42
Figura 9 regra da mão direita ou regra de ampère, auxiliando na determinação do sentido do campo magnético em volta do condutor retilíneo. 43
Figura 10 trecho de um solenoide esticado visto de perfil. São mostradas as partes traseiras de cinco espiras e as linhas de campo magnético associadas. 45
Figura 11 detalhamento do esquema das duas versões do motor de Faraday (com ímã móvel e com fio móvel). 47
Figura 12 a) um observador no polo norte de um ímã em aproximação identificaria o lado visível da espira como um polo norte de outro ímã, provocando afastamento. b) um observador no polo norte do ímã em afastamento olharia para a espira e veria o polo sul de outro ímã, que o atrairia. 51
Figura 13 equipamentos confeccionados para utilizar no experimento de Oersted. 55
Figura 14 professor e alunos durante a realização do experimento que reproduziu a experiência de Oersted. 55
Figura 15 perguntas e resposta do estudante 1. 56
Figura 16 perguntas e as respostas do estudante 2. 57
Figura 17 resposta do estudante 1. 57
Figura 18 resposta do aluno 3. 58
Figura 19 resposta do estudante 3. 58
Figura 20 representação do campo magnético em volta de fio retilíneo feito pelo estudante 3. 58
Figura 21 arranjo experimental do motor elétrico de Faraday. 59
Figura 22 respostas do estudante 5. 60
Figura 23 (a) estudantes manipulando o equipamento, (b) estudante manipulando o equipamento e outros observando. 60
Figura 24 perguntas e as respostas do estudante 5. 61
Figura 25 resposta do estudante 6. 61
Figura 26 do lado esquerdo, prego enrolado com duas voltas de fio de cobre esmaltado, no direito o eletroímã pronto. 62
Figura 27 professor orientando os estudantes. 62
Figura 28 representação das linhas de campo magnético em um solenoide feita pelo grupo 1A. 63
Figura 29 Questão 13 e 14 do teste de sondagem com as respostas do aluno 1. 69
Figura 30 respostas de dois alunos quando estimulados a criarem uma hipótese sobre o movimento da agulha da bússola na atividade 1. 71
Figura 31 representação do campo magnético em torno de um fio retilíneo feito por estudantes. 77
Figura 32 representação feita por alunos das linhas de campo magnético para um solenoide. 78
Figura 33 representações equivocadas das linhas de campo magnético em solenoide feita por estudantes. 79
Figura 34 representação do campo magnético terrestre feito pelos estudantes. 79
Figura 35 esquema que os alunos quatro e cinco fizeram para responder ao item dez do teste de sondagem. .83

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 objetos de aprendizagem e habilidades a serem desenvolvidas 54
Tabela 3 repostas de alunos no teste de sondagem quando perguntado: O que você conhece a respeito do magnetismo?.....66
Tabela 4 respostas de alguns estudantes quando perguntados: Quais as propriedades dos ímãs que você conhece? 67
Tabela 5 respostas dos estudantes quando perguntados: O que você entende por campo magnético?.....68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16

2.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO RECURSO DIDÁTICO 16

2.1.2 Contribuições das Atividades Experimentais no Ensino de Física 17

2.1.3 Obstáculos no Uso de Atividades Experimentais 19

2.1.4 Experimentação nos PCN+ 20

2.1.5 Experimentação com materiais de baixo custo 20

2.2 A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY 21

2.3 A TAXONOMIA DE BLOOM 26

3. UM BREVE HISTÓRICO DO MAGNETISMO 36

3.1 CAMPO MAGNÉTICO 40

3.2 FORÇA MAGNÉTICA EM UM FIO PERCORRIDO POR UMA CORRENTE 46

3.3 A LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY 48

3.4 LEI DE LENZ 50

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS 52

4.1 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA 53

4.1.1 Atividade 1: Corrente Elétrica e o Campo Magnético – reproduzindo o experimento de Oersted 54

4.1.2 Atividade 2: Motor Elétrico de Faraday 59

4.1.3 Atividade 3: Faça você mesmo! Construindo e identificando os polos norte e sul de um eletroímã 61

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 65

5.1 RESULTADO DO TESTE DE SONDAGEM (PRÉ-TESTE) 66

5.2 A MEDIAÇÃO 70

5.3 ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL DURANTE A INTERVENÇÃO DIDÁTICA 72

5.4 RESULTADO DO TESTE FINAL 73

6. CONCLUSÕES 84

REFERÊNCIAS 87

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS (SOBRE MAGNETISMO) 92

APÊNDICE B – TESTE FINAL 96

APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL 98

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas muitas pesquisas relacionadas ao ensino–aprendizagem em Física mostram que, principalmente no nível médio, as principais causas para os problemas enfrentados nas salas de aula em relação ao processo de aprendizagem são: o número elevado de estudantes por turma, falta de professores habilitados em Física para o exercício da docência, a ausência de equipamentos que colaborem com atividades práticas e experimentais, as dificuldades metodológicas e didáticas, a falta de domínio dos conteúdos ministrados nas aulas e, também, a concepção do professor sobre ensino-aprendizagem em Física (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Se um professor não domina os conceitos básicos de uma disciplina, provavelmente não poderá oferecer um bom ensino aos estudantes. No entanto, até mesmo o docente que tem o domínio e a facilidade de explicar certo conteúdo pode fazê-lo de forma inadequada, quando ele se comporta como um simples transmissor de informações oferecendo aos estudantes uma educação bancária (FREIRE, 1997). Há também, aquele docente que apresenta a Física como sendo uma ciência que descreve a natureza de forma exata, difícil e complexa, da qual apenas ele tem o domínio, e por isso tem o respeito dos alunos.

Além disso, tem o problema da testagem, ou seja, professores devem preparar os estudantes para serem testados nas provas, sejam elas locais, nacionais ou internacionais. Os discentes devem alcançar boas notas. Segundo Moreira, tudo isso é um grande equívoco, professores não passam de treinadores e as escolas são centros de treinamento. As escolas que conseguem aprovar o maior número de estudantes nos exames externos são consideradas as melhores. Os estudantes são todos treinados para passarem no mesmo exame. No caso da Física, os estudantes recebem essa educação para a testagem, passam nos testes mas, terminam o Ensino Médio com pouco conhecimento na disciplina (MOREIRA, 2018).

Outro ponto que deve ser chamado atenção são as situações-problemas que são utilizadas no ensino de Física. Elas devem fazer sentido para os estudantes. É importante que as primeiras situações façam parte do contexto social dos educandos, e em seguida, novas situação são inseridas. É um erro não aproveitar o conhecimento espontâneo dos estudantes utilizando situações descontextualizado da sua realidade (MOREIRA, 2018).

Tal situação, é percebida quando o estudante apresenta dificuldade em relacionar a teoria vista na sala de aula, com situação vivenciadas no seu cotidiano. Segundo Serafim, o estudante não é capaz de aprender a teoria, se não reconhece o conhecimento científico em situações da sua realidade (SERAFIM, 2001). Freire afirma que é preciso experimentar a teoria para poder compreendê-la. Isto quer dizer que, a realização de experimentos é uma ferramenta fundamental no ensino de Física para que o estudante realize a inseparável dinâmica entre teoria e prática (FREIRE, 1997).

O professor de Física precisa criar um ambiente motivador com metodologias diferenciadas e materiais adequados para potencializar a construção de conhecimentos e a aprendizagem. Batista e colaboradores afirmam que o desenvolvimento de atividades experimentais vem se mostrando uma possibilidade de transição entre o modelo tradicional de ensino e a construção de uma forma alternativa de ensinar Física (BATISTA; ALTOÉ; BRUGNOLLE, 2009).

Portanto, partindo da concepção de que atividades experimentais desempenham um papel importante no ensino de Física foi proposto um projeto que tem como objetivo o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional em forma de uma sequência didática elaborada para abordar tópicos do conteúdo de eletromagnetismo. As atividades propostas têm como base a utilização de aparatos experimentais confeccionados com material de baixo custo ou de fácil aquisição.

Para a análise do estudo foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa com enfoque descritivo e interpretativo, para examinar a aprendizagem dos estudantes perante a aplicação de uma sequência didática utilizando práticas experimentais. A coleta de dados foi realizada através de anotações de campo, questionários, mapa conceitual e entrevistas. Para o tratamento dos dados realizou-se a análise textual discursiva das respostas dos alunos participantes da pesquisa.

No decorrer deste trabalho serão apresentados os fundamentos teóricos, a metodologia aplicada, a execução e resultados obtidos com a intervenção didático-pedagógica aplicada.

No Capítulo 2 será apresentado uma revisão bibliográfica sobre os temas: as contribuições das atividades experimentais no ensino de Física; A teoria histórico-cultural de Vygotsky e a taxonomia de Bloom. O capítulo 3 foi reservado para o conteúdo de eletromagnetismo aplicado durante a intervenção didático-pedagógica. Já a metodologia e as sequências didáticas utilizadas nesse trabalho podem ser vistam nos capítulos 4,

respectivamente. O capítulo 5 mostra os principais resultados e discussão da pesquisa. Por fim, as considerações finais foram apresentadas no capítulo 6. O produto educacional está apresentado no Apêndice do trabalho e pode ser consultado à parte da dissertação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há várias maneiras de se realizar um experimento, isso vai depender dos objetivos de conhecimento e das competências educacionais que ele quer atingir. A forma clássica é aquela que o estudante aprende a manusear um equipamento, a utilizar materiais servindo-se de um método, variando parâmetros e observando um fenômeno (SÉRÉ, 2003).

Outra alternativa de abordagem é aquela em que o conceito da física não é posta em questão, ele é utilizado para calcular um parâmetro, igualmente o que é feito em um laboratório experimental de ensino. Como exemplo, calcular a aceleração da gravidade através de algumas variáveis obtidas *in loco*. Pode-se também, comparar métodos experimentais, nesse caso, é necessário utilizar uma competência à mais que a de avaliar. Essa competência raramente é utilizada nas atividades experimentais, o que é uma pena, pois ao pedir a um estudante para avaliar o método, o professor instiga-o a perceber que a resposta é uma informação, um julgamento dos parâmetros e não apenas um resultado (SÉRÉ, 2003).

Uma proposta que é cada vez mais considerada, consiste em analisar sob diferentes aspectos um conjunto de dados referentes a um fenômeno. Graças à informática, é possível, coletar dados, testá-los e encontrar modelos diferentes através da simulação computacional. Dessa forma, é possível comparar modelos e avaliar a validade de um conceito de física (SÉRÉ, 2003). Outra possibilidade aponta para as atividades de produção, onde os conhecimentos teóricos são utilizados diferentes do habitual. Nesse caso, é comum que os estudantes atuem por tentativas e erros, aplicando regras intuitivas, derivadas de seu conhecimento espontâneo, e não de princípios físicos(SÉRÉ, 2003).

Diante do o que foi exposto acima, o professor tem várias opções e pode escolher entre os enfoques, aquele que deseja aplicar na sua atividade experimental.

2.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL COMO RECURSO DIDÁTICO

A atividade experimental é um importante recurso didático e necessita ser analisada como elemento fundamental da educação científica, sendo como tal, formadora de habilidades, competências e atitudes que levam os estudantes à compreensão do papel cultural e social da

ciência. Porém, raramente tais elementos fazem parte das reflexões dos professores (SANTOS; PIASSI; FERREIRA, 2004).

No Ensino Médio, os estudantes ainda são adolescentes imaturos, sendo assim, para que eles participem de maneira prazerosa do processo educativo, as aulas devem ser interessantes e a aprendizagem atrativa. A atividade experimental é uma das possibilidades para prender a atenção desses alunos e assim ampliar o raciocínio logico, a curiosidade e facilitar a aprendizagem (PERIN; GUILHEM, 2012). As atividades experimentais propostas na nossa pesquisa podem favorecer o aprendizado, aumentar o interesse, motivar a participação dos estudantes, promover debates, desenvolver a curiosidade e conscientiza-los sobre a importância das Ciências nas suas vidas. As atividades práticas podem assumir um papel fundamental na aprendizagem através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do conhecimento escolar em ciências (PERIN; GUILHEM, 2012).

No entanto, a prática experimental não é a solução dos problemas de aprendizagem. Existe a necessidade do caráter reflexivo, em que o estudante integre os conhecimentos teóricos à prática. Segundo Borges (2002), para se promover essas atividades leva-se em consideração alguns quesitos, ter em mente que os estudantes são o centro do processo de aprendizagem, respeitar os conhecimentos dos alunos, que o professor assuma o papel de mediador entre a tarefa e o grupo com a intervenção nos momentos de dúvidas, estabelecer problemas abertos sem roteiros pré-definidos, propiciar junto aos estudantes atividades investigativas, desafiadoras e motivadoras que levem a discussão e compreensão dos resultados.

2.1.2 Contribuições das Atividades Experimentais no Ensino de Física

Há vastas possibilidades de se empregar as atividades experimentais como estratégias de ensino em Física, estudos revelam que essas podem ser utilizadas desde à verificação de teorias e leis, até situações que contemplem a possibilidade de os estudantes refletirem sobre suas ideias a respeito de determinado fenômeno e os conceitos abordados. Dessa forma, podendo atingir um nível de aprendizado que lhe permita criticidade sobre os fenômenos (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Ainda de acordo com Araújo e Abib, infelizmente, grande parte dos livros didáticos e dos manuais disponíveis para auxiliar os docentes no seu trabalho ainda consiste no tipo “livro de receita”, ligados a uma abordagem de ensino tradicional, limitada a demonstrações fechadas e verificação ou confirmação de conceitos definidos, o que sem dúvida, não é o objetivo das atuais propostas de ensino de física significativo e consistente (ARAÚJO; ABIB, 2003).

A experimentação como estratégia de ensino em Física apresenta várias vantagens, como apontam estudos analisados por diversos autores. Em seu trabalho, Araújo e Abib analisou cento e seis artigos publicados no Caderno Catarinense de Ensino de Física e no Revista Brasileira de Ensino de Física entre os ano de 1992 e 2001 buscando caracterizar as principais tendências de como essas atividades experimentais vinham sendo desenvolvidas, os autores destacaram que, em relação ao direcionamento das atividades experimentais, elas apresentam caráter de demonstração, verificação e investigação (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Segundo Araújo e Abib, as atividades de demonstração/observação têm como características mais marcante, ilustrar aspectos dos fenômenos físicos tratados, tornando-os perceptíveis para os estudantes facilitando as representações concretas do observado. Entretanto, através da observação de sua pesquisa constata-se que elas são desenvolvidas através de duas metodologias bem distintas, denominadas: demonstração fechada e demonstração/observação aberta (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Nesse sentido, as demonstrações fechadas focam principalmente na ilustração de um determinado fenômeno físico, nesse caso o professor é o centro das atenções, pois é ele quem realiza a atividade, já as atividades de demonstração/observação aberta implementam características que flexibilizam a abertura de discussões que podem permitir o aprofundamento dos aspectos teóricos e práticos que estão em estudo, inclusive dos equipamentos que estão sendo utilizados, possibilitando o levantamento de hipótese e estimulando a criticidade dos estudantes. As atividades de verificação “são caracterizadas por uma maneira de se conduzir a atividade experimental na qual se busca a verificação da validade de alguma lei física, ou mesmo de seus limites de validade” (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Esse tipo de atividade pode contribuir para tornar o ensino mais realista, motivar os estudantes, desenvolver a capacidade de promover generalizações a partir dos dados coletados, facilitar a compreensão e a interpretação dos parâmetros que constituem um sistema físico, além de promover uma aprendizagem mais participativa. Com relação ao dito, Araújo e Abib ressaltam que apesar destas atividades apresentarem limitações, espera-se que quando

conduzidas adequadamente, elas também contribuam para o desenvolvimento de conhecimento, promovendo importantes habilidades nos alunos, tais como, a reflexão, a capacidade de realizar generalizações e atividades em equipe, como também o aprendizado que envolve o tratamento de dados estatísticos e a oportunidade de avaliar os limites de validades dos modelos científicos. As atividades experimentais investigativas podem propiciar aos estudantes o desenvolvimento da observação, a capacidade de criarem hipóteses e testa-las, de descrever fenômenos físicos, tudo isso colabora para o desenvolvimento intelectual dos alunos. Segundo Araújo e Abib, é possível obter vários objetivos educacionais, pois estas atividades possuem grande flexibilidade metodológica quando comparadas com as atividades de verificação e de observação. O próprio caráter investigativo dessas atividades pode ser considerado um elemento facilitador para uma abordagem centrada nos aspectos cognitivos dos estudantes para o processo de ensino-aprendizagem. (ARAÚJO; ABIB, 2003).

2.1.3 Obstáculos no Uso de Atividades Experimentais

A utilização de atividades prático-experimentais no ensino de Física vem sendo debatida no decorrer dos anos. Há pelo menos três décadas, pesquisadores brasileiros divulgam novas propostas pedagógicas, melhorias nas condições de trabalho e na qualidade do ensino. Apesar de todo esse esforço, boa parte dos resultados das pesquisas desenvolvidas não chega às salas de aula. A baixa repercussão das propostas curriculares, pequena adesão às novas formas de abordagens e a ausência de atividades experimentais nas escolas comprovam isso (PENA; FILHO, 2009).

Para os autores Coelho, Nunes e Wiehe, os fatores que contribuem para a falta ou realização não sistemática de atividades experimentais na disciplina de física estão relacionadas, na maioria das vezes, à falta de material e apoio pedagógico das instituições de ensino e também nas limitações na formação dos professores com relação ao conhecimento experimental (COELHO; NUNES; WIEHE, 2008).

Outros fatores que podem ser apontados como obstáculos nas realizações de atividades experimentais no ensino de Física são: indisponibilidade de tempo atrelado às exigências do cumprimento do currículo, ausência de infraestrutura nas escolas (Laboratório Didático de Física ou Ciências), características de comportamento da turma (mau comportamento, falta de

interesse), número excessivo de estudantes por sala e capacitação insuficiente dos professores para a realização de experimentos no ensino (WESENDONK; TERRAZZAN, 2015).

2.1.4 Experimentação nos PCN+

É indispensável que a experimentação esteja presente ao logo de todo o processo de aquisição das competências em física, focando-se no fazer, manusear, agir, operar, em diferentes níveis e de diferentes formas. É desenvolvendo a curiosidade e o poder de indagação dos estudantes que se pode garantir a construção do conhecimento do mesmo, evitando que ele acredite na ciência como uma verdade absoluta (BRASIL, 2002).

De acordo com os *PCNs+* do Ensino Médio, é preciso retomar o papel da experimentação, tornando-lhes mais abrangentes, prosseguindo além das abordagens mais tradicionais. Portanto, evitando práticas que se reduzem a execução de um manual como de uma lista de receita. É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, quanto também com kits com equipamentos mais modernos. A questão principal não é materiais utilizados, e sim, as competências que serão desenvolvidas durante a realização atividade (BRASIL, 2002).

Nos *PCNs+*, experimentar pode ser observar situações e fenômenos a seu alcance, na escola, em casa ou na sua rua, demonstrar objeto ou instrumento tecnológicos, construir aparelhos ou objetos simples. Também pode envolver desafios, qualificando, estimando ou estabelecendo soluções para problemas reais do dia-a-dia.

2.1.5 Experimentação com materiais de baixo custo

Como foi citado nas seções anteriores, um dos obstáculos encarados por professores de Física na utilização atividades experimentais é a ausência do Laboratório Didático. Quando ele existe, não há materiais ou equipamentos específicos para a realização dos trabalhos. Uma das alternativas para minimizar esse problema é a utilização de materiais de baixo custo. Em geral, eles permitem a realização de experimentos sem a necessidade de um laboratório, além de propiciar aos estudantes uma compreensão dos fenômenos que estão sendo estudados.

A utilização de materiais de baixo custo deve ser uma opção didática, e não apenas, um improviso ou quebra galho. Segundo Ribeiro (1955), montagens com aparelhos ou equipamentos improvisados confeccionados com recursos mais modestos devem ser usados não apenas como uma emergência, e sim como estratégia desejável para incentivar a criatividade e desenvolver a capacidade construtiva dos alunos (RIBEIRO, 1955).

Nos dias atuais isso é ainda mais necessário, crianças e adolescentes não são estimulados a construir os seus brinquedos, a sociedade baseada no consumismo entrega tudo pronto nas suas mãos. Na utilização de um equipamento construído por ele, o estudante, atua de maneira mais racional, pois conhece o funcionamento e as limitações do equipamento. Assim, a sua participação será mais ativa e menos mecânica, e provavelmente, sua aprendizagem mais eficiente.

A familiaridade dos materiais utilizados na construção de um instrumento aproxima o estudante do saber científico, pois mostra que a física está à sua volta, e se aplica a um mundo real. Portanto, a proposta de utilização de materias de baixo custo nas atividades experimentais não é apenas uma questão de obtenção de recursos, e sim uma necessidade de que o estudante tenha a possibilidade de ampliar os processos do conhecimento através da construção e da manipulação do objeto de estudo.

2.2 A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY

A teoria histórico-cultural desenvolvida por Vygotsky tem como objetivo estabelecer respostas contundentes aos problemas inerentes à psicologia, com o intuito de construir uma única teoria levando em consideração às teorias já existentes. Para esse estudioso, a tarefa fundamental da psicologia seria a de reconstruir a origem e a forma de como o desenvolvimento da consciência humana ocorreu. Diante dessa convicção a respeito da psicologia, Vygotsky construiu uma teoria que uniu a personalidade com o meio social (WERNER DA ROSA; BECKER DA ROSA, 2004).

Para Vygotsky, a interação social desempenha um papel importante no desenvolvimento do ser humano. Dentre as suas contribuições, umas das mais importantes para a psicologia e para a educação é a explicação dada à forma de como o processo de desenvolvimento humano

é socialmente construído e como a aprendizagem e o desenvolvimento estão relacionados. Para tanto, o mesmo assumiu um posicionamento diferente dos já existentes, focando suas ideias no aspecto histórico-cultural da psicologia, propondo que a mesma baseia-se em quatro pilares determinantes, que são: a mediação, a internalização do conhecimento, a zona de desenvolvimento proximal e a formação do conceito (WERNER DA ROSA; BECKER DA ROSA, 2004).

O nosso trabalho desenvolveu atividades experimentais baseadas nas etapas da construção da aprendizagem e no desenvolvimento humano proposto por Vygotsky, ademais, considerou o contexto histórico e cultural dos estudantes, valorizou uma linguagem simples, objetiva e próxima a dos estudantes. Além disso, priorizou não só a interação entre os próprios estudantes, mas também entre estudantes e professor.

A mediação é a etapa de desenvolvimento do pensamento que trata da presença de estímulos e signos capazes de modificar as atividades psíquicas do homem. Para Vygotsky, o pensamento era compreendido como sendo algo além das habilidades mentais, era sua relação com o contexto histórico e cultural inerentes à coletividade humana. Já o termo atividades psíquicas deve ser entendida como a memória, a atenção e abstração (VYGOTSKY, 1991).

Segundo Oliveira, o conceito de mediação possui dois pontos complementares: o primeiro é a ideia de que o ser humano é capaz de agir mentalmente sobre o ambiente em sua volta, o segundo é a existência de um tipo de conteúdo mental simbólico, ou seja, representações dos objetos, das situações e eventos do mundo real do indivíduo no seu universo imaginário. Essa capacidade de representar o real com situações simbólicas possibilita o homem a estabelecer relações mentais na falta de referências concretas, imagine coisas ainda não vivenciadas, planeje o futuro, enfim, transcenda o tempo presente. Operar com sistemas simbólicos, desenvolvimento da abstração e a generalização permite ainda formas de pensamentos que não seriam possíveis e definir um avanço nos processos psicológicos superiores. O desenvolvimento da linguagem é um exemplo de um sistema simbólico (OLIVEIRA, 1992).

Segundo Vygotsky, a interação social provoca a mudança e o desenvolvimento das funções psíquicas superiores. Para ele, o desenvolvimento do pensamento do ser humano inicia-se com fatores sociais e vai para os fatores individuais. Por exemplo, considerando uma criança um ser social a partir do momento do seu nascimento, já a linguagem um fator histórico-cultural (VYGOTSKY, 1991).

Os sistemas simbólicos entre o indivíduo e o objeto de conhecimento têm origem social. Desse modo, é através da cultura que o sujeito adquire o conjunto de símbolos que representem a realidade, e por meio deles, o universo de significados que permite a interpretação dos dados do mundo real. Durante o seu desenvolvimento, o indivíduo internaliza comportamentos que foram passados culturalmente num processo onde as atividades externas, transformam-se em atividades internas. As funções psicológicas superiores, portanto, são construídas de fora para dentro de um indivíduo. Sendo assim, o processo de internalização é fundamental para o desenvolvimento do psicológico humano (OLIVEIRA, 1992).

Sobre o conceito de zona de desenvolvimento proximal, Vygotsky afirma que está relacionado com as funções que ainda não amadureceram, e que estão nesse processo de amadurecimento e que amadurecerão, estando presente em fase inicial. Esse conceito tem como base a existência de uma diferença entre o conhecimento obtido quando alguém desenvolve uma tarefa sozinho, chamada de nível de desenvolvimento real e quando desempenha uma atividade com a ajuda de outra pessoa, que pode ser um adulto ou até mesmo com a cooperação de uma criança, chamado de nível de desenvolvimento potencial (VYGOTSKY, 1991).

Através do conceito de zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky, é possível averiguar os ciclos de aprendizagens já concluídos, e também os que estão se formando, permitindo a análise da competência adquirida pela criança como também o planejamento das estratégias pedagógicas para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais eficiente (REGO, 1996).

Em relação à formação de conceito, Vygotsky afirma que se caracteriza pelo conflito entre conhecimento científico e o espontâneo. Sendo o conhecimento científico os conceitos que são assimilados de maneira sistematizada através de métodos pedagógicos específicos decorrentes do processo de ensino-aprendizagem que ocorrem no ambiente escolar. Já o conhecimento espontâneo é aquele que a criança aprende no seu dia-a-dia através de experiências vivenciadas no próprio ambiente. Para Vygotsky, esses dois conceitos unem-se e transformam-se em um único processo chamado de formação dos conceitos. Pode-se dizer que, a formação dos conceitos é influenciada de várias maneiras, porém, o aprendizado escolar é o que impulsiona o desenvolvimento mental da criança (VYGOTSKY, 1991).

A escola é considerada o lugar ideal para a aquisição do conhecimento científico. Porém, esse apresenta-se associado ao espontâneo, cujo foco está nas experiências vivenciadas pela criança com o mundo que o cerca. Para Vygotsky, quando os conceitos científicos evoluem, os espontâneos também avançam, tornando a relação entre os dois cada vez mais integrada.

Portanto, para Vygotsky, as funções psíquicas superiores pertencentes ao ser humano são provenientes das características biológicas individuas de cada um e da interação histórico-cultural com o ambiente social onde ele está inserido. Vygotsky também afirma que a relação do indivíduo com o meio se dá através de signos e símbolos adquiridos do meio onde ele se encontra. É através dessa relação que as funções psíquicas superiores de um ser humano são construídas e refletem-se em ações no mundo em sua volta. Para ele, a aprendizagem está ligada de forma direta com o desenvolvimento (VYGOTSKY, 1991).

Ainda de acordo com a teoria histórico-cultural de Vygotsky, os sujeitos ao entrarem em contato com objetos ou com outros membros da sociedade, ocorre a internalização dos símbolos e signos culturais que ajudam no desenvolvimento das suas atividades psíquicas e na sua personalidade. Nesse processo, a escola tem um papel importante, pois, além de difundir o conhecimento científico acumulado pela humanidade, o aprendizado adquirido na escola exerce influência no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, exatamente quando elas estão em amadurecimento (REGO, 1996). O conhecimento científico adquirido na escola é potencialmente promotor de Zonas de Desenvolvimento Proximal, que por sua vez, com a intervenção do professor ou de outra pessoa, poderão ser superadas mais tarde. Porém, quando se considera a disciplina de Física, principalmente observando-se resultados escolares, nota-se que o aprendizado dos conhecimentos físicos não é satisfatório. É conhecido por professores de Física que estudante do ensino básico e universitários apresentam dificuldades ou compreensão limitada dos conhecimentos físicos já estudados (BARBOSA; BATISTA, 2018).

Mas, retomando a teoria de Vygotsky, tal situação implica dizer que, a zona de desenvolvimento proximal dos estudantes durante o ensino da Física não é alcançada por causa da deficiência das explicações ou por métodos de ensino ineficientes. Para Robilotta e Babichak, esse fato ocorre devido à ênfase no ensino e na aprendizagem de definições, tais como, força é isso, energia é aquilo, entre outros. Prática rotineira nas escolas brasileiras e que requer dos alunos muita abstração e consciência sobre suas próprias concepções (ROBILOTTA, M. R., & BABICHAK, 1997).

Para Vygotsky, a maior dificuldade para os alunos é entender a aplicação de um conceito ensinado de forma abstrata, ou seja, a transposição didática do abstrato para o concreto. Essa transferência, em geral, só ocorre durante o final da adolescência. A transição do abstrato pra o concreto é tão difícil para o jovem quanto a transição primitiva do concreto para o abstrato (VYGOTSKY, 1897).

Portanto, sobre esse fato, Vygotsky afirmou que o ensino direto por conceitos é desastroso e inconsistente. O professor que tenta aplicar essa estratégia equivocada, não consegue obter resultados positivos, exceto um verbalismo vazio, que não passa de uma repetição de palavras, assim como um papagaio, que repete palavras, mas não tem consciência do que está dizendo (VYGOTSKY, 1897).

Outro ponto importante no ensino de Física dentro da perspectiva de Vygotsky, é o papel da linguagem dentro do desenvolvimento mediado. Signos e símbolos que são familiares aos estudantes ajudam na internalização dos conceitos. O educador que utilizar uma linguagem próxima à do contexto sociocultural de seus educandos dentro da sua prática pedagógica, com certeza, obterá melhores resultados (WERNER DA ROSA; BECKER DA ROSA, 2004). Por exemplo, ao tratar sobre o cálculo do campo magnético utilizamos figuras simétricas que já eram conhecidas dos estudantes, isso facilitou o processo e foi possível aplicar a lei de Ampère.

Do mesmo modo, em relação à aprendizagem escolar, Vygotsky reconheceu a importância do social na aquisição de conhecimento, que pode ser ocasionado pelo convívio do estudante na escola ou pela forma que o professor mediador trata o processo de ensino-aprendizagem. Vygotsky exalta a importância do fator sociocultural para o desenvolvimento e para a aprendizagem da criança, enfatizando a interdependência dos envolvidos no processo (VYGOTSKY, 1991).

É através de Vygotsky que a aprendizagem escolar atinge o fator social, da interação dos indivíduos, isso fica claro quando ele trata do conceito de zona de desenvolvimento proximal que se caracteriza pelo espaço entre o nível de desenvolvimento real do estudante e o nível de desenvolvimento potencial. Quando esses aspectos são levados em consideração, a aprendizagem escolar tende a ser mais eficiente, alcançando um grupo maior de estudantes. A interação entre estudantes de forma cooperativa no processo de aprendizagem permite a troca de experiências onde, os “mais avançados” ajudam os “mais atrasados”. Para Vygotsky, aquilo que um estudante consegue fazer com o auxílio de um professor hoje, será capaz de executar sozinho amanhã (VYGOTSKY, 1991).

No ensino da Física é importante que a prática seja voltada para a interação entre os sujeitos da sala de aula (professores e alunos), baseado na troca de experiências, no diálogo e na participação coletiva. A nossa Sequencia didática deu oportunidade aos estudantes de expor suas ideias, contribuindo para a aprendizagem coletiva, valorizando o aprendizado como um processo cognitivo em vez de mecânico. O problema é que, o atual ensino de Física é voltado para a simples transmissão de conteúdo, o professor assume o papel central do processo e

acredita ser o detentor de todo o conhecimento. Entretanto, o ensino baseado no diálogo, valoriza a realidade histórico-cultural e social dos estudantes. Ter a consciência da importância dessa dimensão, parece ser um desafio para professores. Portanto, o professor tem a obrigação de levar o fato em conta, baseando seus ensinamentos sempre no pressuposto que os estudantes possuem conhecimentos prévios (conhecimento espontâneos). Afinal de contas, ele interage com uma sociedade que obrigatoriamente transmite conhecimento, mesmo que seja de forma assistemática e informal. É na tentativa de aproximar os conhecimentos espontâneos dos estudantes com os científicos, que os educadores devem embasar as suas práticas pedagógicas, essa estratégia potencializa o processo de ensino-aprendizagem (WERNER DA ROSA; BECKER DA ROSA, 2004).

Apesar de Vygotsky não ter desenvolvido sua teoria baseando-se na aprendizagem escolar. Essa teoria tem desempenhado papel importante junto aos educadores que buscam melhorar a eficiência no ensino. A proposta de Vygotsky pode ser praticada durante o cotidiano da sala de aula sem a necessidade de alterá-la, ou seja, não é preciso investimentos financeiros, por se tratar da forma como os seres humanos desenvolvem o aprendizado, orientando as estratégias que o professor deve adotar para ensinar.

Especificamente no caso da nossa pesquisa, a teoria interacionista de Vygotsky proporciona ênfase no papel da interação social do indivíduo no processo da aprendizagem, encurtando a distância entre os conceitos espontâneos (aqueles que são adquiridos no dia-a-dia) e os de natureza científica (aprendidos na escola) sem a necessidade de recursos tecnológicos ou de técnicas sofisticadas de ensino.

2.3 A TAXONOMIA DE BLOOM

Definir e decidir os objetivos de aprendizagem talvez seja uma das tarefas mais difíceis dentro do processo educacional, isso significa estruturar o processo, de forma consciente, para promover mudança de pensamento, ações e conduta. Essa estruturação só é possível através de um planejamento relacionado à escolha de procedimentos, de conteúdo, de atividades, de instrumentos de avalição, de estratégias, de metodologia e de recursos que serão aplicados em determinado intervalo de tempo no processo de ensino-aprendizagem. A definição clara dos objetivos de aprendizagem desejando a aquisição de conhecimento, habilidades e competências

apropriadas aos estudantes guiarão o processo de ensino, levando à escolha de estratégias, de delimitação de conteúdo, instrumentos de avaliação e métodos que serão adotados para obtenção de uma aprendizagem efetiva (FERRAZ; BELHOT, 2008).

Dentro desse contexto, um instrumento que pode ajudar no processo de ensino-aprendizagem e aplicado no ensino médio, é a taxonomia de Bloom, proposta por Bloom et al. (1956) e revisado por David Krathwohl e seu grupo de especialistas (2001). Na nossa pesquisa a Taxonomia de Bloom tem o objetivo de apoiar o planejamento, organizar e controlar os objetivos de aprendizagens. Além de oferecer algumas vantagens, segundo (BLOOM, 1956) fornece fundamentação para desenvolver instrumentos de avaliação e estratégias adequadas para facilitar, estimular e avaliar o desempenho dos estudantes em vários níveis de apropriação do conhecimento, auxilia os professores a ajudarem seus alunos de forma consciente e estruturada, a adquirirem competências específicas, a partir da necessidade de dominar habilidades mais simples para, depois, adquirirem as complexas.

Bloom (1956) estruturou as suas propostas em três domínios específicos: desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor (BLOOM, 1956), (FERRAZ; BELHOT, 2008) e (TREVISAN; AMARAL, 2016). Aqui, dar-se-á o foco no processo cognitivo.

O desenvolvimento cognitivo é no âmbito do saber, relacionado a aprender, dominar um conhecimento. Abrange desenvolvimento intelectual e aquisição de novos conhecimentos, atitudes e habilidades. Nesse domínio, os objetivos foram separados em seis categorias, e organizados de acordo com o grau de complexidade, respeitando uma hierarquia do mais simples para os mais complexos. Para passar à nova categoria, é necessário ter obtido conhecimento adequado na anterior. As categorias desse domínio são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação (BLOOM, 1956).

Para o domínio cognitivo, a Taxonomia de Bloom é organizada em níveis de complexidade crescente, partindo dos mais simples e indo para os mais complexos. Isso quer dizer que para um estudante avançar de nível, ele terá que dominar habilidade do nível anterior (BLOOM, 1956).

Bloom acredita que só após alguém conhecer algum assunto, é capaz de compreendê-lo e na sequência aplicá-lo. Dessa forma, a Taxonomia de Bloom não é apenas uma classificação, mas uma alternativa de organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com o grau de complexidade (FERRAZ; BELHOT, 2008). Muitos trabalhos foram publicados a partir da Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo, porém, com o surgimento de novas técnicas e

atendendo às necessidades das pesquisas na área da educação, a Taxonomia de Bloom foi revisada e adaptada ao contexto atual.

Após um período de revisão que se iniciou em 1990, a Taxonomia de Bloom foi alterada e, em 2001, foi publicado por Lorin Anderson, um relatório que foi supervisionado por David Krathwohl que havia participado do desenvolvimento da taxonomia original em 1956. A nova taxonomia passou a ser chamada de Taxonomia Revisada de Bloom. Com a mudança, o tipo de conhecimento passou a ser representado por substantivos e o processo para alcança-los por verbos. Os níveis do: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação foram substituídos por lembrar, entender, aplicar, analisar, criar e avaliar, respectivamente, (TREVISAN; AMARAL, 2016).

Para Anderson e colaboradores, o processo cognitivo deve ser entendido como o meio pelo qual um indivíduo constrói ou adquire conhecimento para mais tarde usá-lo para resolver problemas no seu dia-a-dia (ANDERSON et al., 2001). Depois da revisão, a Taxonomia de Bloom para os processos cognitivos manteve a mesma base, continua sendo seis categorias, agora com os nomes trocados como mostra a QUADRO 1.

Quadro 1 dimensão do processo cognitivo na taxionomia revisada de Bloom.

1. Lembrar: Relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdo. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.
2. Entender: Relacionado a estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”.
3. Aplicar: Relacionado a executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.
4. Analisar: Relacionado a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes.
5. Avaliar: Relacionado a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.
6. Criar: Significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente

adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

Fonte: (FERRAZ; BELHOT, 2008, p. 429)

A categoria Conhecimento na Taxonomia Revisada de Bloom também está relacionada com o conteúdo, assim como na taxonomia original, essa categoria passou a possuir quatro subcategorias, diferentemente da taxonomia publicada em 1956 que possuía apenas três, observe no Quadro 2.

Quadro 2 dimensão do conhecimento na taxionomia revisada de Bloom.

1. Conhecimento Efetivo/Factual: relacionado ao conteúdo básico que o discente deve dominar a fim de que consiga realizar e resolver problemas apoiados nesse conhecimento. Relacionado aos fatos que não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados.
2. Conhecimento Conceitual: relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e agora precisam ser conectados. Esquemas, estruturas e modelos foram organizados e explicados. Nessa fase, não é a aplicação de um modelo que é importante, mas a consciência de sua existência.
3. Conhecimento Procedimental/Procedural: relacionado ao conhecimento de "como realizar alguma coisa" utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar.
4. Conhecimento Metacognitivo: relacionado ao reconhecimento da cognição em geral e da consciência da amplitude e profundidade de conhecimento adquirido de um determinado conteúdo. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. A ideia principal é utilizar conhecimentos previamente assimilados (interdisciplinares) para resolução de problemas e/ou a escolha do melhor método, teoria ou estrutura.

Fonte: (TREVISAN; AMARAL, 2016, p. 455)

Na Taxonomia Revisada de Bloom foram combinados a Dimensão do Conhecimento (relacionada aos conhecimentos a serem adquiridos) e a Dimensão do processo cognitivo (associado ao processo para adquirir esses conhecimentos). Essas alterações originaram uma nova estrutura que facilitou a tarefa de definir os objetivos de aprendizagem e associá-los aos

instrumentos avaliativos, essa estrutura foi denominada Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom (ANDERSON et al., 2001).

A tabela foi organizada de maneira que, a coluna vertical pertence à dimensão do conhecimento e na horizontal fica o processo cognitivo. Nas células de intersecção das duas dimensões fica reservado para os objetivos de aprendizagem como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 caráter bidimensional na taxionomia revisada de Bloom

Dimensão do processo cognitivo	Dimensão do conhecimento			
	Efetivo	Conceitual	Procedimental	Metacognitivo
Lembrar				
Entender				
Aplicar				
Analisar				
Avaliar				
Criar				

Fonte: (FERRAZ; BELHOT, 2008, p. 456)

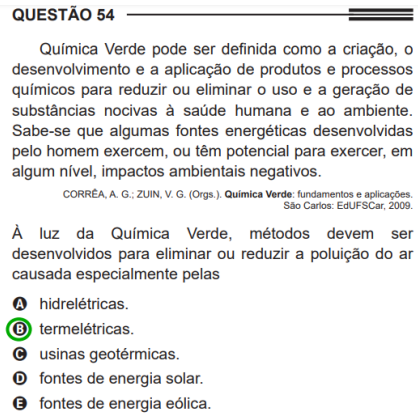
Enfim, esse instrumento deve ser aplicado com o objetivo de estruturar os objetivos educacionais, auxiliar os professores no planejamento pedagógico, orientar a escolha das estratégias e instrumentos avaliativos adequados para serem aplicados durante o processo de ensino-aprendizagem.

Vários trabalhos utilizaram a Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) para classificar os processos cognitivos tais como: (PINHEIRO et al., 2013), (OLIVEIRA; PONTES; MARQUES, 2016), (COSTA; MARTINS, 2017) e outros. Entre eles, destaca-se aqui (AFONSO; MARTINS, 2013) que utilizaram os exames do ENEM de 2009 a 2013, incluindo a prova que foi anulada no ano de 2009 e o simulado do MEC do mesmo ano, para analisar as questões de Física da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias com o intuito de classificar os níveis de abstração que são requeridos nessas questões, e analisou o processo cognitivo e a dimensão do conhecimento da TBR empregadas nos referidos exames. A FIGURA 1 mostra exemplos dessa classificação.

A questão aborda conhecimentos básicos sobre fontes energéticas e seus meios de conversão. Essa questão foi classificada na dimensão do conhecimento *Efetivo/factual*, pois não

há necessidade de combina-lo ou compreende-lo, apenas identifica-lo. Nessa situação, o estudante aplica o processo cognitivo do *Lembrar* relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdo.

Figura 1 questão 54 do caderno amarelo da prova de ciências da natureza e suas tecnologias ENEM 2013.



QUESTÃO 54

Química Verde pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Sabe-se que algumas fontes energéticas desenvolvidas pelo homem exercem, ou têm potencial para exercer, em algum nível, impactos ambientais negativos.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G. (Orgs.). **Química Verde**: fundamentos e aplicações. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

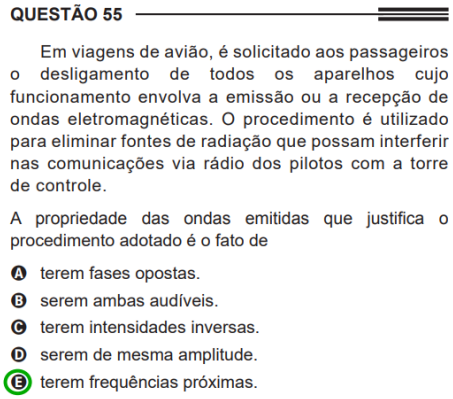
À luz da Química Verde, métodos devem ser desenvolvidos para eliminar ou reduzir a poluição do ar causada especialmente pelas

A) hidrelétricas.
B) termelétricas.
C) usinas geotérmicas.
D) fontes de energia solar.
E) fontes de energia eólica.

Fonte: (BRASIL, 2013)

A Figura 2 apresenta outro exemplo, questão 55 da prova de ciências da natureza e suas tecnologias presente no caderno amarelo ENEM 2013.

Figura 2 questão 55 do caderno amarelo da prova de ciências da natureza e suas tecnologias ENEM 2013.



QUESTÃO 55

Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

A) terem fases opostas.
B) serem ambas audíveis.
C) terem intensidades inversas.
D) serem de mesma amplitude.
E) terem frequências próximas.

Fonte: (BRASIL, 2013)

Essa questão também foi classificada na dimensão do conhecimento *efetivo/factual*. Porém, os processos cognitivos que o estudante deve utilizar é o *Entender* e *Aplicar*. O conhecimento requerido aqui é sobre fenômenos ondulatórios, especificamente sobre interferência, e apesar de ser básico, os estudantes precisam estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido e executar ou usar um procedimento numa

situação específica, podendo também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.

Nesse estudo, foram analisadas um total de 105 questões que abordavam os objetos de conhecimentos de Física aplicados nos exames, e todas foram classificadas através da tabela bidimensional da TBR. O quadro 4, a seguir, apresenta as quantidades de questões do ENEM classificadas por dimensão do conhecimento e por dimensão do processo de cognição encontradas por (AFONSO; MARTINS, 2013).

Quadro 4 quantidade de questões de física no ENEM (2009 –2013) classificadas na TBR.

Dimensão do conhecimento	Dimensão do processo cognitivo						
	Lembrar	Endentar	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar	Total
Conhecimento efetivo/factual	4	12	5	2	1		24
Conhecimento conceitual/princípios	9	51	18	8	13		99
Conhecimento procedural	4	25	18	6	2		55
Conhecimento metacognitivo							
Total	17	88	41	19	16		178

Fonte: (AFONSO; MARTINS, 2013)

Após a coleta e do tratamento das informação da sua pesquisa (AFONSO; MARTINS, 2013) propuseram que, a partir das matrizes de referência do ENEM, os professores de física podem construir seus planejamentos com base na Taxonomia de Bloom Revisada, isso ajudará na definição dos objetivos de aprendizagem, na escolha das estratégias pedagógicas, e também, nas atividades e instrumentos avaliativos que devem ser utilizados.

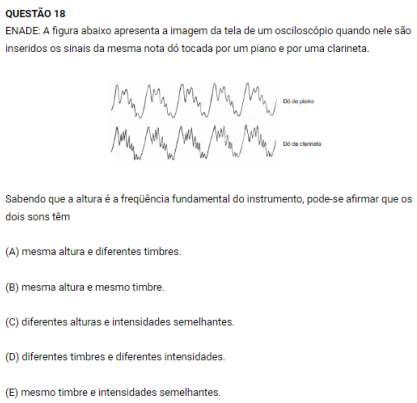
A falta de um planejamento pedagógico adequado pode acarretar em altos níveis de evasão escolar e até mesmo frustação de professores diante de estudantes que não alcançam os níveis de desenvolvimento cognitivo e nem as habilidades e competências desejadas. Esses resultados podem ser frutos da falta de compreensão dos objetivos pretendidos, das dificuldades das atividades realizadas, das técnicas instrucionais e dos critérios de avaliação utilizados (AFONSO; MARTINS, 2013).

Outro trabalho relevante para o ensino de física foi o de (COSTA; MARTINS, 2017) que analisou as questões das provas do ENADE (2005, 2008, 2011 e 2014) do curso de Licenciatura em Física, classificando pela TBR e exemplificando-se o processo em alguns itens das quatros edições dos exames analisados. Os dados foram apresentados em tabelas bidimensionais por edição do exame, em relação à dimensão do conhecimento abordado no QUADRO 2 e os processos cognitivos expostos no QUADRO 1.

Por exemplo, na dimensão do conhecimento *Efetivo* relacionado ao conteúdo básico necessários para resolução de problemas apoiados nesse conhecimento. O estudante precisa relacionar os fatos e reproduzi-los como apresentados, assim como: conhecimento da terminologia, de detalhes e elementos específicos. A

Figura 3 apresenta um exemplo no ENADE 2005 no item 18.

Figura 3 questão 18 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005.



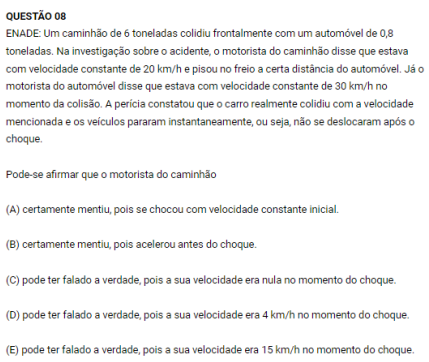
Fonte: (BRASIL, 2005)

A questão explora conceitos básicos das propriedades das ondas sonoras sem a obrigação de conhecimentos avançados para a resolução. A questão encontra-se na dimensão do conhecimento *Efetivo*, onde o estudante deve reconhecer uma informação ou situação, no caso, os conceitos de timbre e frequência de uma onda sonora, reproduzindo seu conhecimento no processo cognitivo do *Lembrar*.

O conhecimento *Conceitual* está relacionado à inter-relação dos elementos básicos num contexto mais elaborado que os discentes seriam capazes de descobrir. Elementos mais simples foram abordados e agora precisam ser conectados. Nessa fase, os estudantes devem ter conhecimentos de estruturas, modelos e generalizações e serem capazes de relacioná-las com

as informações apresentadas. A questão 8 do ENADE 2005, vista na Figura 4, é um exemplo do que foi exposto na sentença anterior.

Figura 4 questão 8 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005.



QUESTÃO 08

ENADE: Um caminhão de 6 toneladas colidiu frontalmente com um automóvel de 0,8 toneladas. Na investigação sobre o acidente, o motorista do caminhão disse que estava com velocidade constante de 20 km/h e pisou no freio a certa distância do automóvel. Já o motorista do automóvel disse que estava com velocidade constante de 30 km/h no momento da colisão. A perícia constatou que o carro realmente colidiu com a velocidade mencionada e os veículos pararam instantaneamente, ou seja, não se deslocaram após o choque.

Pode-se afirmar que o motorista do caminhão

(A) certamente mentiu, pois se chocou com velocidade constante inicial.

(B) certamente mentiu, pois acelerou antes do choque.

(C) pode ter falado a verdade, pois a sua velocidade era nula no momento do choque.

(D) pode ter falado a verdade, pois a sua velocidade era 4 km/h no momento do choque.

(E) pode ter falado a verdade, pois a sua velocidade era 15 km/h no momento do choque.

Fonte: (BRASIL, 2005)

A questão requer conhecimentos básicos de Mecânica, mais especificamente sobre conservação do momento linear, que devem ser relacionados com informações do anunciado, sem a necessidade de saber quais métodos específicos resolvem o problema. Portanto, o item requer conhecimento *Conceitual*. Sobre os processos cognitivos envolvidos, deve-se *entender* a situação anunciada, interpretando-a e *aplicando* conhecimentos específicos sobre a questão proposta (COSTA; MARTINS, 2017).

O conhecimento *Procedural* é ligado ao conhecimento de “como realizar alguma coisa” utilizando métodos, critérios, algoritmos e técnicas. Os estudantes devem ter conhecimento de conteúdo específico, habilidades e algoritmos. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar, mostrado na Figura 5.

Figura 5 questão 20 da prova objetiva do núcleo específico de física ENADE 2005.

QUESTÃO 20

ENADE: Um observador monta uma experiência com o propósito de medir a amplitude do campo elétrico da radiação emitida por uma lâmpada incandescente. Lâmpadas de diferentes potências P são analisadas. Para cada lâmpada, medidas com diferentes distâncias (L) são efetuadas. As distâncias do observador para a lâmpada são suficientemente grandes de tal maneira que a mesma pode ser considerada como um emissor pontual de ondas eletromagnéticas em todas as direções do espaço. Pode-se afirmar que o observador medirá a amplitude do campo elétrico

(A) diretamente proporcional a P e inversamente proporcional a L.

(B) diretamente proporcional a P^2 e inversamente proporcional a L^2.

(C) diretamente proporcional a P^2 e inversamente proporcional a L.

(D) diretamente proporcional a $\sqrt{P}$ e inversamente proporcional a L.

(E) inversamente proporcional a P e diretamente proporcional a L.

Fonte: (BRASIL, 2005).

No domínio do conhecimento *Procedimental/procedural*, os discentes devem saber realizar um procedimento específico, no caso da questão citada acima, a simulação de uma situação experimental, a respeito dos processos cognitivos envolvidos no quesito. Os estudantes devem *entender* o problema interpretando a situação e na sequência aplicar os conhecimentos físicos, para depois *analisar* a validade do seu procedimento.

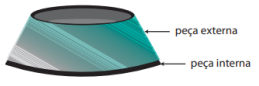
Costa e Martins (2017) categorizaram a questão discursiva 4 do ENADE 2014. Para eles, o item está na dimensão do conhecimento *Procedural*, isso significa que os estudantes precisam saber como fazer algo, métodos de pesquisa, critérios para usar habilidades, algoritmos, técnicas e métodos (COSTA; MARTINS, 2017). Em relação aos processos cognitivos envolvidos para solucionar o problema é necessário que o discente *entenda* a situação anunciada, *aplique* um procedimento utilizando conhecimento físicos específicos, que no caso é sobre dilatação térmica e seja capaz de *avalia*r checando a eficiência de seus procedimentos Figura 6.

Figura 6 questão discursiva 3 ENADE 2014 licenciatura em física.

QUESTÃO DISCURSIVA 3

O volume específico de um material é função da sua temperatura. Mantida constante a pressão, define-se o coeficiente de dilatação térmica volumétrica como o produto do inverso do volume específico pela derivada parcial do volume específico em relação à temperatura, de acordo com a equação $\gamma = \frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$.

Considere duas peças (troncos de cone ocos de materiais diferentes) rigidamente presas uma dentro da outra, conforme ilustra a figura abaixo.



Nesse contexto, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Explique uma forma de separar essas duas peças metálicas utilizando o conceito de dilatação volumétrica. (valor: 5,0 pontos)

b) Indique ao menos duas variáveis (ou condições) das quais o seu método poderá depender. (valor: 5,0 pontos)

Fonte: (BRASIL, 2014)

3. UM BREVE HISTÓRICO DO MAGNETISMO

As propriedades magnéticas de alguns materiais são utilizadas pelo homem desde um passado distante. Há relatos históricos de que na China, em 2637 a. C., o imperador chinês Huang-ti e seu exército perseguiam as tropas inimigas quando se perderam em terras enevoadas. Diante das circunstâncias, o imperador mandou construir uma carruagem na qual, sobre ela estava uma figura feminina de braços abertos, que girava livremente e independente da direção que a carruagem tomasse a estátua apontava sempre para o sul, o que leva a crê que ligado a essa figura estivesse uma agulha imantada como uma bússola (AUGUSTO; TONIDANDEL, 2018).

Os primeiros registros, não chinês, a respeito do magnetismo são dos filósofos gregos. Eles conheciam a existência dos ímãs naturais desde à Antiguidade, e sabiam que os mesmos podiam atrair o ferro. Nessa época, o conhecimento era dominado por filósofo animista, caracterizados por crenças e superstições metafísicas que prevaleceram por muito tempo. Escritores antigos como Tales de Mileto, Aristóteles, Platão dentre outros pensadores conheciam quase nada além desse fenômeno básico, até o período medieval.

Durante o período medieval, vários autores árabes desenvolveram uma abordagem sobre o magnetismo, associando-o a astrologia. Um astrólogo da Pérsia, chamado Messahalla, que viveu aproximadamente entre os anos (762-815) dizia que o planeta Terra influenciava os objetos em sua volta de forma semelhante ao que o magneto sobre o ferro, pois assim como o ferro é atraído por essa pedra, da mesma forma, todas as coisas que estão sobre a Terra são atraídas por ela. O mesmo, apontou uma relação mais específica entre os poderes celestes e o magnetismo. Em uma obra, escrita em latim, menciona uma conexão entre quinze minerais e quinze estrelas brilhantes. Em um trecho da obra afirma-se que a décima estrela é chamada de Magneto, que tem a cor do ferro bem polido, a capacidade de atrair o ferro e mostrar a parte do Céu onde brilha a estrela Benenays. Essa pedra está associada a Benenays (MARTINS, 2017).

Os estudos envolvendo os conceitos de magnetismo ficaram em segundo plano até o século XIII da era cristã. Na segunda metade do século XIII, no ano de 1269, um autor, chamado Petrus Peregrinus, escreveu uma carta na qual tratava sobre os ímãs e descreveu com detalhes, experimentos e propriedades que parece jamais ter sido compreendidas anteriormente, como o fato de que as pedras magnéticas possuem dois extremos opostos dando as primeiras ideias dos

polos magnéticos, e os fenômenos de repulsão por polos iguais, e atração por polos diferentes (MARTINS, 2017).

A primeira grande aplicação tecnológica do magnetismo foi a bússola, ela foi fundamental no período das grandes navegações. As notícias mais antigas que conhecemos a respeito da bússola, por parte de autores europeus, surgiram no final do século XII e início do século XIII (MARTINS, 2017). A bússola foi introduzida no ocidente provavelmente pelas cruzadas, ao voltarem para a Europa, os cruzados trouxeram o objeto que adquiriram dos árabes. Esses, tiveram o primeiro contato com a bússola através dos chineses (AUGUSTO; TONIDANDEL, 2018).

Com o surgimento do método científico a metafísica foi sendo substituída pela matemática entre os anos de 1600 e 1700 com os trabalhos de Galileu, Newton entre outros. No ano de 1600, William Gilbert escreveu a obra *De Magnetic*, considerada por muitos um dos mais importantes estudos experimentais sobre magnetismo. Gilbert é considerado o Pai do Magnetismo, e foi o primeiro a dizer que a Terra se comporta como um imenso Magneto (NOVAK, 1999).

Outro personagem que marcou a história relacionando a eletricidade com o magnetismo foi o dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), que era professor e estudava sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo. Ele percebeu durante seus estudos que a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor ocasionava em uma agulha, próxima ao fio, um pequeno movimento. Oersted, resolveu analisar melhor o fenômeno, e depois de uma série de experimentos sistematizados, chegou à conclusão de que existiria uma relação entre corrente elétrica e os fenômenos magnético (VICENTE; SILVA, 2014).

Logo após a descoberta de Oersted no ano de 1820, vários estudos sobre eletricidade e magnetismo foram publicados de forma significativa e outros cientistas também deixaram suas contribuições, Jean Baptiste Biot (1774 -1862), Félix Savart (1791- 1841), Weber e Andre Marie Ampère (1775 - 836). Esse último iniciou seus estudos no eletromagnetismo repetindo a experiência da agulha imantada proposto por Oersted. Com isso ele percebeu que, os resultados observados eram ocasionados por uma combinação entre a ação do campo magnético da Terra e a corrente elétrica existente no fio. Porém, o seu interesse era estabelecer as características do campo magnético criado no fio sem qualquer influência externa. Para isso, realizou uma série de experimentos que o levaram a desenvolver um equipamento que chamou de galvanômetro,

cuja a função era detectar corrente elétrica através do movimento de uma agulha imantada (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Esse instrumento representou um avanço importante para o eletromagnetismo, isso por que, com esse novo equipamento era possível rastrear correntes elétricas sem grandes interferências externas. Ampère, explorando os fenômenos eletromagnéticos com o galvanômetro, defendeu que existiria uma relação intrínseca de causa e efeito entre a corrente elétrica e a agulha imantada, ou seja, sempre que ocorra deflexão da agulha significa que há correntes elétricas circulares no condutor. A interação entre a corrente voltaica no condutor e a agulha magnética é devida somente à interação entre correntes. Para ele, o ímã possuía microcorrentes que interagem com a corrente do fio condutor (ASSIS; CHAIB, 2012).

Mais tarde, em outubro de 1820, apresentou em Paris um novo experimento com bobinas, no qual foi possível observar a atração e repulsão desses elementos, de acordo com o sentido da corrente elétrica estabelecida nas bobinas. Esse fato demonstrou de forma satisfatória o comportamento similar das bobinas como ímãs permanentes (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Impulsionados pelos trabalhos de Oersted e Ampère, vários cientistas estudavam o magnetismo naquele momento, ano de 1821, entre eles estava o inglês Michael Faraday (1791 - 1867). Naquele ano, muitos artigos e teorias sobre magnetismo eram apresentados, e vários desses trabalhos eram conflitantes, o que causava uma certa confusão de informação. Faraday, foi designado por Richards Phillips, editor dos Annals of Philosophy, para investigar o assunto e escrever um texto sobre o tema. Para cumprir a tarefa, Faraday realizou vários estudos e propôs novas experiências (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Em um desses experimentos, investigando a força magnética orientada no fio condutor, com uma agulha imantada, ele notou que, em condições adequadas, um dos polos da agulha poderia realizar movimentos circulares em torno do fio, como se fosse carregado pela corrente do fio condutor (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004). Esse fato despertou-lhe a atenção, e ainda em 1821 publicou um artigo apresentando um experimento em que um fio condutor podia girar livremente em torno de ímã fixo ou uma agulha imantada poderia girar em torno de um fio condutor (FARADAY, 1821).

Analisando os trabalhos já existentes no eletromagnetismo, Faraday resolve retomar os estudos realizados por Ampère sobre as bobinas, espiras e ímãs. Influenciado pela obra de Demonferrand, o livro *Manuel d'electricité dinamique* (1823), no qual o autor afirmava que

uma corrente elétrica em um condutor era capaz de induzir uma corrente elétrica em outro condutor próximo ao primeiro, a partir daí começa a demonstrar interesse a respeito dos possíveis casos de indução. Se a experiência de Oersted demonstrara que a corrente elétrica era capaz de causar um efeito magnético, logo, imaginou que um fenômeno magnético puro, causado por um ímã, poderia gerar uma corrente elétrica. A indução lhe parecia um caminho possível para encontrar o que procurava (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Faraday construiu vários experimentos buscando evidências dos fenômenos relacionados à indução. Durante esses estudos, ele demonstrou que ao conectar e desconectar uma pilha em um circuito, era possível induzir corrente em um outro que estivesse próximo. E que, introduzindo uma barra magnetizada no interior de uma bobina, obtêm-se corrente induzida na mesma na mesma, enquanto a barra estiver em movimento. Ou seja, o efeito da indução é transitório (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

O trabalho de Faraday foi notoriamente experimental e qualitativo, isso não quer dizer que ele não tivesse conhecimento teórico da produção científica da área. Ele não chegou a nenhuma dedução quantitativa da indução, porém, conseguiu ir além de muitos físicos com ótima formação matemática. A trajetória percorrida por Faraday até chegar à lei da indução mostra que, seus progressos dependeram muito mais dos questionamentos que surgiram e do seu trabalho de pesquisa (DIAS; MARTINS, 2004).

Já o responsável por formular matematicamente as observações de Faraday foi James Clerk Maxwell (1831-1879), o mesmo era admirador dos trabalhos de Faraday. Maxwell fundamentou a base do eletromagnetismo com suas famosas equações. Ele fez uma síntese das equações já existentes sobre eletricidade e magnetismo, e por simetria, observou a ausência de um termo em uma delas. Com esse termo Maxwell conseguiu demonstrar que os campos elétricos e campos magnéticos satisfazem as equações de ondas que se propagam com a velocidade da luz (DA SILVA, 2007).

As equações de Maxwell apareceram juntas pela primeira vez no ano 1865 em um artigo intitulado "*A Teoria Dinâmica do Campo Magnético".* Maxwell renunciou à abordagem mecanicista e apresentou um conjunto de equações, buscando preservar as relações entre a variáveis de campo que permitiam descrever eletricidade, magnetismo e luz a partir do mesmo conjunto de equações, insistindo assim em uma teoria eletromagnética da luz. Aproximando-se das teorias modernas do campo e afastando-se da antiga teoria do éter que dominou a segunda metade do século XIX (LIMA, 2019).

No ano de 1887, Heinrich Hertz confirmaria a importância da teoria de Maxwell, de forma experimental, detectando as ondas eletromagnéticas. O fato proporcionaria grandes avanços relacionados a comunicação à distância. Na busca das ondas eletromagnéticas, Hertz usou um circuito de corrente alternada, o experimento era composto por um solenóide que tinha suas extremidades ligadas a um gerador chamando de Bobina de Ruhmkorff que produzia corrente sob alta tensão, fazendo faíscas saltarem de uma esfera para outra, produzindo onda eletromagnética. Para detectar essas ondas, Hertz criou um sistema receptor, formado por pequeno circuito circular com suas extremidades bem próximas. Depois de um longo período de observação, ele alcançou seu objetivo detectando ondas eletromagnéticas com até 12 metros de distância (EBERHARDT; GIOVANNINI; CATELLI, 2012).

No campo científico, o século XX foi marcado pelo surgimento da mecânica quântica que possibilitou a interpretação do eletromagnetismo moderno. Este entendimento só foi possível devido ao desenvolvimento da mecânica estatística e da termodinâmica quântica. Com a incorporação do eletromagnetismo à relatividade restrita percebeu-se que os campos elétricos e magnéticos fazem parte de um mesmo campo fundamental, o campo eletromagnético, criando o arcabouço para a teoria eletromagnética clássica, essa foi uma grande unificação na história da física. Posteriormente, os avanços foram no sentido de compatibilizar o eletromagnetismo com a teoria quântica (NUSSENZVEIG, 2015).

3.1 CAMPO MAGNÉTICO

Um objetivo importante da física é estudar o modo como um campo magnético produz uma força magnética em um corpo eletricamente carregado (em movimento) ou em um corpo com propriedades magnéticas especiais, como um ímã permanente, por exemplo. São incontáveis as aplicações dos campos magnéticos e das forças magnéticas no nosso dia-a-dia. Durante muito tempo a indústria utilizou fitas magnéticas para gravar sons e imagens, embora em desuso nos dias atuais. Atualmente a indústria utiliza ímãs para controlar *CD* players e *DVD* players, nos fones de ouvidos, nos aparelhos celulares, nos alto-falantes de rádio e televisão, em componentes dos automóveis e em diversos lugares. Mas, e então, o que produz um campo magnético?

Os campos magnéticos podem ser produzidos de duas formas. A primeira é utilizando cargas elétricas em movimentos, como os elétrons que são responsáveis pela corrente elétrica em um fio, por exemplo um eletroímã. A segunda é utilizar partículas elementares como os elétrons, que têm um campo magnético intrínseco, em alguns materiais, esses campos magnéticos dos elétrons se somam formando um campo no espaço em volta do objeto. Podemos citar como exemplo os ímãs permanentes, como aqueles que utilizamos para prender bilhetes na geladeira.

Vamos em seguida descrever o campo magnético $\vec{B}$ como uma grandeza vetorial para a qual a direção é a mesma para onde a força é zero. Depois de medir a *força* $\overrightarrow{F_B}$ para a *velocidade* $\vec{v}$ perpendicular a $\vec{B}$, definimos o módulo de $\vec{B}$ em função do módulo da força:

$$B = \frac{F_B}{|q|v}, \tag{1}$$

onde q é a *carga da partícula*.

Essa equação pode ser expressa através da seguinte equação vetorial:

$$\overrightarrow{F_B} = q\vec{v} \times \vec{B}, \tag{2}$$

dessa forma, a força $\overrightarrow{F_B}$ é igual a *carga* q multiplicada pelo produto vetorial entre $\vec{v}$ e $\vec{B}$ (medidos no mesmo referencial) efetuando o produto vetorial da equação (2) obtemos:

$$F_B = |q|vB \operatorname{sen} \emptyset, \tag{3}$$

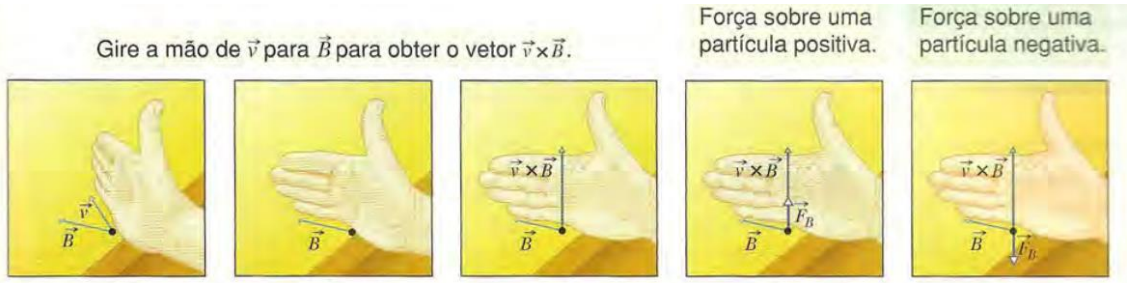
Em que $\emptyset$ é o ângulo entre a direção da velocidade $\vec{v}$ e campo magnético $\vec{B}$.

De acordo com a equação (3), módulo da força $\overrightarrow{F_B}$ que age sobre uma partícula na presença de um campo magnético é proporcional à carga q e a velocidade da partícula v. Dessa forma, a força é zero se a carga for zero ou se a partícula estiver em repouso. De (3), também podemos observar que a força será zero se $\vec{v}$ e $\vec{B}$ forem paralelos sendo ($\emptyset = 0°$) ou ($\emptyset = 180°$) e será máximo quando forem perpendiculares.

A equação (2) fornece a orientação de $\overrightarrow{F_B}$, o produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ é vetor perpendicular aos vetores $\vec{v}$ e $\vec{B}$. De acordo com a regra da mão direita, o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de $\vec{v}$ para $\vec{B}$. Para q positiva, a força $\overrightarrow{F_B}$, tem o mesmo sentido que o polegar. Para q negativa, a força aponta o sentido oposto, veja na figura

FIGURA 7 ESQUEMA DA REGRA DA MÃO DIREITA PARA DETERMINAR O SENTIDO DA FORÇA MAGNÉTICA.

Figura 7 esquema da regra da mão direita para determinar o sentido da força magnética.



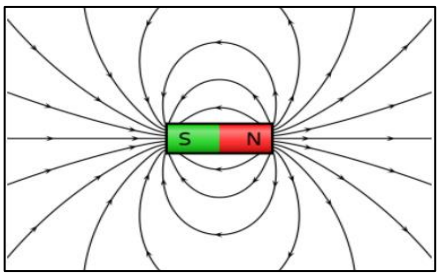
Fonte: (HALLIDAY; RESNICK, 2009)

Portanto, a força $\overrightarrow{F_B}$ que age sobre uma partícula carregada que se movimenta com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético $\vec{B}$ é sempre perpendicular a $\vec{v}$ e a $\vec{B}$. Assim, a componente de $\overrightarrow{F_B}$ na direção de $\vec{v}$ é sempre nula. Isso significa que a força $\overrightarrow{F_B}$ não pode mudar a velocidade escalar v da partícula e nem a energia cinética da mesma. Logo, a força $\overrightarrow{F_B}$ pode mudar apenas a direção de $\vec{v}$.

De acordo com as equações (2) e (3) a unidade de $\vec{B}$ é o newton por coulomb-metro por segundo. Essa unidade passou a ser chamada de tesla (T).

O campo magnético é representado através de um esquema conhecido como linhas de campo. A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de $\vec{B}$ nesse ponto, o espaçamento das linhas representa o módulo de $\vec{B}$, quanto mais intenso o campo, mais próximas estão as linhas e vice-versa. Em um ímã as linhas de campo entram em uma extremidade e saem pela a outra. A extremidade de onde saem as linhas é chamada de polo norte, e onde elas entram é chamado de polo sul figura FIGURA 8. Por possuírem dois polos, dizemos que os ímãs possuem dipolos magnéticos. Polos magnéticos de nomes diferentes se atraem e polos de mesmo nome se repelem.

Figura 8 esquema representando as linhas de campo magnético em um ímã.

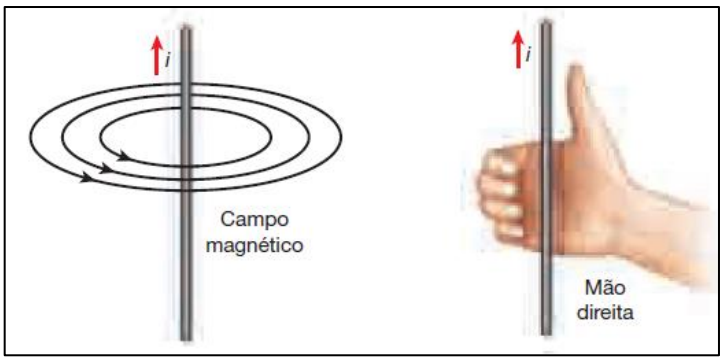


Fonte:https://commonswikimediaorg/w/indexphp?search=+campo+magn%C3%A9tico&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image. Acesso em 02/04/22.

A Terra possui um campo magnético que é produzido no interior do planeta. Uma forma de qualitativa de detectar os efeitos desse campo é com o auxílio de uma bússola. A agulha da bússola aponta aproximadamente na direção norte-sul por que o polo norte do ímã é atraído para a extremidade do polo norte geográfico da Terra. Isso significa que o polo norte geográfico da Terra corresponde ao polo sul magnético, logo, o polo sul geográfico da Terra corresponde ao norte magnético.

Já em relação à condução através de um fio retilíneo, as linhas de campo magnético produzidas por uma corrente são circunferências concêntricas ao fio e dispostas em um plano perpendicular ao eixo do condutor. O sentido do campo magnético $\vec{B}$ pode ser obtido com o auxílio de uma regra prática denominada regra da mão direita, também chamada regra de Ampère. Essa regra baseia-se na posição da mão direita, que envolve o condutor, de modo que o polegar aponte no sentido convencional da corrente. Os demais dedos, ao se fecharem sobre o fio, indicam o sentido do vetor como mostra a figura 7.

Figura 9 regra da mão direita ou regra de ampère, auxiliando na determinação do sentido do campo magnético em volta do condutor retilíneo.



Fonte: (SANT'ANNA, 2013).

A equação de Biot – Savart demostra o módulo do campo magnético a uma distância perpendicular R de um fio retilíneo logo e percorrido por uma corrente i. O módulo do campo elementar produzido no ponto P por um elemento de corrente $i\ d\vec{s}$ situado a uma distância r do ponto P é dado pela equação (4).

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\ ds\ sen\ \theta}{r^2} \tag{4}$$

Observe que dB no ponto P tem a mesma orientação para todos os elementos decorrente nos quais o fio pode ser dividido. Assim, podemos calcular o módulo do campo magnético

produzido no ponto P pelos elementos de corrente na metade superior de um fio infinitamente longo integrando dB na equação (4) de 0 a ∞. Integrando teremos:

$$B = 2\int_0^{\infty} dB = \frac{\mu_0 i}{2\pi}\int_0^{\infty} \frac{sen\theta ds}{r^2} \tag{5}$$

As variáveis θ, s e r não são independentes, estão relacionadas pela equação:

$$r = \sqrt{s^2 + R^2}$$

e $$sen\,\theta = sen\,(\pi - \theta) = \frac{R}{\sqrt{s^2 + R^2}}.$$

Fazendo as substituições e integrando obtemos,

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi}\int_0^{\infty} \frac{R\,ds}{(s^2 + R^2)^{3/2}}$$

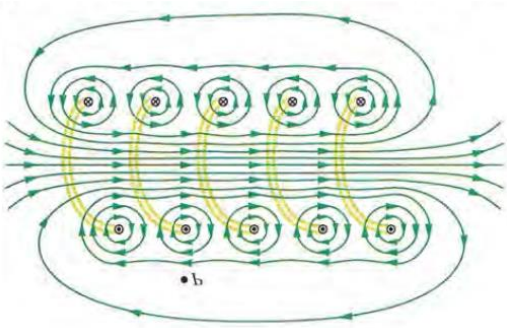
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}\left[\frac{s}{s^2 + R^2}\right]_0^{\infty}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \tag{6}$$

A equação (6) determina o módulo do campo magnético nas proximidades de fio condutor retilíneo percorrido por uma corrente.

No caso de um solenóide que é uma bobina helicoidal formada por n espiras circulares. A Figura 10 demostra um trecho de um solenoide esticado (com as espiras afastadas), nessa situação o campo magnético no interior do solenoide é a soma vetorial dos campos produzidos por cada espira. No caso de pontos muito próximos de uma espira, o fio se comporta magneticamente quase como um fio retilíneo e as linhas de $\vec{B}$ são quase círculos concêntricos. Como mostra a Figura 10, o campo tende a se cancelar entre espiras vizinhas. Nessa mesma Figura 10 também mostra que em pontos no interior do solenóide e razoavelmente afastados do fio, $\vec{B}$ é aproximadamente paralelo ao eixo central. No caso limite de um solenoide ideal, que é infinitamente longo e formado por espiras muito juntas de um fio de seção reta quadrada, o campo no interior do solenoide é uniforme e paralelo ao eixo central. A orientação do campo magnético no interior do solenoide é dada pela regra da mão direita: segurando o solenoide com a mão direita, com os dedos apontando no sentido da corrente, o polegar estendido mostra a orientação do campo magnético.

Figura 10 trecho de um solenoide esticado visto de perfil. São mostradas as partes traseiras de cinco espiras e as linhas de campo magnético associadas.



Fonte: (HALLIDAY; RESNICK, 2009).

No interior da bobina longa (ideal), as linhas de indução são paralelas. Isso significa que, em todos os pontos do interior da bobina longa, o vetor indução magnética $\vec{B}$ tem a mesma direção e o mesmo sentido. Verifica -se que, nesses pontos, $\vec{B}$ tem também a mesma intensidade. Um campo nessas condições é chamado campo magnético uniforme. Suas linhas de indução são representadas por retas paralelas igualmente orientadas e igualmente espaçadas.

Assim, o campo magnético no interior de um solenoide ideal é uniforme, e tem em cada ponto as seguintes características: direção do eixo da bobina, sentido dado pela regra da mão direita, e para determinar o módulo do campo magnético vamos aplicar a lei de Ampère:

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \mu_0 i_{env} \tag{7}$$

Sabendo que $\vec{B}$ é uniforme dentro do solenoide e que o mesmo é zero do lado de fora, usando a amperiana retangular $abcda$ e escrevendo a equação (10) como uma soma das integrais para cada seguimento da amperiana, temos:

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = \int_a^b \vec{B}.d\vec{s} + \int_b^c \vec{B}.d\vec{s} + \int_c^d \vec{B}.d\vec{s} + \int_d^a \vec{B}.d\vec{s} \tag{8}$$

A primeira integral do lado direito da equação (8) é Bh, onde B é o módulo do campo uniforme $\vec{B}$ no interior do solenoide e h é o comprimento (arbitrário) do segmento ab. A segunda e a quarta integral são nulas porque, para os elementos ds desses segmentos, $\vec{B}$ é perpendicular a ds ou é zero e, portanto, o produto escalar $\vec{B}.d\vec{s}$ é zero. A terceira integral, que envolve um segmento do lado de fora do solenoide também é nula porque $B = 0$ em todos os pontos do lado de fora do solenoide. Assim, o valor da integral para toda a amperiana é Bh.

Seja *n* o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide: nesse caso, a amperiana envolve *nh* espiras e, portanto,

$$i_{env} = i(nh).$$

De acordo com a lei de Ampère temos,

$$Bh = \mu_0 inh$$

$$B = \mu_0 in \quad (9)$$

Embora a equação (9) tenha sido demonstrada para um solenoide ideal, constitui uma boa aproximação para solenoides reais se for aplicada apenas a pontos interno e afastados das extremidades do solenoide.

A explicação do surgimento de propriedades magnéticas no prego do experimento realizado na atividade intitulada como: Faça você mesmo! Identificando os polos de um eletroímã, está no surgimento do campo magnético que é criado no interior do solenoide que está enrolado no prego.

É possível aumentar muitas vezes o campo magnético gerado pela corrente que passa por um solenoide preenchendo-o com um núcleo de material ferromagnético (ferro, cobalto ou níquel) no caso do eletroímã foi inserido o prego. Isso ocorre porque, inserindo um material ferromagnético no núcleo, muda-se o valor de μ, que é diferente de μ_0, cuja permeabilidade é medida no vácuo. Ao fazer isso, obtemos um eletroímã que tem em cada uma de suas extremidades polaridade idêntica à anterior. Nessa situação o prego passa a ser chamado de núcleo do solenoide, ao ligar as extremidades do fio de cobre nos terminas da bateria, notamos que o prego passa a atrair os clipes de ferro. Isso significa que ele se magnetiza, o campo magnético que se estabelece no interior da bobina orienta os ímãs elementares do prego de ferro.

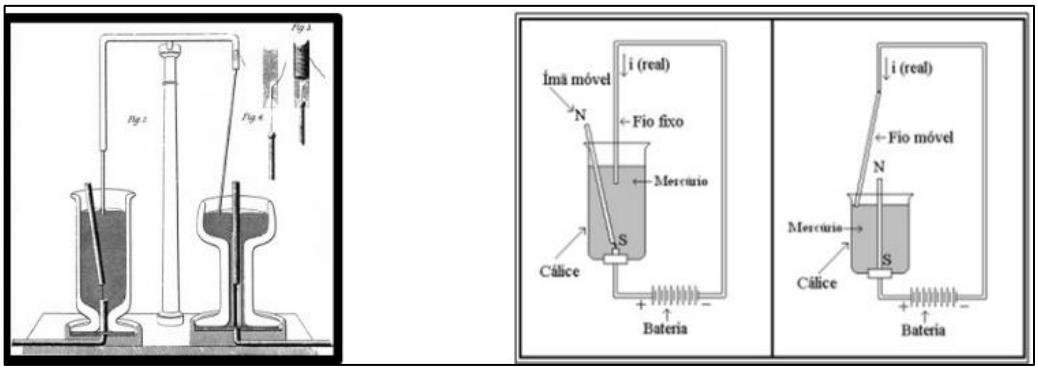
3.2 FORÇA MAGNÉTICA EM UM FIO PERCORRIDO POR UMA CORRENTE

No ano de 1820, após uma sequência de experimentos o dinamarquês Christian Oersted, chegou à conclusão de que o efeito magnético (campo magnético) gerado pelas correntes elétricas possui um movimento circular em torno do condutor. Explicar esses movimentos

circulares era um grande problema devido à quebra de simetria. O próprio Oersted acreditava que o campo magnético fosse paralelo ao fio, na época era impossível antecipar que o campo magnético girava em torno da corrente elétrica (MEDEIROS; SANTOS, 2017).

Impressionado com os trabalhos de Oersted, o físico e químico Michael Faraday, passou a realizar experimentos para estudar a possível transformação da energia elétrica em movimento. Em um desses experimentos, ele encheu dois recipientes especialmente desenhados para pôr um fio condutor na base, com mercúrio que é um metal condutor figura 9**Erro! Fonte de referência não encontrada.**. Em um deles, deixou um ímã preso somente pela base e um fio fixo em cima. No outro, fixou um ímã na vertical e deixou o fio móvel em cima. No primeiro recipiente, quando um fio elétrico preso acima do recipiente tocava o mercúrio, fechando o circuito com uma bateria, o ímã girava em torno desse fio central. No outro recipiente, o fio móvel se punha a girar em volta do ímã fixo. Faraday demonstrou, assim, que era possível produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica. Este experimento ficou conhecido como o motor de Faraday.

Figura 11 detalhamento do esquema das duas versões do motor de Faraday (com ímã móvel e com fio móvel).



Fonte: (MEDEIROS; SANTOS, 2017)

Esta corrente elétrica imersa em um campo magnético sofre a ação de uma força magnética perpendicular ao plano entre a corrente e o campo magnético externo, esse fenômeno é conhecido como Efeito Hall. Quando um campo magnético exerce uma força lateral nos elétrons que se movem em um fio, essa força naturalmente é transmitida para o fio.

Considere um trecho de fio de comprimento L. Após um intervalo de tempo $t = {}^{L}/_{v_d}$, todos os elétrons de condução desse trecho passam pelo mesmo plano, assim se uma carga q nesse intervalo de tempo dada por:

$$q = it = i\frac{L}{v_d}$$

passar pelo mesmo plano, podemos substituir na equação (3), e teremos:

$$F_B = |q|vB \operatorname{sen} \emptyset$$

$$F_B = \frac{iL}{v_d} v_d B \operatorname{sen} \emptyset$$

$$F_B = iLB \tag{10}$$

a equação (10) permite calcular a força magnética que age em um trecho do fio retilíneo de comprimento L percorrido por uma corrente i imerso em um campo magnético $\vec{B}$ perpendicular ao fio.

Se o campo não é perpendicular ao fio, então a equação (10) pode ser escrita da seguinte forma:

$$\overrightarrow{F_B} = i\vec{L} \times \vec{B}$$

em que $\vec{L}$ é um vetor comprimento de módulo L, que tem a mesma direção do fio e o sentido convencional da corrente. Então o módulo da força é dado por:

$$F_B = iLBsen\emptyset \tag{11}$$

onde $\emptyset$ é o ângulo entre a direção dos vetores $\vec{L}$ e $\vec{B}$, a direção de $\overrightarrow{F_B}$ é dada pelo produto vetorial $\vec{L} \times \vec{B}$ pois, adotamos a corrente i como positiva.

3.3 A LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY

Na seção 3.1 já foi dito que uma corrente elétrica produz um campo magnético. Agora, discutir-se-á o efeito oposto: um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente elétrica. Essa relação entre o campo magnético e o campo elétrico induzido é conhecida como lei de indução de Faraday.

A princípio as observações feitas por Faraday e outros cientistas a respeito da indução eletromagnética eram bem simples. Hoje, porém, aplicações dessa ciência está por toda parte. A indução é responsável, por exemplo, dos geradores que fornecem energia elétrica para as

cidades. Também é essencial em operações industriais, na utilização de fornos de indução, quando se quer derreter grande quantidade de metal.

Para iniciar a discussão sobre a lei de indução de Faraday, vamos imaginar o seguinte experimento. Uma espira condutora ligada a um amperímetro, como não tem nenhuma fonte de tensão no circuito, não há corrente elétrica. Porém, quando aproximamos um ímã na forma de barra da espira o amperímetro indica o surgimento de uma correte. A correte elétrica desaparece quando paramos de movimentar o ímã. A mesma torna à aparecer, com o sentido contrário, quando afastamos o ímã da espira. Essas observações nos leva as seguintes conclusões:

A corrente é observada apenas quando há o movimento relativo entre o ímã e a espira; a corrente desaparece quando o movimento relativo deixa de existir. Quanto mais rápido for o movimento maior é a corrente. Quando aproximamos um polo do ímã da espira, a corrente tem um sentido, quando afastamos o mesmo polo, a correte inverte o sentido.

Tomando esse experimento como exemplo, chamamos a corrente produzida na espira de corrente induzida, o trabalho realizado para colocar em movimentos os elétrons de condução da corrente elétrica é chamado de força eletromotriz, e o processo de produzir a corrente e a força eletromotriz é denominado indução.

Aparentemente, a força eletromotriz e a corrente induzida são influenciadas pela variação de alguma “coisa”, mas que “coisa” é essa? Faraday, descobriu.

Faraday concluiu que uma corrente e uma força eletromotriz podem ser induzidas em uma espira fazendo variar a quantidade de campo magnético que atravessa a espira. O número de linhas de campo que atravessam a espira não importa, os valores da força eletromotriz e da corrente induzida são determinados pela taxa de variação desse número.

Para aplicar a lei de Faraday precisamos calcular a quantidade de campo magnético que atravessa a espira. Para isso, vamos definir o fluxo magnético. Suponha que uma espira que envolve uma área A seja submetida a um campo magnético $\vec{B}$. Nesse caso, o fluxo magnético é dado por;

$$\Phi_B = \int \vec{B} \,.\, d\vec{a} \tag{12}$$

Suponha que a espira seja plana e que o campo magnético seja perpendicular ao plano da espira. Assim, podemos escrever o produto escalar da equação (12) como $BdAcos0° = BdA$.

Se o campo magnético for constante podemos colocar B pra fora da integral. Nesse caso, a integral se reduz a $\int dA$, que é a área da espira, logo a equação (12) se torna

$$\Phi_B = BA \tag{13}$$

De acordo com as equações (12) e (13), a unidade de fluxo magnético é o tesla-metro quadrado, que recebe o nome de weber (Wb):

$$1\ weber = 1\ wb = 1\ T.m^2$$

Portanto, usando a definição de fluxo magnético, podemos anunciar a lei de Faraday da seguinte forma: O módulo da força eletromotriz ε induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira.

A força eletromotriz induzida ε se opõe à variação do fluxo, de modo que, matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita na forma

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \tag{14}$$

Como o experimento será realizado com uma bobina de N espiras, então, a variação do fluxo magnético em função do tempo irá induzir uma força eletromotriz em cada espira. Nesse sentido, a força eletromotriz induzida na bobina como um todo será a soma de cada uma dessas forças eletromotrizes.

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt} \tag{15}$$

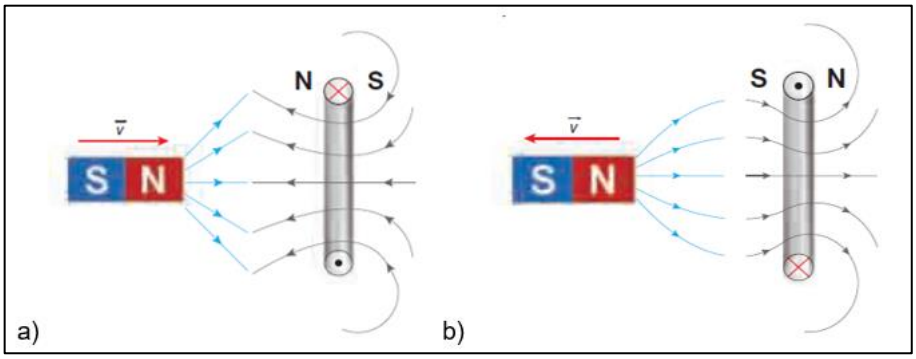
Existem três formas de mudar o fluxo magnético que atravessa uma bobina: variar o módulo B do campo magnético, mudar a área total da bobina ou a parte da área atravessada pelo campo magnético (aumentando ou diminuindo o tamanho da bobina no primeiro caso e colocando uma parte maior ou menor da bobina na região onde existe o campo no segundo caso) e por fim, mudar o ângulo entre a direção do campo magnético B e o plano da bobina (fazendo girar a bobina, por exemplo).

3.4 LEI DE LENZ

Logo após Faraday descobrir a lei da indução, Friedrich Lenz, (1804 -1865) estabeleceu a lei, conhecida como lei de Lenz, no ano de 1834. As contribuições dessa lei permitem

determinar o sentido da corrente induzida em uma espira. A mesma pode ser anunciada da seguinte maneira: “O sentido da corrente induzida é tal que origina um fluxo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo magnético indutor” a FIGURA 12 traz situações que podem ilustra a Lei de Lenz.

Figura 12 a) um observador no polo norte de um ímã em aproximação identificaria o lado visível da espira como um polo norte de outro ímã, provocando afastamento. b) um observador no polo norte do ímã em afastamento olharia para a espira e veria o polo sul de outro ímã, que o atrairia.



Fonte: (SANT’ANNA, 2013)

Na FIGURA 12a, com o ímã se aproximando, o número de linhas de campo do ímã que atravessa a espira estaria aumentando e, portanto, também aumentaria o fluxo magnético através dela. Nesse caso, o campo gerado pela corrente induzida deve ser tal que consiga reduzir o aumento do fluxo, provocando repulsão.

Na FIGURA 12b, quando o ímã se afasta da espira, o fluxo através dela diminui e a corrente induzida inverte seu sentido, criando um campo magnético induzido que se opõe à redução do fluxo. O campo do ímã é, então, reforçado pelo campo da espira, que passa a atraí-lo.

Agora vamos discutir o sinal negativo na expressão da Lei de Faraday. Se a variação de fluxo de campo magnético for positiva e o ímã estiver se aproximando, a força eletromotriz induzida será negativa, indicando que o campo magnético induzido se opõe ao aumento, dificultando a aproximação do ímã. Se o fluxo está diminuindo, a força eletromotriz é positiva, e o campo induzido reforça o campo do ímã, opondo-se ao seu afastamento. Com a determinação do sentido da corrente elétrica induzida com o auxílio da Lei de Lenz, a descrição do fenômeno de indução eletromagnética está completa.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi realizada com 60 estudantes do terceiro ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Médio em Tempo Integral na cidade de Angicos/RN. Os alunos, em sua maioria, são provenientes de famílias de baixa renda, tendo como ocupação diária dos pais o trabalho autônomo, pequenos comerciantes, agricultores, pequenos pecuaristas e alguns são funcionários públicos municipais ou estaduais.

Os estudantes foram selecionados pelo fato de estarem no terceiro ano do ensino médio, fato relevante, quando o objetivo da pesquisa é justamente analisar a aprendizagem dos estudantes a respeito de tópicos de magnetismo. A pesquisa aconteceu com a autorização da gestão da escola, dos estudantes, e responsáveis legais dos participantes de idade menor que 18 anos. Os alunos participaram da apresentação do projeto, da coleta de informações e dados, e das aulas experimentais e expositivas. Todos responderam livremente aos questionários, emitindo sua opinião e demostrando seus conhecimentos.

Segundo (MOREIRA, 2003) uma aula, um experimento, um currículo novo, um método avaliativo, a influência de uma variável sobre a aprendizagem e a percepção de professores e alunos são exemplos de acontecimentos de interesse da pesquisa em ensino. Neste caso, analisou-se a aprendizagem dos estudantes sobre tópicos de magnetismo sob a influência de uma sequência didática utilizando atividades experimentais desenvolvidas com materiais de baixo custo. Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa-ação, onde o investigador participou ativamente das observações dentro do campo estudado (a sala de aula), registrando eventos, e coletando informações através de questionários de questões subjetivas, integrando teoria e a pesquisa com a prática. A abordagem do trabalho segue o delineamento qualitativo, sendo assim não se dedicou a nenhum tratamento estatístico dos dados.

4.1 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A aplicação da Sequência Didática ocorreu no segundo semestre de 2022, após a apresentação do projeto e da realização do teste de sondagem, com a intenção de investigar os conhecimentos espontâneos dos estudantes em relação ao magnetismo, e posteriormente desenvolveu-se a interveção didática, os resultados do teste foram reproduzidos resumidamente no capitulo 5 e o teste anexado no apêndice.

A Sequência ocorreu em 4 momentos pedagógicos de acordo com o esquema mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 esquema dos momentos pedagógicos envolvidos na sequência didática.

Encontro	**Duração (min)**	**Atividade**
1	100	Atividade 1: Corrente Elétrica e o Campo Magnético – reproduzindo o experimento de Oersted
2	50	Atividade 2: Motor Elétrico de Faraday
3	100	Atividade 3: Faça você mesmo! Identificando os polos norte e sul de um eletroímã
4	50	Aplicação do teste de análise de formação de conceitos

Os objetivos de aprendizagem das atividades desenvolvidas estão estruturados de acordo com a Taxonomia de (BLOOM, 1956) e revisada por (ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, 2001). Essa técnica organiza os níveis de conhecimentos de forma crescente, do mais simples ao mais complexos (FERRAZ; BELHOT, 2008), como mostra a tabela 2.

Tabela 2 objetos de aprendizagem e habilidades a serem desenvolvidas.

Código	Objetos de aprendizagem e habilidades
OB1	Reconhecer o comportamento das linhas de campo magnético em um fio retilíneo e no solenoide, reproduzindo-o através de esquema ou desenho;
OB2	Entender a relação existente entre a corrente elétrica que percorre um fio condutor e o campo magnético, explicando a relação de causa e efeito entre ambos;
OB3	Aplicar a regra da mão direita para explicar as características (direção e sentido) do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um solenoide;
OB4	Avaliar situações cotidianas que possam ser explicadas por meio da ação de campos magnéticos, checando informações baseadas em critérios e padrões qualitativos e quantitativos utilizando a lei de Faraday.

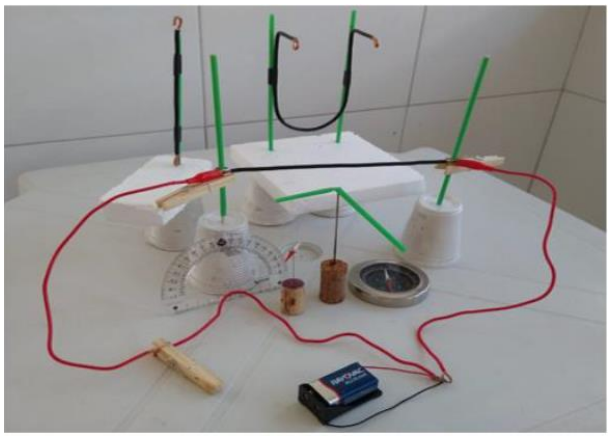
4.1.1 Atividade 1: Corrente Elétrica e o Campo Magnético – reproduzindo o experimento de Oersted.

No primeiro encontro foi desenvolvido a prática sobre o Experimento de Oersted (1820), de acordo com (CHAIB; ASSIS, 2007). O objetivo desse experimento é explorar as relações entre os fenômenos elétricos e os magnéticos observados por Oersted no ano de 1820. Os materiais utilizados na montagem dos equipamentos foram: Bateria de 9 V, para melhorar o desempenho da ação da corrente sobre a agulha podemos colocar duas ou mais pilhas em paralelo; 110 cm de fio de cobre rígido com diâmetro de 1,5 mm; 60 cm de fio de cobre flexível com diâmetro de 1,5 mm; dois a cinco copos descartáveis de 180 ml, de dois a cinco palitos de churrasco e cinco canudos; Gesso; três prendedores de roupa, um para construir a chave ou interruptor, e os outros dois para nivelar o fio rígido no poste. O uso do pregador é para minimizar o custo do experimento, mas este pode ser substituído por um interruptor comum; três cortiças ou rolhas de tampa de garrafa de vinho; um pedaço de arame tendo entre 10 e 15 cm de comprimento; uma bússola pequena; placa espessa de isopor; Fita isolante; uma latinha de alumínio; 25 cm de fio de estanho (fio de solda) e papel alumínio; placas finas de plástico, papel, madeira, isopor, guardanapos, um copo de vidro, um copo de plástico transparente (pode

ser uma metade de garrafa de plástico), uma garrafa de plástico e outros materiais que possam ser interpostos entre a bússola e o fio.

A FIGURA 13 mostra o aparato experimental todo realizado com material de baixo custo pronto para ser usado em sala de aula.

Figura 13 equipamentos confeccionados para utilizar no experimento de Oersted.



Fonte: acervo do autor, 2022.

O professor começou a aula demostrando todos os equipamentos que seriam utilizados na prática, em seguida, oportunizou aos estudantes a participação da organização do arranjo experimental. Depois fez uma breve contextualização histórica sobre o momento no qual Oersted teria realizado seus estudos. Esse momento está registrado na FIGURA 14.

Figura 14 professor e alunos durante a realização do experimento que reproduziu a experiência de Oersted.

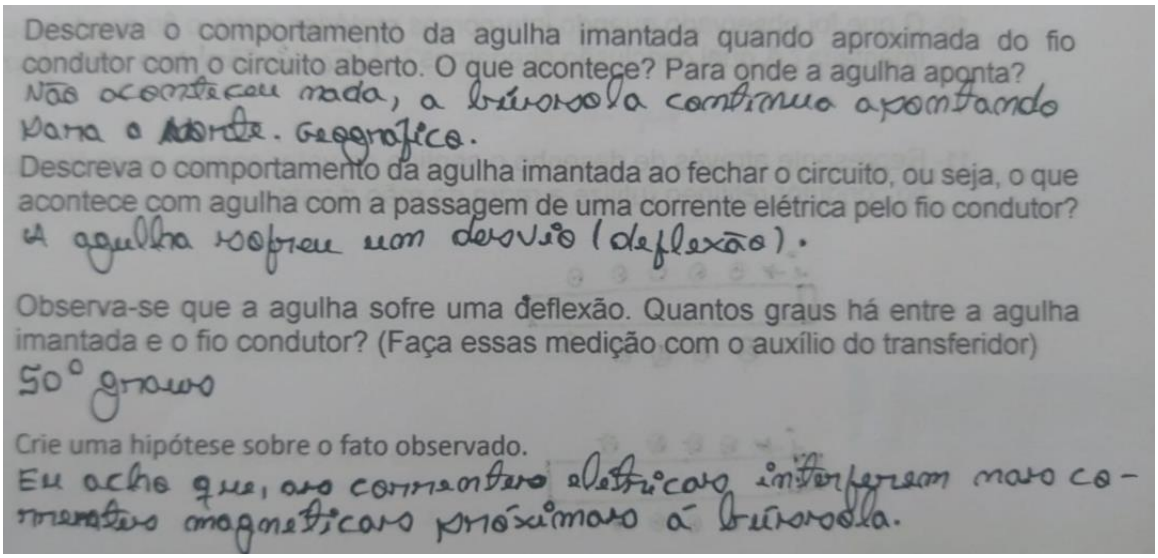
Fonte: acervo do autor, 2022.

Na sequência, organizou-se os postes de sustentação de maneira que a agulha da bússola e o fio rígido ficassem paralelos entre si. A agulha imantada ficou em um plano abaixo do fio rígido, observou-se que a agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico da Terra, que corresponde ao Sul magnético terrestre. Nesse momento, o professor interviu e iniciou um diálogo sobre o porquê do ocorrido, ouvindo as opiniões dos estudantes e na sequência explanou a respeito do magnetismo terrestre, sobre o funcionamento da bússola e instigou os estudantes a responderem as seguintes questões:

1. Descreva o comportamento da agulha imantada ao fechar o circuito, ou seja, o que acontece com agulha com a passagem de uma corrente elétrica pelo fio condutor?
2. Observa-se que a agulha sofre uma deflexão. Quantos graus há entre a agulha imantada e o fio condutor? (Faça essas medições com o auxílio do transferidor)
3. Crie uma hipótese sobe o fato ocorrido.

Veja as respostas de um dos alunos para estas perguntas na Figura 15.

Figura 15 perguntas e resposta do estudante 1.

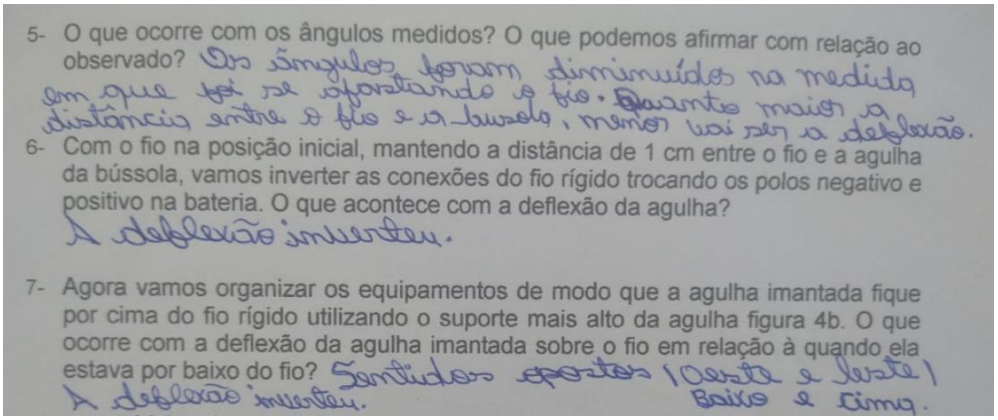

Descreva o comportamento da agulha imantada quando aproximada do fio condutor com o circuito aberto. O que acontece? Para onde a agulha aponta?
Não aconteceu nada, a bússola continua apontando para o Norte. Geográfico.
Descreva o comportamento da agulha imantada ao fechar o circuito, ou seja, o que acontece com agulha com a passagem de uma corrente elétrica pelo fio condutor?
A agulha sofreu um desvio (deflexão).
Observa-se que a agulha sofre uma deflexão. Quantos graus há entre a agulha imantada e o fio condutor? (Faça essas medição com o auxílio do transferidor)
50° graus
Crie uma hipótese sobre o fato observado.
Eu acho que, os comentos elétricos interferem nos comentos magnéticos próximos à bússola.

Continuando com o experimento, afastou-se o fio da agulha imantada, aumentando com pequenas variações a altura o fio rígido nos postes, a cada variação na altura mediu-se o ângulo entre a agulha e o fio, tomando cuidado para mantermos o fio e a agulha magnética paralelos. Em seguida, os estudantes responderam as questões:

4. O que ocorre com os ângulos medidos? O que podemos afirmar com relação ao observado?

5. Com o fio na posição inicial, mantendo a distância de 1 cm entre o fio e a agulha da bússola, vamos inverter as conexões do fio rígido trocando os polos negativo e positivo na bateria. O que acontece com a deflexão da agulha?
6. Agora vamos organizar os equipamentos de modo que a agulha imantada fique por cima do fio rígido utilizando o suporte mais alto da agulha figura 4b. O que ocorre com a deflexão da agulha imantada sobre o fio em relação à quando ela estava por baixo do fio?

Figura 16 perguntas e as respostas do estudante 2.

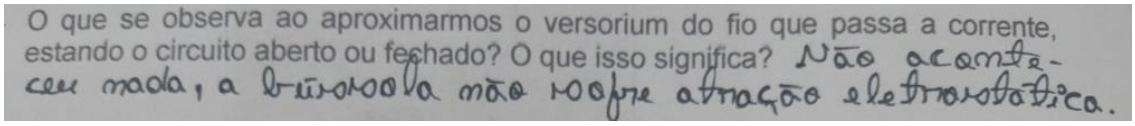

5- O que ocorre com os ângulos medidos? O que podemos afirmar com relação ao observado? Os ângulos foram diminuídos na medida em que foi se afastando o fio. Quanto maior a distância entre o fio e a bussola, menor vai ser a deflexão.

6- Com o fio na posição inicial, mantendo a distância de 1 cm entre o fio e a agulha da bússola, vamos inverter as conexões do fio rígido trocando os polos negativo e positivo na bateria. O que acontece com a deflexão da agulha?
A deflexão inverteu.

7- Agora vamos organizar os equipamentos de modo que a agulha imantada fique por cima do fio rígido utilizando o suporte mais alto da agulha figura 4b. O que ocorre com a deflexão da agulha imantada sobre o fio em relação à quando ela estava por baixo do fio? Sentidos opostos (Oeste e leste)
A deflexão inverteu. Baixo e cima.

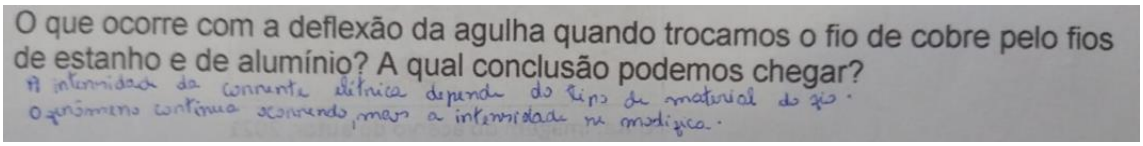
O arranjo experimental foi posto na configuração inicial e testou-se se a corrente exerce algum efeito sobre alguns materiais. Para isso utilizamos o versorium elétrico construído com canudo de plástico, um pedaço de arame e uma rolha. O que se observa ao aproximarmos o versorium do fio que passa a corrente, estando o circuito aberto ou fechado? O que isso significa? Veja a resposta para essa pergunta do estudante 1 na Figura 17

Figura 17 resposta do estudante 1.


O que se observa ao aproximarmos o versorium do fio que passa a corrente, estando o circuito aberto ou fechado? O que isso significa? Não acontece nada, a bussola não sofre atração eletrostática.

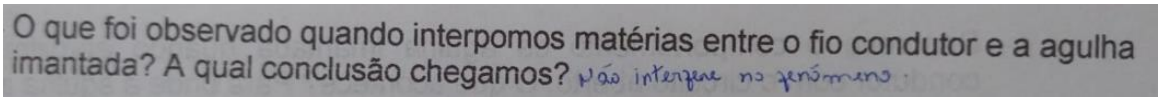
Em seguida, o material do fio rígido foi alterado. Repetimos a experiência com a agulha imantada, substituímos o fio condutor de cobre pelos fios de estanho e de alumínio. Em seguida perguntou-se: O que ocorre com a deflexão da agulha quando trocamos o fio de cobre pelos fios de estanho e de alumínio? A qual conclusão podemos chegar? Resposta do estudante 3 na FIGURA 18.

Figura 18 resposta do aluno 3.



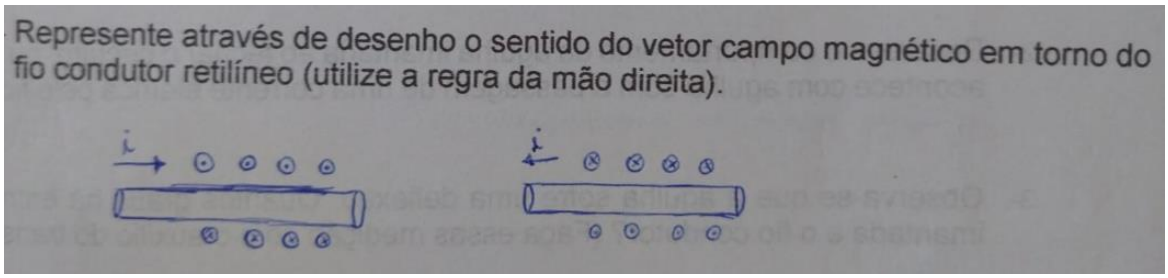
Depois, interpomos materiais entre a agulha imantada e o fio condutor, pode-se utilizar Placas finas de plástico, papel, madeira, isopor, guardanapos. O que foi observado quando interpomos matérias entre o fio condutor e a agulha imantada? A qual conclusão chegamos? Resposta do estudante 3 a essa pergunta na Figura 19.

Figura 19 resposta do estudante 3.



Por fim, foi pedido aos estudantes que Representassem através de desenho o sentido do vetor campo magnético em torno do fio condutor retilíneo (utilize a regra da mão direita). Nesse momento, o professor interviu, explicando a regra da mão direitas e demonstrando a representação simbólica do campo magnético que é gerado em torno do fio. Representação do estudante 3 na Figura 20.

Figura 20 representação do campo magnético em volta de fio retilíneo feito pelo estudante 3.

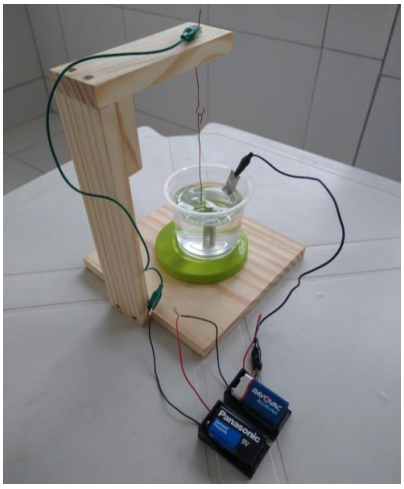


4.1.2 Atividade 2: Motor Elétrico de Faraday

Esse experimento foi desenvolvido de acordo com a proposta de (MEDEIROS; SANTOS, 2017), o objetivo foi demonstrar que é possível obter movimento contínuo através dos efeitos de uma corrente elétrica associada aos efeitos de um campo magnético de um ímã. A prática teve caráter demonstrativo e possibilitou a ilustração de alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e propiciou aos estudantes a elaboração de representações concretas. Os matérias utilizados para produzir o equipamento foram: Um suporte de madeira, nesse caso foi utilizado madeira de pinos; um recipiente de plástico ou vidro transparente com volume de 250 ml com água; uma colher de sopa de sal de cozinha; 25 cm de fio de cobre esmaltado; um conjunto de ímãs de neodímio em forma de cilindro de no mínimo 10 cm; duas bateria de nove volts; dois suporte para bateria de 9 V; dois cabos de 20 cm para conexão dos terminais da bateria para o protótipo; uma chapinha de alumínio de 25 mm x 40 mm.

A mostrar o arranjo experimental pronto para ser utilizado.

Figura 21 arranjo experimental do motor elétrico de Faraday.



Fonte: acervo do autor, 2022.

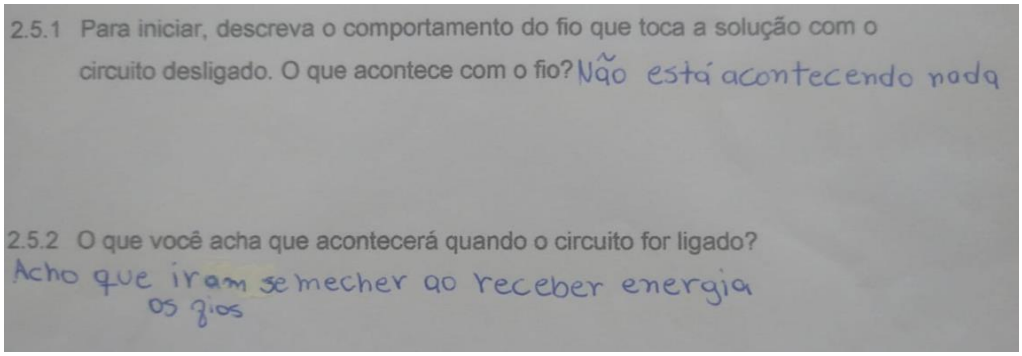
Inicialmente foi feito uma contextualização da época que os trabalhos de Michael Faraday foram realizados, lembrando dos feitos de Cristian Oersted e da descoberta do comportamento do efeito magnético gerado por uma corrente elétrica, essa descoberta, levou a conclusão de que as linhas de campo magnético são circulares em torno do fio condutor. Nesse momento também foi comentado sobre o interesse de Faraday em estudar a possível

transformação da energia elétrica em movimento, fato que o levou a realizar o experimento que ficou conhecido como o motor de Faraday.

Na sequência, iniciou-se o experimento, e os estudantes foram instigados a responderem as seguintes questões:

1. Para iniciar, descreva o comportamento do fio que toca a solução com o circuito desligado. O que acontece com o fio?
2. O que você acha que acontecerá quando o circuito for ligado?

Figura 22 respostas do estudante 5.



Em seguida, o professor comentou que ao fechar o circuito, uma corrente elétrica fluirá entre os polos das baterias, passando antes pela solução de água e sal e pelo campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Logo após, estimulou os estudantes a manipularem o equipamento como mostra a FIGURA 23. Depois, os estudantes responderam as questões:

Figura 23 (a) estudantes manipulando o equipamento, (b) estudante manipulando o equipamento e outros observando.

(a) (b)

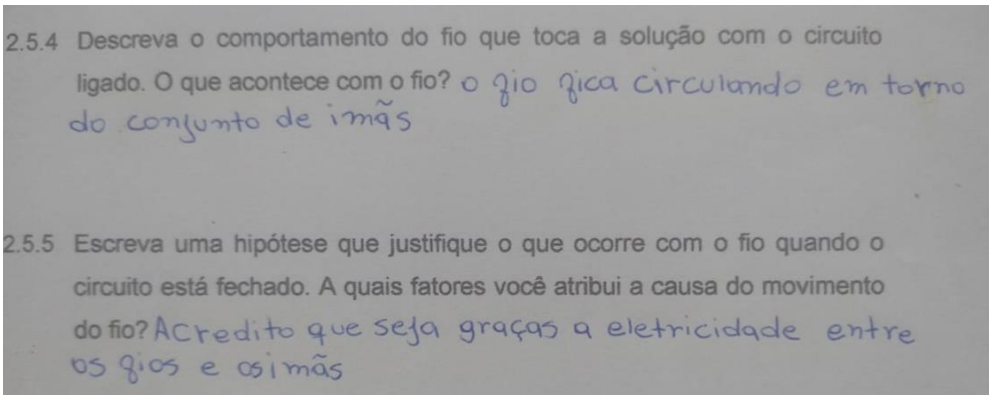
Fonte: acervo do autor, 2022.

3. Descreva o comportamento do fio que toca a solução com o circuito ligado. O que acontece com o fio?

4. Escreva uma hipótese que justifique o que ocorre com o fio quando o circuito está fechado. A quais fatores você atribui a causa do movimento do fio?

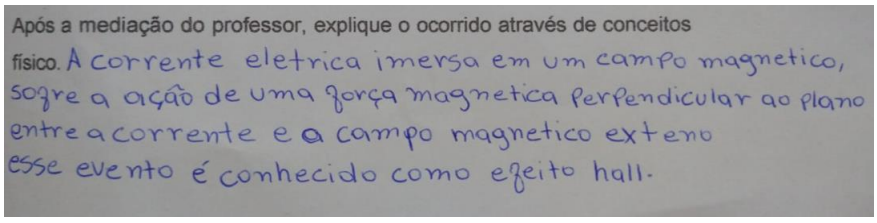
Veja as respostas do estudante 5 para essas perguntas na Figura 24.

Figura 24 perguntas e as respostas do estudante 5.



Depois, o professor abriu um diálogo explanando as causas e os efeitos do fenômeno explicando através de conceitos físicos, e por fim, os estudantes responderam a seguinte questão: Após a mediação do professor, explique o ocorrido através de conceitos físico. A FIGURA 25 apresenta a resposta do estudante 6.

Figura 25 resposta do estudante 6.



4.1.3 Atividade 3: Faça você mesmo! Construindo e identificando os polos norte e sul de um eletroímã

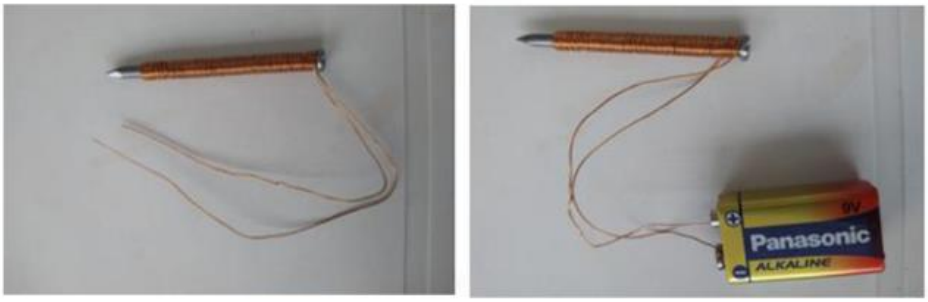
Nessa atividade, os estudantes foram separados em grupos, cada equipe recebeu os materiais para confeccionar o seu próprio eletroímã, os materiais utilizados foram: Prego caibrar; fio de cobre esmaltado; bateria de 9 volts; clipes metálicos; bússola.

Os objetivos dessa atividade foram demonstrar que o campo magnético que surge nas proximidades de um condutor elétrico pode dar origem a um eletroímã e identificar os polos do eletroímã, debater com os estudantes sobre a direção e o sentido do vetor campo magnético que surge no solenoide utilizando a regra da mão direita.

Para construir o eletroímã cada equipe foi orientada a seguir os seguintes passos. Enrolar o prego com o fio de cobre esmaltado formando um solenoide com duas camadas deixando sobras de 20 cm nas extremidades, queimar as extremidades do fio esmaltado para retirar o esmalte de pontas. Em seguida, conectar as extremidades do fio aos polos da bateria como mostra aFIGURA 1**Erro! Fonte de referência não encontrada.**26. Depois foi só testar se funciona.

Ao produzirem o protótipo, os estudantes compreenderam melhor o funcionamento do mesmo e manusearam com mais propriedade, pois passaram a conhecer suas fragilidades. Esse experimento também tem o caráter investigativo, pois a identificação dos polos do eletroímã não foi uma tarefa tão trivial para os estudantes. Durante o processo de produção o professor passou pelas equipes dando algumas orientações sobre a montagem do equipamento, veja na Figura 27.

Figura 26 do lado esquerdo, prego enrolado com duas voltas de fio de cobre esmaltado, no direito o eletroímã pronto.



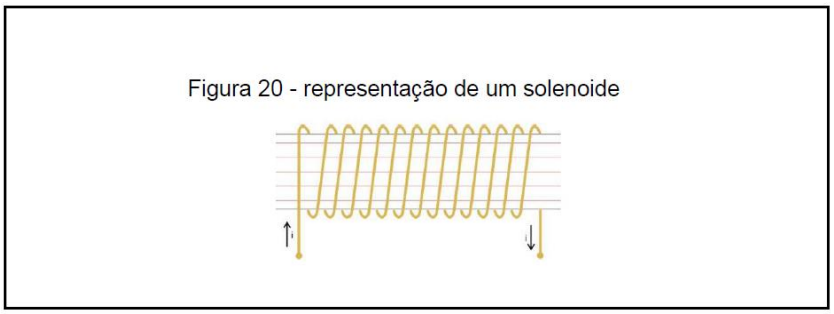
Fonte: acervo do autor, 2022.

Figura 27 professor orientando os estudantes.

Fonte: acervo do autor, 2022.

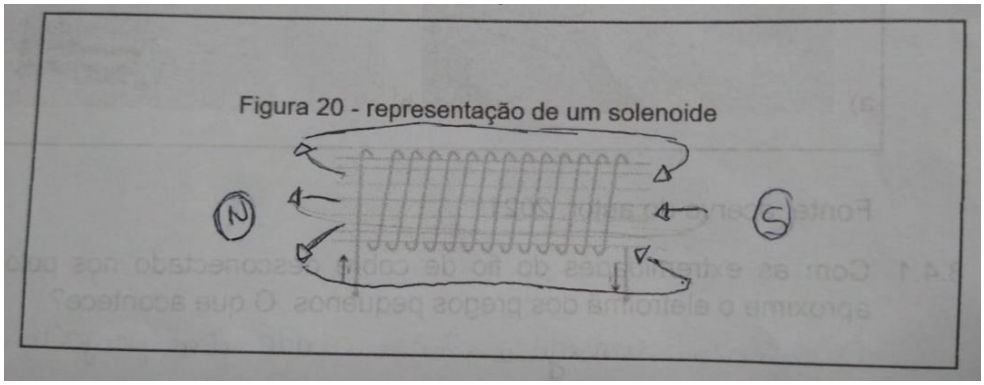
Após a confecção do eletroímã os estudantes foram instigados a realizarem os seguintes procedimentos e responderem as questões:

1. Com as extremidades do fio de cobre conectado nos polos da bateria aproxime o eletroímã dos clipes metálicos. O que acontece?
2. Explique do ponto de vista físico o porquê de o prego passar a atrair os clipes?
3. Na sequência aproxime uma das extremidades do eletroímã da bússola. Qual a cor da extremidade da agulha da bússola foi atraída pelo eletroímã?
4. Invertendo a conexão do fio nos terminais da bateria, qual a cor da extremidade da agulha é atraída pelo eletroímã?
5. Qual a relação entre o sentido da corrente elétrica convencional e os polos do eletroímã?
6. Observe o aspecto do solenoide percorrido por corrente elétrica representado na figura abaixo. Represente através de desenho o aspecto das linhas de campo magnético produzidos por ele. Qual a direção e o sentido (use a regra da mão direita) do vetor indução magnética no interior do solenoide para identificar os polos do eletroímã.



Veja como o grupo 1A representou as linhas de campo magnético na figura representando o aspecto de um solenoide na

Figura 28 representação das linhas de campo magnético em um solenoide feita pelo grupo 1A.



5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados obtidos com a realização do teste de sondagem e teste final são apresentados e discutidos nesse capítulo. A análise concentrou-se nas respostas dadas pelos estudantes no teste de sondagem e do teste final. Ambos os testes foram elaborados com questões subjetivas (abertas), o pré-teste com objetivo de analisar os conhecimentos que norteariam os conteúdos da sequência didática aplicada. Já o teste final, foi elaborado seguindo os princípios da TRB (ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, 2001) para analisar se os estudantes adquiriram algumas concepções científicas sobre tópicos de magnetismo. Com isso, tentou-se fazer um paralelo comparando as concepções iniciais que os estudantes apresentaram no pré-teste com as explicações finais, após o teste final.

Dispomos nesse percurso sobre a construção do conhecimento proporcionado pela interação entre professor e estudantes durante a intervenção didático-pedagógica. Utilizou-se o instrumento de análise de conteúdo de (BARDIN, 1977), estabeleceu-se como unidade temática as explicações-descrições fornecidas pelos estudantes para descrever fenômenos magnéticos relacionados aos campos magnéticos formados por correntes elétricas. A unidade de registro (*UR*) levou em consideração o pensamento de (VYGOTSKY, 1991), e foi construída com base no trabalho de (BARBOSA; BATISTA, 2018) e de (BLOOM, 1956). As *UR* foram definidas como:

UR.1 Conhecimento espontâneo: a resposta não apresenta conceitos físicos e nem ideias científicas. É uma etapa não-consciente, onde o estudante concentra sua atenção para o objeto em observação.

UR.2 Conhecimento efetivo: a resposta apresenta conceitos físicos, jargão, mas concentra-se em aspectos que a física desconsidera para explicar fenômenos magnéticos relacionados aos campos magnéticos. Neste estágio, os estudantes se encontram na zona de transição entre um pensamento não-consciente e o consciente.

UR.3 Conhecimento conceitual: a resposta apresenta conceitos físicos, jargão e concentra-se em aspectos que a física utiliza para explicar os fenômenos magnéticos. Neste estágio, o estudante possui consciência dos seus processos mentais, entretanto utiliza a linguagem do outro para se expressar.

UR.4 Conhecimento procedural: a resposta utiliza métodos, critérios, algoritmos e técnicas de “como realizar alguma coisa”. Como por exemplo, aplicar a regra da mão direita para determinar a direção e o sentido do campo magnético. Nesse momento, o conhecimento abstrato começa a ser estimulado, mas dentro de um contexto único e não interdisciplinar.

UR.5 Conhecimento Metacognitivo: a resposta apresenta consciência da amplitude e profundidade de conhecimento físico. Em contraste com o conhecimento procedural, esse conhecimento é relacionado à interdisciplinaridade. No decorrer desse estágio, o estudante vai além da linguagem do outro, isto é, ele se expressa com linguagem própria, o que o leva à ressignificação dos conceitos físicos.

Os resultados apresentados a seguir são discutidos dentro de quatro perspectivas: a mediação, a internalização dos conceitos, a Zona de Desenvolvimento Proximal e a formação de conceitos.

5.1 RESULTADO DO TESTE DE SONDAGEM (PRÉ-TESTE)

Através das informações coletadas no teste de sondagem foi possível evidenciar o primeiro nível de consciência dos estudantes, o não-consciente. O conteúdo não-consciente, caracteriza-se pelo fato da utilização de termos e ideias relacionadas ao seu contexto social e pela ausência de conceitos científicos. Segundo (VYGOTSKY, 1897), isso acontece porque ao lidar com conceitos espontâneos os estudantes não estão conscientes deles. Eles concentram sua atenção no objeto ao qual se referem, e não no ato de pensamento. Foi possível observar quando perguntado na Questão 1: O que você conhece a respeito do magnetismo? A Tabela 3 apresenta a resposta de alguns dos estudantes.

TABELA 3 - Respostas de alunos no teste de sondagem quando perguntado: O que você conhece a respeito do magnetismo?

Aluno 1	Ele é tipo uma força invisível, exemplo quando você pegar dois ímãs a certa distância eles não possuem essa força, só quando vai aproximando até que eles se colidem.
Aluno 2	Magnetismo é a atração de 2 objetos (iguais/mesmo material).

Aluno 3	É a interação entre campos magnéticos.
Aluno 4	É uma força que atrai dois polos magnéticos.
Aluno 5	Acho que é uma estrutura de duas coisas que se unem.
Aluno 6	Magnetismo é um elemento da tabela periódica, são encontrados em ímãs também.
Aluno 7	Nunca ouvi falar
Aluno 8	Que lados opostos dos ímãs se atraem e que eles atraem metais.
Aluno 9	Tipo um objeto que atrai outro com sua força magnética.
Aluno 10	São energias que quando se encontram e ficam grudadas juntas.

Percebeu-se que as respostas dos estudantes não foram embasadas em conceitos científicos bem como não foram utilizados termos técnicos, da Física. Pelo contrário, foram baseadas em conhecimento espontâneo. Uma parte considerável dos estudantes das duas turmas responderam à pergunta utilizando objetos do seu cotidiano como exemplo. Segundo Vygotsky, isso é resultado das interações sociais, às quais os estudantes pertencem. Segundo Bloom, o processo cognitivo para responder a essa pergunta é o do *lembrar*, ou seja, basta o estudante recordar uma informação ou situação vivenciada, conforme foi discutido na seção 2.3 – Taxonomia de Bloom.

Quando os estudantes são questionados sobre algumas situações que possivelmente foi vivenciada, as respostas demonstram que, o conhecimento espontâneo é dominante, até porque, no momento de aplicação do pré-teste, os conceitos científicos sobre magnetismo ainda não tinham sido abordados com as turmas. Observe as respostas de alguns estudantes na Tabela 4 quando perguntados na questão 4: Quais as propriedades dos ímãs que você conhece? A maioria dos estudantes buscam o processo cognitivo do *aplicar* para responder a essa pergunta, lembrando da aplicação desse objeto no seu dia-a-dia.

Tabela 4 respostas de alguns estudantes quando perguntados: Quais as propriedades dos ímãs que você conhece?

Aluno 1	Eles servem para guardar coisas, tipo pregos, e outros metais, ou seja, eles puxam as coisas a certa distância.
Aluno 2	Ele se conecta/atrai materiais de metal.
Aluno 3	Atrair e repelir
Aluno 4	Serve como corrente elétrica.

Aluno 5	Eles podem se atrair ou se repelir, dependendo do material do objeto, como ferro, metais.
Aluno 6	A função de atrair peças, objetos metálicos.
Aluno 7	Atrai metal.
Aluno 8	Magnetismo.

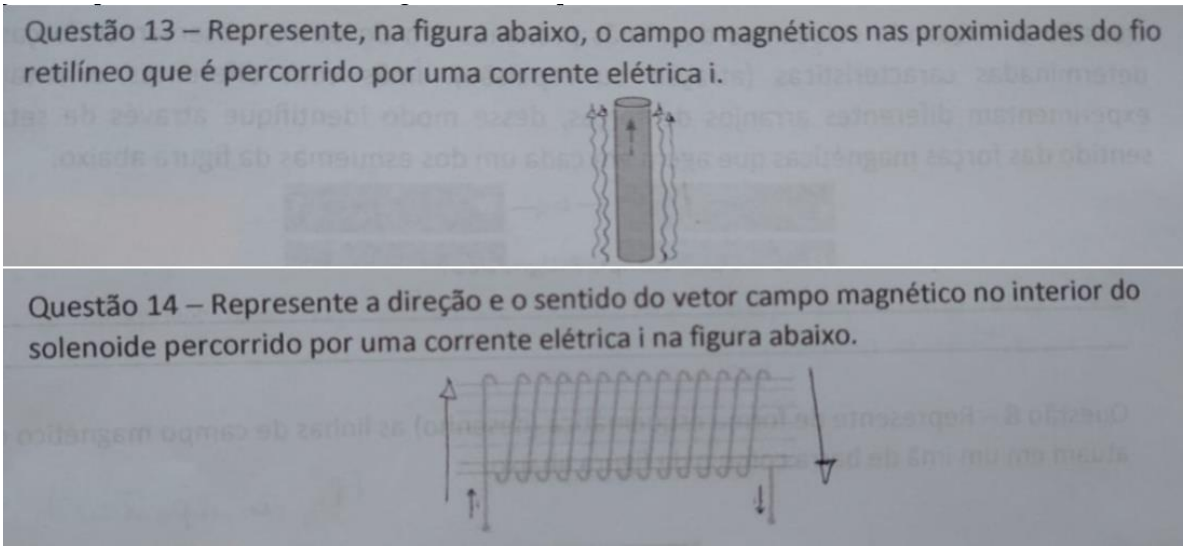
Quando a pergunta do teste de sondagem exigiu um conhecimento conceitual e o processo cognitivo que o estudante deveria realizar foi o *entender*, percebeu-se uma enorme dificuldade nas respostas dos estudantes, recorrendo às concepções espontâneas. Veja as respostas de alguns estudantes na Tabela 5 quando perguntados: O que você entende por campo magnético?

Tabela 5 respostas dos estudantes quando perguntados: O que você entende por campo magnético?

Aluno 1	Ouvi falar que a Terra possui um campo magnético na natureza é encontrado o magnetismo.
Aluno 2	Já ouvi falar sobre, mas não lembro.
Aluno 3	Uma fez vi em um filme que a Terra possui um campo magnético.
Aluno 4	É onde existe muita energia magnética.
Aluno 5	Corpo que produz energia elétrica através de um condutor elétrico.
Aluno 6	Um campo que atrai ou repele objetos. No caso do campo eletro magnético, os elétrons dos átomos são atraídos por elétrons no ar (o campo eletro magnético).
Aluno 7	Acho que deve ser um lugar pelo qual, atrai as coisas, metálicas.
Aluno 8	É um espaço que atrai metais variados.
Aluno 9	Acho que é um campo que quando alguma coisa de metal entra é sugada.
Aluno 10	Que um campo magnético e um campo que cujo centralizado em uma pequena área e capaz de atrair metais.
Aluno 11	É um campo que atrai o magnésio para algum objeto ou algo que receba magnésio.
Aluno 12	Um campo que está em volta dos ímãs, um tipo de força que não é possível ver.

Reforçando o fato de que o conhecimento espontâneo predominou na aplicação do teste de sondagem, observou-se que quando a pergunta exigiu conhecimento procedimental, com necessidade de aplicação de método específico para realizar alguma coisa, como por exemplo, aplicar a regra da mão direita para determinar a direção e o sentido de um campo magnético, nenhum estudante conseguiu representar de forma adequada, ou seja, não utilizaram símbolos que a física recomenda. E mesmo utilizando concepções alternativas nenhum aluno conseguiu responder corretamente. Observe na Figura 29, como o estudante 1 representou os campos magnéticos em volta do fio retilíneo e no solenoide, respectivamente.

Figura 29 Questão 13 e 14 do teste de sondagem com as respostas do aluno 1.



Logo, os resultados apresentados no teste de sondagem evidenciaram a ausência do processo de internalização dos signos e significados físicos, por parte dos estudantes que foram exigidos no teste. Embora, parte significante das respostas estejam erradas do ponto de vista físico, estas são importantes na perspectiva de Vygotsky, pois reforçam a teoria de que a interação social desempenha um papel importante no desenvolvimento do ser humano, já que, boa parte das respostas a estes questionamentos foram formuladas a partir de concepções alternativas baseadas no contexto social no qual cada aluno está inserido.

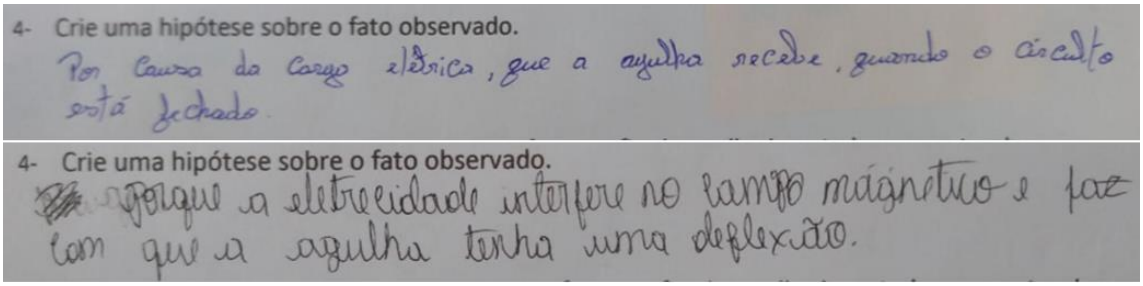
5.2 A MEDIAÇÃO

Para Vygotsky, a aprendizagem está relacionada com o processo de internalização, no qual os estudantes passam a dominar os códigos culturais (signos e significados). Nessa pesquisa de mestrado, esse processo ocorreu na etapa da mediação que aconteceu durante a intervenção didática-pedagógica. A mediação é a etapa de desenvolvimento do pensamento que trata da presença dos estímulos e signos que são capazes de modificar as atividades psíquicas do ser humano. Neste caso, signos, símbolos e significados físicos que, corroboraram com a formação de conhecimentos científico dos estudantes.

Durante a aplicação das atividades experimentais foram evidenciados alguns aspectos que são relevantes na perspectiva de Vygotsky. Os experimentos ilustraram aspectos dos fenômenos físicos tratados, tornaram-nos perceptíveis e criaram um tipo de conteúdo simbólico que representou situações reais no universo imaginário dos estudantes. Operar com sistema simbólico e com à abstração proporcionou generalizações em algumas situações ocorridas nos experimentos. Como por exemplo, na Atividade 1, quando foi proposto ao aluno que afastasse o fio da agulha imantada, aumentando com pequenas variações a altura do fio rígido nos postes, e a cada variação na altura medisse o ângulo entre a agulha e o fio. Em seguida, os estudantes foram questionados sobre o que ocorreu com os ângulos medidos? O que podemos afirmar com relação ao observado? Foi quase unânime, os estudantes perceberam que quando amentava a distância, o efeito do campo magnético criado pela corrente elétrica que passava no fio diminuía.

Outro ponto importante foi a percepção do conhecimento espontâneo. As atividades ofereceram a oportunidade de os estudantes criarem sua hipótese sobre o fenômeno analisado, momento marcado por muita interação entre eles. Para Vygotsky, a interação social provoca a mudança e o desenvolvimento das funções psíquicas superiores. Para ele, o desenvolvimento do pensamento do ser humano inicia-se com fatores sociais e vai para os fatores individuais. Isso foi observado nas três atividades. A Figura 30 mostra a resposta de dois estudantes quando pedido para criar uma hipótese sobre o desvio sofrido pela agulha da bússola próxima do fio condutor na atividade 1.

Figura 30 respostas de dois alunos quando estimulados a criarem uma hipótese sobre o movimento da agulha da bússola na atividade 1.



Durante a intervenção didática-pedagógica, o professor atuou como mediador e estabeleceu interações que permitiram o compartilhamento de conhecimentos científicos com os estudantes. Foi através da interação entre professor-aluno que os estudantes confrontaram as concepções espontâneas e passaram a internalizar os signos e significados físicos, mesmo que isso tenha ocorrido de forma parcial. Para Vygotsky, essa interação pode promover avanços na aprendizagem que não seriam alcançados caso os estudantes estivessem realizando estas atividades sozinhos. Fato observado nas respostas dos estudantes durante as atividades.

Com relação às respostas dadas pelos estudantes nas atividades ao longo da sequência didática, percebeu-se a prevalência dos conhecimentos, efetivo e conceitual, utilizando os processos cognitivos do lembrar, entender e aplicar. A grande maioria dos estudantes recorreu às explicações reprodutivas, utilizando conceitos físicos corretos, mas, reproduzindo a linguagem usada pelo professor.

A atividade 1 caracterizou-se como uma experimentação de verificação. A mesma contribuiu para tornar o ensino mais realista, motivou os estudantes, desenvolveu a capacidade de promover generalizações a partir das análises feitas e, facilitou a compreensão e a interpretação do fenômeno observado.

O trabalho em equipe desenvolvido na atividade 3 foi outro ponto positivo da sequência didática. A interação aluno-aluno foi bastante produtiva, evidenciou-se que os estudantes compartilharam seus conhecimentos e que, o trabalho colaborativo foi fundamental na construção do eletroímã proposto na atividade. Foi possível perceber que o conhecimento procedural foi estimulado, já que, os estudantes foram instigados a produzir um protótipo e realizar os procedimentos para identificar os polos dos eletroímãs produzidos por eles.

Entretanto, a experiência proposta na atividade 2, caracterizou-se como uma experimentação de demonstração fechada, apesar de ter ilustrado o fenômeno observado e de

ter aberto espaço para os estudantes formularem hipóteses, não estimulou de maneira efetiva a criatividade e tornou o professor o centro das atenções, já que o próprio, manuseou os equipamentos na maior parte do tempo.

Portanto, a etapa da mediação foi marcada por muita interação e troca de experiências entre estudantes e professor. Foi possível evidenciar que as atividades experimentais corroboraram com o processo de internalização proposto por Vygotsky e desenvolveu habilidades que os estudantes ainda não haviam demostrado.

5.3 ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL DURANTE A INTERVENÇÃO DIDÁTICA

Para Vygotsky, o conceito de zona de desenvolvimento proximal, relaciona-se com as funções que ainda não amadureceram, mas que amadurecerão com a ajuda de outra pessoa com mais capacidade. Esse conceito tem como base a existência de uma diferença entre o conhecimento obtido quando alguém desenvolve uma tarefa sozinho, chamada de Nível de Desenvolvimento Real e quando desempenha uma atividade com a ajuda de outra pessoa, que pode ser o professor ou até mesmo com a cooperação de um colega da turma, chamado de Nível de Desenvolvimento Potencial (VYGOTSKY, 1991).

Durante a intervenção didática, evidenciou-se alguns aspectos relacionados à Zona de Desenvolvimento Proximal, como por exemplo, representar as linhas de forças de campo magnético em torno de um fio retilíneo e do solenoide. No teste de sondagem, nenhum estudante representou as linhas de campo magnético de forma adequada, exemplo na Figura 29. Entretanto, durante a aplicação dos experimentos com a intervenção do professor, os estudantes conseguiram representar os campos de forma adequada nas duas situações, Figura 20 e Figura 28.

5.4 RESULTADO DO TESTE FINAL

Apresenta-se nesse tópico, as respostas dadas por alguns estudantes no Teste Final, aplicado após a intervenção didática, concomitantemente, é feita uma breve discussão buscando evidenciar as contribuições das atividades experimentais aplicadas na sequência didática em relação ao processo de formação de conceitos proposto por Vygotsky e quais os processos cognitivos utilizados pelos estudantes para responder as questões. O teste foi composto de dez questões subjetivas organizadas para analisar os conhecimentos Efetivo, Conceitual, Procedural e Metacognitivo, proposto por (ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, 2001) na TRB.

Iniciamos a análise a partir da primeira questão do Teste Final: Como se chama a região do espaço capaz de exercer forças sobre cargas elétricas em movimento e em materiais dotados de propriedades magnéticas? Essa questão, faz parte da dimensão do conhecimento efetivo, trata-se de uma questão simples que o estudante deve usar o processo cognitivo do lembrar, bastando reproduzir o termo que simboliza esse conceito.

Para essa questão, 35 dos 56 alunos que responderam o Teste Final, conseguiram responder corretamente, escrevendo campo magnético, o que corresponde a 62,5%. Cinco estudantes responderam, equivocadamente, campo elétrico. Seis estudantes não conseguiram responder deixando a questão em branco, sem resposta. Os demais, responderam de forma inadequada, com aspectos que a física não considera, ou seja, com respostas desconexas com o assunto tratado.

Na questão dois: Quais as propriedades dos ímãs que você conhece? Essa questão também explorou o conhecimento efetivo e o processo cognitivo utilizado para responde-la foi o do lembrar, porém, no Teste de Sondagem, alguns estudantes responderam utilizando o processo cognitivo do aplicar Tabela 4, recorrendo a aplicações dos ímãs no seu dia-a-dia, deixando de lado os aspectos conceituais que a física considera. Respostas de alguns estudantes para essa questão na tabela.

Tabela 6 respostas de alguns estudantes para a questão dois do teste final.

Aluno 1	Os ímãs possuem dois polos, norte e sul. Polos iguais se repelem, polos diferentes se atraem.
Aluno 2	Ímãs atraem materiais ferromagnéticos os polos são inseparáveis.

Aluno 3	O íma tem dois polos, norte e sul, e eles são inseparáveis.
Aluno 4	Possuem propriedades de atrair ferromagnéticos, geram campos elétricos ao seu redor.
Aluno 5	Que os ímãs são inseparáveis, tem o polo norte e polo sul que eles atraem matérias ferromagnéticos.
Aluno 6	Atração e repulsão de polos magnéticos têm capacidade de atrair metais.
Aluno 7	Tem a propriedade de atrair polos opostos.
Aluno 8	Atrair componentes ferromagnéticos.
Aluno 9	Eles têm a capacidade de atrair outros metais como ferro e aço.
Aluno 10	Capacidade de atrair materiais ferromagnéticos.

Nas respostas observadas na Tabela 6 constata-se que, ocorreram avanços com relação às respostas que os estudantes deram no Teste de Sondagem. Percebe-se que boa parte dos estudantes citou a capacidade dos ímãs de atrair materiais ferromagnéticos, isso não ocorreu durante o Teste de Sondagem, além disso o aluno 4 cita a inseparabilidade dos polos magnéticos dos ímãs. Porém, uma parte considerável dos estudantes falham ao descrever os conceitos, isso demonstra que eles, nesse aspecto, não dominam o conhecimento efetivo, estando em uma fase intermediária entre o conhecimento espontâneo e o efetivo. Observe a resposta dada pelo aluno 5, apesar de escrever que os ímãs possuem polos norte e sul e atraírem ferromagnéticos, falha quando escreve que os ímãs são inseparáveis. Logo, constata-se que ocorreu internalização dos conceitos, entretanto a etapa de formação de conceito não está completa.

Na questão três: Para onde aponta a agulha de uma bússola sob os efeitos do campo magnético terrestre? Demonstre que entente do assunto explicando a razão desse comportamento. Essa questão explorou o conhecimento conceitual e os processos cognitivos do lembrar e entender. A grande maioria dos estudantes conseguiram responder corretamente para onde a bússola aponta, afirmando que a mesma aponta para o norte geográfico. Porém, não conseguiram explicar através de princípios físicos os motivos. Veja as respostas de alguns dos estudantes na Tabela 7.

Tabela 7 respostas de alguns estudantes para a questão três do teste final.

Aluno 1	Para o norte, se for no campo magnético terrestre quando está no sul magnético, a agulha aponta para o norte terrestre.
Aluno 2	Aponta para o “norte magnético”, pois a bússola é um instrumento com agulha imantada que se atrai pelos pontos magnéticos.
Aluno 3	Para o lado norte, há uma força ao lado norte que atrai o radar das bússolas.
Aluno 4	Aponta, geralmente, para o norte geográfico – sul magnético – devido a um ímã presente na ponta da bússola que aponta para terrestre.
Aluno 5	Ela aponta para o norte terrestre, já que as forças eletromagnéticas vão aquela direção, assim elas acabam movimentando a agulha na direção em que elas vão.
Aluno 6	A bússola aponta aproximadamente para o norte geográfico é o sul magnético.
Aluno 7	Ela aponta para o norte geográfico, e ela aponta quase para o norte por causa do campo terrestre da Terra.
Aluno 8	Para o norte terrestre, pois o norte terrestre é o sul magnético.
Aluno 9	A bússola sofre com o efeito do campo magnético terrestre com isso o norte que a bússola aponta é o norte geográfico mas ao mesmo tempo aponta para o sul magnético.
Aluno 10	A Terra funciona como um ímã gigante, a agulha da bússola segue os campos gravitacionais.

Das respostas apresentadas na Tabela 7 evidenciou-se que, um número significativo de estudante dominara o conhecimento efetivo proposto na questão, conseguindo lembrar de uma informação e reproduzindo-a, no caso, o polo geográfico para onde a bússola aponta. Entretanto, não conseguiram explicar o motivo do fenômeno, evidenciando a falta do domínio do conhecimento conceitual. Apesar das explicações estarem equivocadas do ponto de vista da física, para Vygotsky, elas são importantes, pois demonstra que ocorreu internalização simbólica, mesmo que de forma parcial, isso fica evidente na linguagem utilizada nas respostas dos alunos 5 e 10.

Quando o Aluno 5 escreveu que a bússola aponta para o norte terrestre e que as forças eletromagnéticas apontam na mesma direção fica implícito que ele quer dizer que a agulha da bússola se alinha com as linhas de campo magnético terrestre. Já no caso da resposta do estudante 10, chamou a atenção o fato dele ter escrito que a Terra funciona como um ímã gigante, pois, evidencia que ele reconhece que a Terra possui campo magnético em sua volta, fato que não ocorreu no Teste de Sondagem.

Na questão quatro: O que acontece com a agulha de uma bússola próxima de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno. Aqui também foi explorado o conhecimento conceitual. Parte significativa dos estudantes conseguiram reconhecer que a agulha da bússola sofre um desvio, mas, poucos conseguiram explicar a causa do fenômeno utilizando conceitos que a física considera. Na tabela apresenta-se as respostas de alguns estudantes.

Tabela 8 respostas de alguns estudantes para a questão quatro do Teste Final.

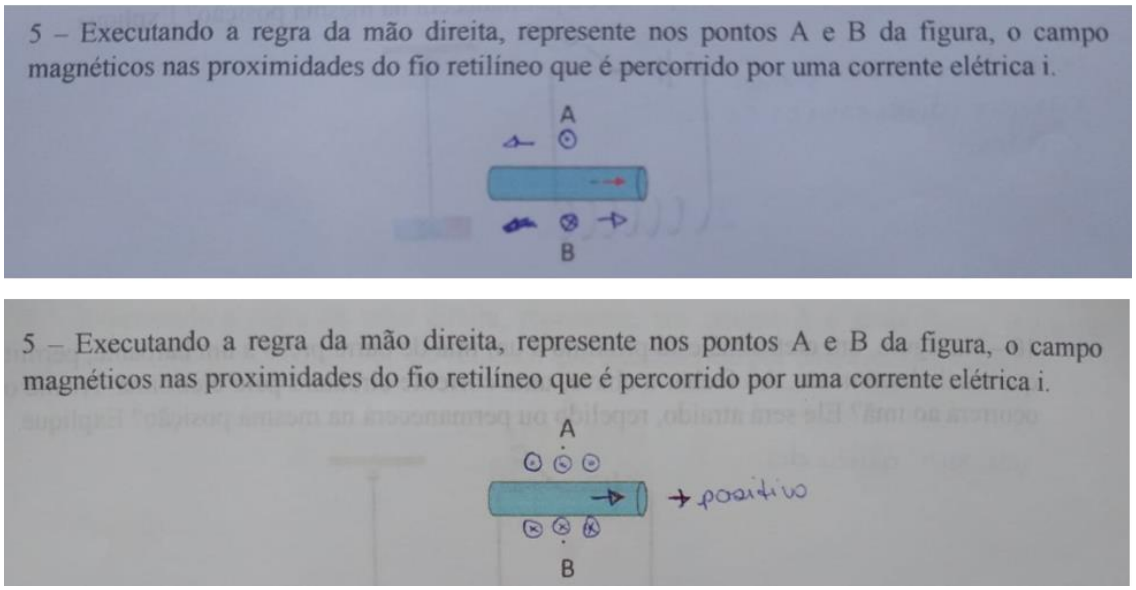
Aluno 1	O campo magnético do fio interfere na bússola com a mudança de direção da agulha da bússola.
Aluno 2	Acontece que não interfere com a eletricidade mas sim com o campo magnético.
Aluno 3	Ela fica se mexendo como se causasse “interferência”. Eu acho que a bússola ou melhor a seta que possui um ímã fica confusa.
Aluno 4	Aponta para outra direção, pois causa a interferência da corrente elétrica.
Aluno 5	Ela reage ao campo magnético criado pela carga elétrica.
Aluno 6	Ela se movimenta aleatoriamente, pois a corrente elétrica interfere nas correntes magnéticas terrestre.
Aluno 7	Ela muda de sentido quando aproximada de um fio condutor, devido a corrente elétrica gerada, e as trocas de elétrons envolvidos.
Aluno 8	Ela começa a se movimentar em vários sentidos, isso ocorre devido ao magnetismo que está passando pelo fio condutor, logo o campo magnético está mais forte, gerando o magnetismo e por isso a agulha da bússola gira em todos os sentidos.

A análise das respostas nessa amostra permite concluir que a etapa de formação de conceitos proposta por Vygotsky, não aconteceu de maneira plena. Apesar dos estudantes terem reproduzido a termologia usada pela física, explicaram de forma inadequada o fenômeno, atribuindo aspectos que a física não considera. As respostas destacadas na Tabela 8 evidenciam isso, os estudantes atribuíram à deflexão da agulha da bússola a uma interferência ocasionada pela corrente elétrica do fio condutor, porém, sabe-se que a agulha da bússola interage com o campo magnético que surge em volta do fio condutor, devido ao movimento das cargas elétrica (corrente elétrica) no fio condutor. Por outro lado, se pode observar que em algumas respostas, ocorreu uma mescla de conhecimento espontâneo com conhecimento científico, mostrando que

esse conceito ainda não está maduro, mas que amadurecerá com a ajuda de outra pessoa mais capaz através da interação entre eles, caracterizando a Zona de Desenvolvimento Proximal.

Na questão cinco: Executando a regra da mão direita, represente nos pontos A e B da figura, o campo magnético nas proximidades do fio retilíneo que é percorrido por uma corrente elétrica i. O conhecimento explorado nessa questão foi o procedural e o processo cognitivo foi o aplicar. Deferente do que aconteceu no Teste de Sondagem, onde nenhum estudante conseguiu representar de maneira adequada, aqui no Teste Final uma pequena parte dos estudantes conseguiram representar o campo em volta do fio retilíneo, veja na Figura 31.

Figura 31 representação do campo magnético em torno de um fio retilíneo feito por estudantes.

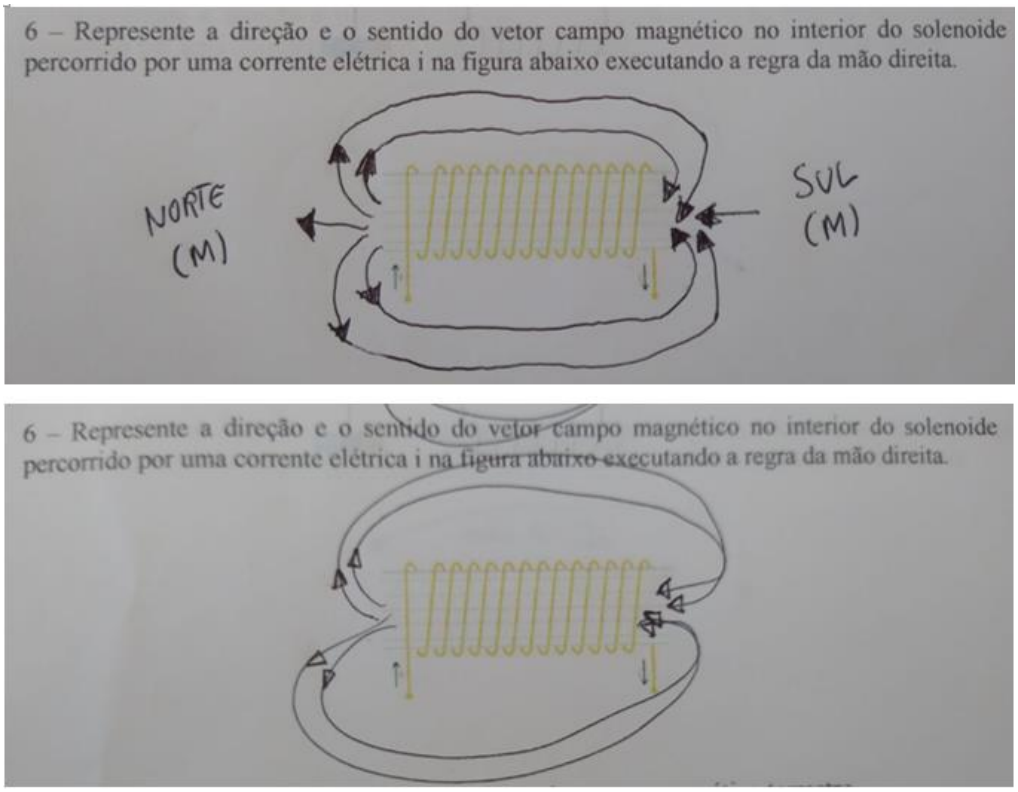


Constatou-se que, os estudantes que conseguiram representar o sentido do campo magnético em torno do fio, dominam o conhecimento procedural de aplicar a regra da mão direita para fios retilíneos. É possivel que eles consigam reproduzir esse conhecimento em outras situações, logo, ficou evidente que ocorreu internalização dos signos e significados, e consequêntimente, a formação de conceito, constatanto a caracterização da expressão de um pensamento consciente.

Na questão seis: Represente a direção e o sentido do vetor campo magnético no interior do solenoide percorrido por uma corrente elétrica i na figura abaixo executando a regra da mão direita. Assim como na questão cinco, aqui também, foram explorados o conhecimento procedural e o processo cognitivo do aplicar. Percebeu-se que um número bem pequeno dos estudantes conseguiu executar esse procedimento de forma adequada, porém, quando esse

quesito foi feito no Teste de Sondagem, nenhum estudante havia conseguido representar adequadamente, demonstrando um pequeno avanço. A Figura 32 mostra a representação feita por dois estudantes.

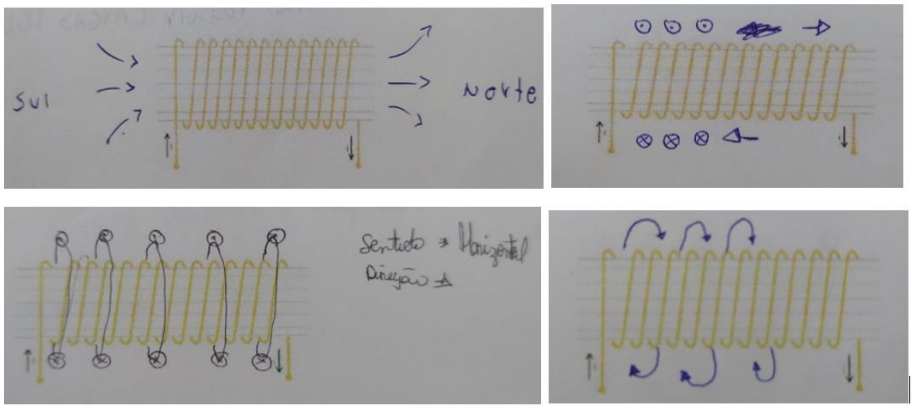
Figura 32 representação feita por alunos das linhas de campo magnético para um solenoide.



Para esse grupo de estudante, constata-se que eles adquiriram o conhecimento procedural de aplicar a regra da mão direita e determinar o sentido do campo magnético em solenoides. Provando que ocorreu a internalização dos símbolos físicos e a formação de conceitos, etapa que é caracterizada pelo pensamento consciente.

Entretanto, a outra parte dos estudante, a maioria, não conseguiu executar esse quesito. Alguns não respoderam, e os que tentaram, representaram de maneira inadequada do ponto de vista físico. A FIGURA 33 mostra a representação equivocada de alguns estudantes.

Figura 33 representações equivocadas das linhas de campo magnético em solenoide feita por estudantes.



Constata-se que, esse grupo de alunos não dominam o conhecimento procedural físico para determina o sentido das linhas de campo magnético em solenoides, ficou evitente que não ocorreu a internalização dos signos e nem a formação dos conceitos, porém, pensando na aprendizagem como um processo contínuo, pode-de dizer que nesse quesito, esse grupo está na Zona de Desenvolvimento Proximal, pois, todos os estudantes realizaram essa atividades durante a intervenção-didatica com a ajuda do professor, o que leva a crêr, que esse conhecimento está amaurecendo nos estudantes.

Na questão sete: Represente através de um desenho as linhas do campo magnético terrestre. Esse quesito requereu conhecimento efetivo e exigiu dos alunos o processo cognitivo de lembrar. Quinze estudantes representaram corretamente, pode parecer um número pequeno, mas, se levarmos em conta o Teste de Sondagem, grande parte dos estudantes demostrou desconhecer a existência do campo magnético terrestre, logo, caracteriza-se como avanço.

Figura 34 representação do campo magnético terrestre feito pelos estudantes.

Na questão oito apresentada na Tabela 9: Relacione, atribuindo a relação que existe entre, uma corrente elétrica que percorre um fio condutor e um campo magnético. Esse quesito

explorou o conhecimento conceitual e exigiu dos estudantes os processos cognitivos do lembrar, entender e analisar. Apesar de não terem realizado uma descrição aprofundada, boa parte dos estudantes conseguiram relacionar a capacidade da corrente elétrica de criar campo magnético em volta do fio condutor, esse resultado indica avanço na aprendizagem dos estudantes, pois, nenhum estudante fez esta relação no Teste de Sondagem.

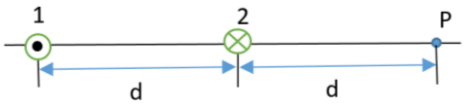
Tabela 9 Respostas de alguns estudantes para a questão 8 do teste final.

Aluno 1	O fio condutor passando a corrente elétrica, pela passagem elétrica no fio meio que cria um campo magnético sobre o fio.
Aluno 2	O campo magnético é formado em torno de uma corrente elétrica.
Aluno 3	A relação que existe entre elas é que as cargas elétricas criam o campo magnético em sua volta, ou seja, no espaço.
Aluno 4	Corrente elétrica ela ocorre no fio, ou seja, ela vai passando pelo fio, gerando assim um campo magnético em volta do fio.
Aluno5	Uma corrente que percorre um fio condutor tem a capacidade de gerar um campo magnético.
Aluno 6	A corrente elétrica cria um campo magnético perpendicular a força da eletricidade.
Aluno 7	A corrente elétrica está dentro de um campo magnético.
Aluno 8	Criando um campo, a corrente elétrica transmite carga, gerando assim um campo magnético.
Aluno 9	A corrente elétrica forma um campo elétrico ao redor do fio condutor.
Aluno 10	Na corrente, existem cargas elétricas que se movimentam e são capazes de gerar campo magnético ao seu redor.

Ficou evidente que ocorreu avanço na aprendizagem dos estudantes que consenguiram relacionar o surgimento do campo magnético com o movimento das cargas elétricas. Mesmo

que não tenham escrito de forma aprofundada sobre o assunto, eles foram capazes de reproduzir conhecimento físico sem auxilio de material de apoio, isso prova que ocorreram os processos de internalização dos signos e formação de conceitos. Ao escreverem com linguagem física os estudantes se apoiaram em pesamento consciente, embora não tenham demonstrado conhecimento matecognitivo.

Na questão nove: (UECE - adaptada) A figura representa dois fios bastantes longos 1 e 2, perpendiculares ao plano do papel, percorridos por correntes de sentidos contrário, i_1 e i_2, respectivamente.



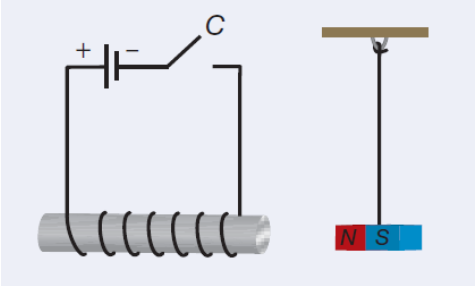
Checando as informações fornecidas na imagem, qual a condição para que o campo magnético resultante, no ponto P, seja zero? Essa questão apresenta um grau de dificultada maior, foram explorados os conhecimentos, conceitual e procedural, os processos cognitivos exigidos dos estudantes foram entender, aplicar, analisar e avaliar. Analisando as respostas dadas pelos estudantes constatou-se que, nenhum conseguiu responder com as justificativas físicas adequada. Veja as respostas de alguns estudantes na tabela 10.

Tabela 10 respostas dos estudantes para a questão nove do Teste Final.

Aluno 1	Quando a força 2 for igual a 1 para anular as duas forças.
Aluno 2	Vai zerar quando as cargas estiver parada, quando ligar um interruptor.
Aluno 3	As correntes e as distâncias precisam se anularem para que as forças exercidas sejam 0 no ponto P.
Aluno 4	Quando estiverem em sentidos opostos provavelmente eles estarão parados e por isso o ponto P vai ser zero.
Aluno 5	Quanto mais o campo magnético vai se afastando a força vai diminuindo.
Aluno 6	Se a corrente1 e a corrente 2 continuarem em sentidos opostos, o ponto P será zerado, forças opostas se anulam.
Aluno 7	Se a corrente $i_1$tiver no mesmo sentido da corrente i_2 ao se encontrarem no ponto P elas zerarão.
Aluno 8	Mesmo com o dobro da velocidade a condição do ponto P ser zero é alta porque é muito distante do ponto 1 para o ponto 2.

Ficou evidente que, para esse quesito, os estudantes não desenvolveram os processos cognitivos exigidos na questão. Eles não entenderam o anunciado, não aplicaram a regra da mão direita e consequentemente não analisaram a situação e nem conseguiram fazer uma avaliação. Logo, as respostas foram baseadas em conhecimento espontâneo como pode-se observar na TABELA 10. Embora utilizem jargão físico na escrita, eles não são adequados para a situação, o que confirma que as resposta se fundamentam em pensamentos inconscientes.

Na questão dez: Na figura, um eletroímã está próximo a um ímã de barra preso a um barbante, permitindo que oscile livremente. Ao fechar a chave, uma corrente circulará pelo eletroímã. Avalie o que ocorrerá ao ímã? Ele será atraído, repelido ou permanecerá na mesma posição? Explique.



(SANT'ANNA, 2013)

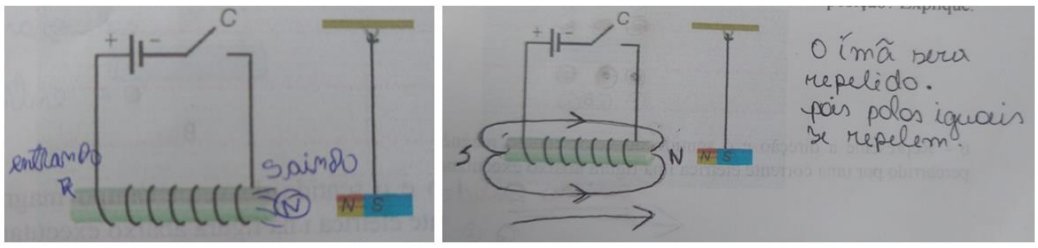
Essa questão explorou os conhecimentos, conceitual e procedural, e exigiu dos estudantes os processos cognitivos do entender, aplicar e analisar. Nesse quesito, uma parte significativa dos estudantes deixaram em branco, dos que responderam, um pequeno grupo acertou escrevendo que o ímã seria repelido, porém, não explicou o motivo com detalhes. A Tabela 11 apresenta algumas dessas respostas.

Tabela 11 respostas de estudante que escreveram que o ímã seria repelido no item dez do Teste Final.

Aluno 1	Eles vão se repelir, porque a corrente elétrica estar saindo no sentido norte.
Aluno 2	Será repelido porque cargas diferentes se repele.
Aluno 3	O ímã será repelido, devido a carga que está em série com a chave ser a negativa.
Aluno 4	Irá se repelir por que a corrente ira sair com isso N = N ira se repelir.
Aluno 5	O ímã será repelido. Pois polos iguais se repelem.
Aluno 6	Ele será repelido pelo eletroímã pois irão possuir cargas iguais.

Ficou evidente que a formação de conceito para esse item ocorreu de forma parcial, embora os estudantes tenham escrito que o ímã seria repelido, terem utilizado uma linguagem física, consideraram aspectos que a física desconsidera, e alguns confundiram polos com cargas, evidenciando que a internalização dos signos físicos também não foi completa. A Figura 35 mostra como os Alunos quatro e cinco rabiscaram a imagem da questão.

Figura 35 esquema que os alunos quatro e cinco fizeram para responder ao item dez do teste de sondagem.



Esquema feito pelo Aluno 4 Esquema feito pelo Aluno 5

Ficou claro que o aluno quatro entendendeu o enunciado da questão, conseguiu aplicar a regra da mão direita identificando os polos do eletroímã, fez uma analise mas, falhou na explicação. Resposta do Aluno quatro na Tabela 11. No caso do Aluno cinco, ele acerta a resposta, representa os polos do eletroímã corretamente, porém, comente um equívoco na representação do sentido das linhas do campo magnético do eletrímã. Portanto, esses estudantes apresentam-se em um processo intermediário entre o pensamento incosciente e o consciente, e se mostraram capazes de reproduzir conhecimento físico, memso sem tê-lo feito de maneira criativa.

6. CONCLUSÕES

Essa pesquisa contou com planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática utilizando atividades experimentais, desenvolvidas com materiais de baixo custo, embasadas na teoria Histórico-cultural de Vygotsky. A intervenção didática-pedagógica contou com investigação dos conhecimentos espontâneos dos estudantes, aulas expositivas convencionais e atividades experimentais. A sequência didática teve seus objetivos de aprendizagem planejados segundo a Taxonomia Revisada de Bloom. Nosso objetivo principal foi analisar a influência da sequência didática na aprendizagem dos estudantes a respeito de tópicos de magnetismo.

O referencial teórico pesquisado revelou que as metodologias de caráter experimental no ensino de física, podem ser utilizadas de três naturezas diferentes, como demonstração, verificação e investigativa. Acredita-se que, quando utilizadas de maneira adequada, pode propiciar um ambiente que estimule a aprendizagem de conhecimento científico sem desprezar os conhecimentos espontâneos dos estudantes. De modo geral, os autores são favoráveis a realização de atividades experimentais nas aulas de física.

No Teste de Sondagem as respostas dos estudantes foram embasadas em conhecimento espontâneo, nessa etapa as respostas não apresentaram conceitos científicos, trata-se de pensamentos não-conscientes, onde os estudantes concentram sua atenção no objeto em análise, em algo concreto, ou alguma situação vivenciada no dia-a-dia por ele. Vygotsky chamou essa forma de pensar de, pensamento por complexo, um nível anterior ao de formação de conceitos (VYGOTSKY, 1897).

Constatou-se durante a intervenção-didática as etapas chamadas por Vygotsky de mediação e a internalização dos conceitos, onde os estudantes conheceram signos e significados físicos, e posteriormente, expressaram em forma de linguagem. Na mesma etapa percebeu-se que as atividades experimentais motivaram e estimularam a participação dos estudantes, despertando o interesse e a curiosidade, favorecendo sua aprendizagem. Além disso, desenvolveu habilidades, competências e atitudes relacionados ao conhecimento científico.

O Teste final revelou que, as atividades experimentais corroboraram no processo de aprendizagem dos estudantes no tocante aos campos magnéticos produzidos por correntes elétricas e como consequência, no seu desenvolvimento. Embora, as atividades experimentais

aplicadas na intervenção-didática não tenham explorado o conhecimento metacognitivo, ficou evidente os avanços obtidos quanto aos conhecimentos efetivo, conceitual e procedural. Destacou-se a habilidade adquirida por um número significativo dos estudantes de aplicar a regra da mão direita para determinar o sentido do campo magnético em volta de um fio retilíneo.

Parte considerável dos estudantes, ao responderem o teste final, apresentaram evolução nos processos cognitivos do lembrar, entender e aplicar. Já os processos cognitivos do analisar e avaliar não foram alcançados satisfatoriamente, porém, fez toda diferença àqueles estudantes que o obtiveram, o processo mais complexo, criar, não foi exigido no teste final.

Considerando a educação um processo voltado para os conhecimentos ainda não amadurecidos, sabendo que eles podem amadurecer por meio de interações com outros sujeitos e considerando aprendizagem como um processo contínuo, destacam-se algumas possibilidades expostas pelos estudantes que podem compor o que Vygotsky chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal:

a) Explicar descritivamente o motivo do desvio da agulha de uma bússola quando colocada bem próximo de uma corrente elétrica: os estudantes atribuem o desvio da agulha a própria corrente elétrica e não ao surgimento de um campo magnético.
b) Relacionar o surgimento do campo magnético com corrente elétrica: alguns estudantes atribuíram o surgimento do campo magnético a energia elétrica.
c) Aplicar a regra da mão direita para definir o sentido do campo magnético em situações contextualizadas.

A formação de conceito não foi atingida plenamente pela maioria dos estudantes. Esta é uma etapa que prevalece o pensamento consciente, onde os sujeitos têm a capacidade de significar e ressignificar conceitos, no nosso caso princípios físicos. No entanto, boa parte dos estudantes, apesar de expressarem linguagem e símbolos físicos, cometeram equívocos nas explicações, levando em conta aspectos que a física despreza.

Portanto, adotar o pensamento de Vygotsky para tentar compreender a aprendizagem de conhecimento científico, requer levar em consideração fatores como o pensamento, a consciência, a imaginação e a formação de conceito. Esses fatores ajudam a compreender as fases do processo de aprendizagem e do desenvolvimento dos estudantes. A aprendizagem é um processo que se caracteriza pelo acúmulo progressivo de signos e significados científicos envolvendo níveis de pensamento cada vez mais avançado.

Espera-se que futuras pesquisas desenvolvam questões, como: Qual metodologia experimental leva ao desenvolvimento das funções superiores do pensamento? Quais praticas pedagógicas estimulam a criatividade no ensino de física? Quais os paradigmas que o ensino de física deve superar para uma aprendizagem baseada na teoria histórico-cultural de Vygotsky? Essas são questões que precisam ser debatidas aliadas as questões socioemocionais que estão intimamente ligadas a internalização dos conceitos.

REFERÊNCIAS

AFONSO, V.; MARTINS, M. I. Análise de questões de física do enem pela taxonomia de bloom revisada. p. 189–202, 2013.

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, K. R. A. Taxonomy for learning, teaching and assessing: **a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives.**, 2001.

ANDERSON, L. W. et al. **Taxonomy for_ Assessing a Revision 0F Bl00M'S Tax0N0My 0F Educati0Nal Objectives**. [s.l: s.n.].

ARAÚJO, M. S. T. DE; ABIB, M. L. V. DOS S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

ASSIS, A. K. T. DE; CHAIB, J. P. M. DE C. Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 345–349, 2012.

AUGUSTO, D.; TONIDANDEL, V. História da Eletricidade e do Magnetismo : da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

BARBOSA, R. G.; BATISTA, I. DE L. Vygotsky: Um Referencial para Analisar a Aprendizagem e a Criatividade no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 1, p. 49–67, 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70. ed. Lisboa: [s.n.].

BATISTA, M. C.; ALTOÉ, P.; BRUGNOLLE, R. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, 2009.

BLOOM, B. S. ET AL. Taxonomy of educational objectives. **David Mckay,** v. 1, p. 262 p., 1956.

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Ministério da Educação e Cultura**, p. 1–40, 2002.

BRASIL. INEP. ENADE. Brasília: 2005 (a). **INEP,** 2005.

BRASIL. ENEM. **Prova de Ciências e suas tecnologias cadernor Amarelo**, 2013.

BRASIL. INEP, ENADE. BRASÍLIA: 2014. **INEP**, 2014.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 29, n. 1, p. 41–51, 2007.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N. FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES NUMA VISÃO CONSTRUTIVISTA: CONTEXTOS DIDÁTICOS, ESTRATÉGIAS E FORMAS DE APRENDIZAGEM NO ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA. **Caderno Brasilheiro Ensino de Física**, p. 7–34, 2008.

COSTA, J. P. D. C.; MARTINS, M. I. Análise da complexidade de itens do ENADE à luz da Taxonomia de Bloom Revisada: contributos ao ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 697–724, 2017.

DA SILVA, F. W. O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 29, n. 1, p. 149–159, 2007.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. DE A. MICHAEL FARADAY : O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA. **Ciência e Educação**, v. 10, p. 517–530, 2004.

EBERHARDT, D.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. FAÇA VOCÊ MESMO : PRODUÇÃO E DETECÇÃO. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, p. 1175–1187, 2012.

FARADAY, M. On some new electromagnetic motions and on the theory of magnetism. In: **GREATS BOOKS OF THE WESTERN WORLD, Enciclopedia Britannica**. Chicago, London and Toronto: [s.n.]. v. 45p. 795–807.

FERRAZ, A. P. DO C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **AORN Journal**, v. 88, n. 3, p. 421–431, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia.** 36.ed. ed. São Paulo: [s.n.].

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma Abordagem Histórico-Filosófica Para O Eletromagnetismo No Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224, 2004.

HALLIDAY; RESNICK. **Fundamentos de Física - Eletromagnetismo**. 9ª ed ed. [s.l:

s.n.]. v. 3

LIMA, M. C. DE. Sobre o surgimento das equações de Maxwell. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

MARTINS, R. DE A. O estudo experimental sobre o magnetismo na Idade Média, com uma tradução da carta sobre o magneto de Petrus Peregrinus. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 39, n. 1, p. 1–30, 2017.

MEDEIROS, E. A.; SANTOS, L. F. DOS. Motor elétrico de faraday – um marco no desenvolvimento da física e um experimento para remontar em sala de aula. **Revista do Professor de Física**, v. 1, p. 1–8, 2017.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEC: Programa internacional de …**, p. 1–73, 2003.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **ESTUDOS AVANÇADOS 32 (94)**, v. 32, n. 94, p. 73–80, 2018.

NOVAK, M. A. Introdução ao magnetismo. **II Escola Brasileira de Magnetismo**, v. 1700, 1999.

NUSSENZVEIG, M. H. **Curso de Física Básica 3: Eletrmagnetismo**. 2 ed. ed. São Paulo: [s.n.].

OLIVEIRA, A. P. S. B. DE; PONTES, J. N. DE A.; MARQUES, M. A. O uso da Taxionomia de Bloom no contexto da avaliação por competência. **Revista Pleiade. Foz do Iguaçu-PR**, v. 10, n. 20, p. 12–22, 2016.

OLIVEIRA, M. K. DE. **Vigotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. São Paulo: [s.n.].

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Obstaculos para o uso da experimentação no de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1–13, 2009.

PERIN, D. D. C.; GUILHEM, S. B. O USO DE ATIVIDADES PRÁTICAS COMO RECURSO DIDÁTICO – PEDAGÓGICO NO ENSINO DE FÍSICA. In: **o professor PDE e os desafios da escola pública Paranaense**. [s.l: s.n.]. v. 1.

PINHEIRO, F. M. G. et al. O perfil do contador e os níveis de habilidades cognitivas nos exames Enade e suficiência do CFC: uma análise sob a perspectiva da taxonomia de Bloom.

Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão, v. 11, n. 1, p. 50–65, 2013.

REGO, T. C. **Vigotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação.** 3. ed. ed. Petrópolis: [s.n.].

RIBEIRO, J. C. O ensino experimental da Física no curso secundário. **In: II Curso de aperfeiçoamento para professores de Física do ensino secundário. Atas do encontro.**, n. IBECC. MEC-ITA. São Paulo, p. Pág.: 49-56., 1955.

ROBILOTTA, M. R., & BABICHAK, C. C. Definições e conceitos em Física. Ensino da Ciência, Leitura e Literatura. **Cadernos Cedes**, p. 35–45, 1997.

SANT'ANNA, B. . . . [ET AL]. **Conexões com a Física**. 2ª ed. São Paulo: [s.n.].

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. **IX Encontro nacional de pesquisa em ensino de física**, n. October, p. 1–18, 2004.

SERAFIM, M. C. A falácia da dicotomia teoria-prática. **Revista Espaço Acadêmico, (Revista eletrônica).**, v. v. 1, 2001.

SÉRÉ, M. O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DA FÍSICA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 31–43, 2003.

TREVISAN, A. L.; AMARAL, R. G. DO. A Taxionomia revisada de Bloom aplicada à avaliação: um estudo de provas escritas de Matemática. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 2, p. 451–464, 2016.

VICENTE, S. A.; SILVA, A. P. B. Oersted e as investigações experimentais entre eletricidade e magnetismo : a história da ciência em audiovisual. **Anais eletrônicos 17º Seminário Nacional da Ciência e da Tecnologia.**, p. 1–11, 2014.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e Linguagem. Tradução de Jefferson L. Camargo.** São Paulo: [s.n.].

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4ª ed bras ed. São Paulo: [s.n.].

WERNER DA ROSA, C. T.; BECKER DA ROSA, Á. A teoria histórico-cultural e o ensino da física. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 34, n. 3, p. 1–8, 2004.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Fatores para a baixa frequência de

utilização de experimentações por professores de Física do Ensino Médio. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**, p. 1–8, 2015.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS (SOBRE MAGNETISMO)

Questão 1 – O que você conhece a respeito do magnetismo?

_____

_____

Questão 2 – Cite objetos do seu dia-a-dia que funcionam através de princípios do magnetismo?

_____

_____

Questão 3 – Como são chamadas as regiões das extremidades de um ímã?

_____

Questão 4 – Quais as propriedades dos ímãs que você conhece?

_____

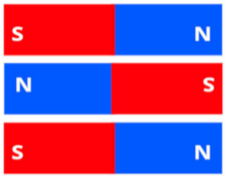
_____

Questão 5 – descreva o comportamento de uma bússola sob os efeitos do campo magnético terrestre.

_____

_____

Questão 6 – Quando colocamos dois ímãs próximos um do outro, observamos forças de determinadas características (atração ou repulsão). Ímãs com diferentes orientações experimentam diferentes arranjos de forças, desse modo identifique através de setas o sentido das forças magnéticas que agem em cada um dos esquemas da figura abaixo.

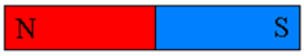


Questão 7 – O que você entente por campo magnético?

_____

_____

Questão 8 – Represente de forma esquemática (desenho) as linhas de campo magnético que atuam em um ímã de barra como o da figura abaixo.



Questão 9 – Cite evidências da existência do campo magnético terrestre?

_____

_____

Questão 10 – Represente através de um desenho as linhas do campo magnético terrestre.

Questão 11 - O que acontece com a agulha de uma bússola próxima de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno.

_____

_____

_____

_____

Questão 12 – Explique a relação que existe entre, uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor e um campo magnético.

_____

_____

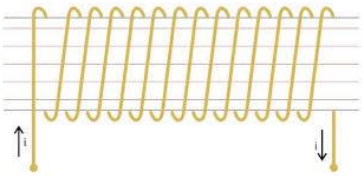
Questão 13 – Represente, na figura abaixo, o campo magnéticos nas proximidades do fio retilíneo que é percorrido por uma corrente elétrica i.

Questão 13 – O que é um eletroímã?

_____

_____

Questão 14 – Represente a direção e o sentido do vetor campo magnético no interior do solenoide percorrido por uma corrente elétrica i na figura abaixo.



Questão 15 – Escreva o que você conhece sobre o fenômeno de indução eletromagnética.

_____

_____

_____

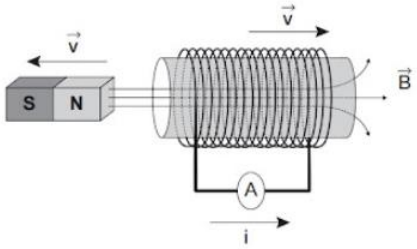
Questão 16 – Qual a relação entre as linhas de campo magnético que penetram na superfície de uma espira e a força eletromotriz (fem) induzida que surge na mesma?

_____

_____

_____

Questão 17 – A figura abaixo representa um ímã que se distancia de um solenoide com velocidade $\vec{v}$. Explique o que está acontecendo.



_____

_____

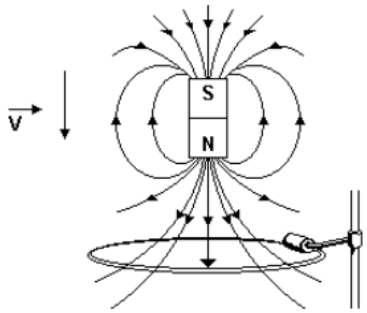
_____

Questão 18 – O que afirma a lei de Lenz em relação ao sentido do campo magnético induzido em uma espira?

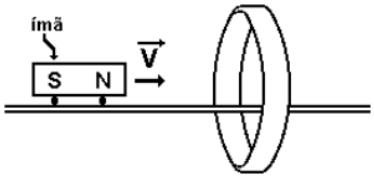
_____

_____

Questão 19 – Um ímã cai por ação da gravidade através de uma espira condutora circular fixa, mantida na horizontal, como ilustra a figura. Mostre por meio de setas o sentido da corrente induzida na espira no momento ilustrado na figura.



Questão 20 – Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura abaixo. Determine a direção e o sentido do campo magnético induzido na espira ocasionado durante a aproximação do ímã.



APÊNDICE B – TESTE FINAL

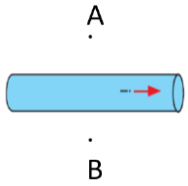
1 – Como se chama a região do espaço capaz de exercer forças sobre cargas elétricas em movimento e em materiais dotados de propriedades magnéticas?

2 – Quais as propriedades dos ímãs que você conhece?

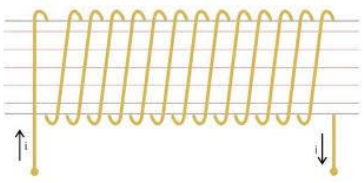
3 – Para onde aponta a agulha de uma bússola sob os efeitos do campo magnético terrestre? Demonstre que entente do assunto explicando a razão desse comportamento.

4 – O que acontece com a agulha de uma bússola próxima de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica? Explique a causa de tal fenômeno.

5 – Executando a regra da mão direita, represente nos pontos A e B da figura, o campo magnéticos nas proximidades do fio retilíneo que é percorrido por uma corrente elétrica i.



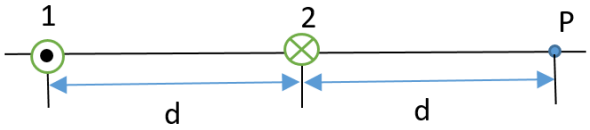
6 – Represente a direção e o sentido do vetor campo magnético no interior do solenoide percorrido por uma corrente elétrica i na figura abaixo executando a regra da mão direita.



7 – Represente através de um desenho as linhas do campo magnético terrestre.

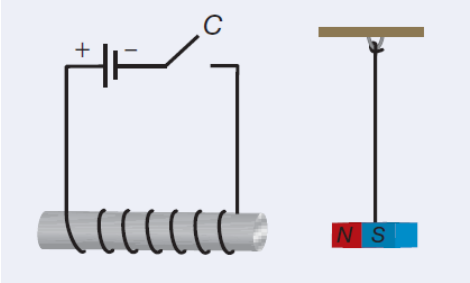
8 – Relacione, atribuindo a relação que existe entre uma corrente elétrica que percorre um fio condutor e um campo magnético.

9 - (UECE - adaptada) A figura representa dois fios bastantes longos 1 e 2, perpendiculares ao plano do papel, percorridos por correntes de sentidos contrário, i_1 e i_2, respectivamente.



Checando as informações fornecidas na imagem, qual a condição para que o campo magnético resultante, no ponto P, seja zero?

10 – Na figura, um eletroímã está próximo a um ímã de barra preso a um barbante, permitindo que oscile livremente. Ao fechar a chave, uma corrente circulará pelo eletroímã. Avalie o que ocorrerá ao ímã? Ele será atraído, repelido ou permanecerá na mesma posição? Explique.



APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Atividades Experimentais Sobre Tópicos de Magnetismo Utilizando Materiais de Baixo Custo

Alison Cleiber da Silva Cunha (Autor)

Geovani Ferreira Barbosa (Orientador)

Junho/2022

Sobre a capa

Aurora boreal multicolorida, com núcleos púrpuras que são mais raros, em Talkeentna, Alasca. Setembro de 2015. Foto de domínio público disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aurora_Boreal_Marco_Brotto-4.jpg

Autor: Marco Brotto

Sumário

SOBRE A CAPA 99

AGRADECIMENTO 101

APRESENTAÇÃO 102

PRESSUPOSTOS HISTÓRICOS DO MAGNETISMO 105

1 – ATIVIDADE: CORRENTE ELÉTRICA E O CAMPO MAGNÉTICO – REPRODUZINDO O EXPERIMENTO DE OERSTED. 110

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 110
1.2 INTRODUÇÃO/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 110
1.3 MATERIAIS UTILIZADOS 112
1.4 CONVECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS 113
1.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL 118

2 – ATIVIDADE: MOTOR ELÉTRICO DE FARADAY 122

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 123
2.2 INTRODUÇÃO/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 123
2.3 MATERIAIS UTILIZADOS: 125
2.4 CONVECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS: 125
2.5 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL 127

3 – FAÇA VOCÊ MESMO! IDENTIFICANDO OS POLOS NORTE E SUL DE UM ELETROÍMÃ 128

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 128
3.2 INTRODUÇÃO/FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: CAMPO MAGNÉTICO EM UM SOLENOIDE 128
3.3 MATERIAIS UTILIZADOS: 130
3.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL 131

REFERÊNCIAS 133

Agradecimento

À CAPES pela bolsa concedida a Alison Cleiber da Silva Cunha durante o curso do MNPEF-UFERSA.

Apresentação

Caro(a) professor(a),

apresenta-se nesse produto educacional uma Sequência Didática (*SD*) elaborada para abordar tópicos do conteúdo de magnetismo. As atividades propostas têm como base a utilização de aparatos experimentais confeccionados com material de baixo custo ou de fácil aquisição, com a intenção de tornar as aulas de Física mais atrativa e interessante, melhorando a atuação do professor na sala de aula.

A proposta assume um papel importante diante da realidade das escolas públicas porque muitas não possuem laboratórios de Física e nem equipamentos adequados para a realização de experimentos, tornando-se uma possibilidade para professores que desejem lecionar tópico do conteúdo de magnetismo de maneira prazerosa.

Os objetivos de aprendizagem das atividades desenvolvidas estão estruturados de acordo com a Taxonomia de Bloom e colaboradores (1956) e revisada por Krathwhol (2002). Essa técnica organiza os níveis de conhecimentos de forma crescente, do mais simples ao mais complexos, isso quer dizer que, para adquirir habilidades de um nível posterior, o estudante tem que dominar habilidades do nível anterior (FERRAZ; BELHOT, 2008). Só após conhecer um determinado assunto, alguém poderá compreendê-lo e em seguida aplicá-lo. Nesse sentido, a Taxonomia de Bloom não é apenas uma simples forma de classificação, mas uma estratégia de organização dos processos cognitivos de maneira hierárquica de acordo com os níveis de complexidade desejado e do planejamento realizado (FERRAZ; BELHOT, 2008).

A categorização pela Taxonomia de Bloom dos objetivos cognitivos nos permite, de forma clara e particular, definir os objetivos de aprendizagem da nossa sequência didática, além de determinar a convergência entre os objetivos educacionais, as estratégias e os instrumentos de avalição que serão realizados nessa unidade.

Nessa proposta o professor deve atuar seguindo as teorias de aprendizagem propostas por Vygotsky (VYGOTSKY, 1998), intervindo e mediando as relações entre os estudantes e o conhecimento, buscando criar zonas de desenvolvimento proximal,

isto é, o professor atua de forma explícita, intervindo e ajudando no desenvolvimento dos estudantes, causando avanços que não seriam alcançados de forma espontânea. Vygotsky, ressalta a importância da escola e o papel fundamental do professor no processo de ensino-aprendizagem (VYGOTSKY, 1998).

Esta Sequência Didática pode ser adaptada à realidade do professor, dos seus alunos e dos recursos como tempo, materiais e equipamentos disponíveis. Este produto educacional é parte de um trabalho de conclusão de curso de pós-graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) e coordenado nacionalmente pela Sociedade Brasileira de Física (SBF).

Este Produto Educacional apresenta uma sequência didática baseada em atividades experimentais utilizando equipamentos produzidos com materiais de baixo custo, que possam ser utilizadas nas aulas de física para o ensino de tópicos de magnetismo. Não existe a necessidade de um ambiente físico específico para a experimentação utilizando os aparatos, ou seja, um Laboratório de Física ou de Ciências. A intenção deste produto educacional é oferecer mais uma ferramenta para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

Os conteúdos que serão trabalhados neste produto educacional são tópicos da área de magnetismo que compõem a ementa do curso do terceiro ano do ensino médio, tais como: campo magnético, campo magnético gerado por corrente elétrica, indução eletromagnética, lei de Faraday - Lenz. A organização dos encontros está apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**.

Tabela 12 – Esquema dos momentos pedagógicos envolvidos na sequência didática

Encontro	Duração (min)	Atividade
1	100	Atividade 1: Corrente Elétrica e o Campo Magnético – reproduzindo o experimento de Oersted
2	50	Atividade 2: Motor Elétrico de Faraday

3	100	Atividade 3: Faça você mesmo! Identificando os polos norte e sul de um eletroímã
4	50	Aplicação do teste de análise de formação de conceitos

Fonte própria

Com a experimentação dos tópicos de magnetismo utilizando os aparatos experimentais construídos com materiais de baixo custo ou de fácil aquisição, o(a) professor(a) da disciplina poderá trabalhar os seguintes objetivos de aprendizagem e habilidades como apresentados na

.

Tabela 13 – objetos de aprendizagem e habilidades a serem desenvolvidas

Código	Objetos de aprendizagem e habilidades
OB1	Reconhecer o conceito de campo magnético;
OB2	Reconhecer o comportamento das linhas de campo magnético em um fio retilíneo e no solenoide, reproduzindo-o através de esquema ou desenho;
OB3	Entender a relação existente entre a corrente elétrica que percorre um fio condutor e o campo magnético, explicando a relação de causa e efeito entre ambos;
OB4	Aplicar a regra da mão direita para explicar as características (direção e sentido) do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um solenoide;
OB5	Avaliar situações cotidianas que possam ser explicadas por meio da ação de campos magnéticos, checando informações baseadas em critérios e padrões qualitativos e quantitativos utilizando a lei de Faraday.

Fonte própria

Após a intervenção didática pedagógica através do produto educacional sobre tópicos de magnetismo, o(a) professor(a) aplicará o questionário com perguntas subjetivas construídas obedecendo a Taxonomia de Bloom com o objetivo de explorar os processos cognitivos que estão organizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Preenchimento da tabela dos processos cognitivos na Taxonomia de Bloom atualizada.

Dimensão do conhecimento	**Dimensão do processo cognitivo**					
	Lembrar	**Entender**	**Aplicar**	**Analisar**	**Avaliar**	**Criar**
Efetivo	OB1 OB2					
Conceitual		OB3		OB5	OB5	
Procedural			OB4			
Metacognitivo						

Pressupostos históricos do magnetismo

Muito antes do surgimento da Ciência como conhecemos hoje, o homem já se encantava com a propriedade de atrair corpos que alguns materiais adquiriam ao ser atritado com outro corpo de natureza diferente. Esses materiais, na antiguidade, fascinavam seus observadores, pois, pareciam ter a capacidade de transferir uma “virtude” para outros objetos. Essa virtude aparece em vários relatos históricos, e acabaram gerando no decorrer do tempo, um genial caminho de descobertas dos fenômenos eletromagnéticos (AUGUSTO; TONIDANDEL, 2018).

As propriedades magnéticas de alguns materiais são utilizadas pelo homem desde um passado distante. Há relatos históricos de que na China, em 2637 *a.c.*, o imperador chinês Huang-ti e seu exército perseguiam as tropas inimigas quando se perderam em terras enevoadas. Diante das circunstâncias, o imperador mandou construir uma carruagem na qual, sobre ela estava uma figura feminina de braços abertos, que girava livremente e independente da direção que a carruagem tomasse a estátua apontava sempre para o sul, o que leva a crer que ligado a essa figura estivesse uma agulha imantada como uma bússola (AUGUSTO; TONIDANDEL, 2018).

Os primeiros registros, não chinês, a respeito do magnetismo são dos filósofos gregos. Eles conheciam a existência dos ímãs naturais desde a Antiguidade, e sabiam que os mesmos podiam atrair o ferro. Nessa época, o conhecimento era dominado por filósofos animistas, caracterizados por crenças e superstições metafísicas que prevaleceram por muito tempo. Escritores antigos como Tales de Mileto, Aristóteles, Platão dentre outros pensadores conheciam quase nada além desse fenômeno básico, até o período medieval.

Durante o período medieval, vários autores árabes desenvolveram uma abordagem de tratar o magnetismo, associando-o à astrologia. Um astrólogo da Pérsia, chamado Messahalla, que viveu aproximadamente entre os anos (762-815) dizia que o planeta Terra influenciava os objetos em sua volta, de forma semelhante ao magneto sobre o ferro, pois assim como o ferro é atraído por essa pedra, da mesma forma, todas as coisas que estão sobre a Terra são atraídas por ela. Ele apontou uma relação mais específica entre os poderes celestes e o magnetismo. Em uma obra, conhecida como, *De quindecim stellis, quindecim lapidibus, quindecim herbis et quindecim imaginibus,* estabelece uma conexão entre quinze minerais e quinze estrelas brilhantes. Em um trecho da obra, ele afirma que a décima estrela é chamada de Magneto, que tem a cor do ferro bem polido, e possui a capacidade de atrair o ferro e mostrar a parte do Céu onde brilha a estrela Benenays. Essa pedra está associada a Benenays (MARTINS, 2017).

Pode-se afirmar que até o século XIII da era cristã não ocorreram grandes avanços no magnetismo. Na segunda metade do século XIII, no ano de 1269, um autor chamado Petrus Peregrinus, escreveu uma carta na qual tratava sobre os ímãs e descreveu com detalhes, experimentos e propriedades que parecia jamais ter sido compreendidas anteriormente. Como o fato de que as pedras magnéticas possuem dois extremos opostos dando as primeiras ideias dos polos magnéticos, e os fenômenos de repulsão por polos iguais, e atração por polos diferentes (MARTINS, 2017).

A primeira grande aplicação tecnológica do magnetismo foi a bússola, ela foi fundamental no período dos grandes descobrimentos. As notícias mais antigas que conhecemos a respeito da bússola, por parte de autores europeus, surgiram no final do século XII e início do século XIII (MARTINS, 2017). A bússola foi introduzida no Ocidente provavelmente pelas Cruzadas, ao voltarem para a Europa, os cruzados

trouxeram o objeto que adquiriram dos árabes. Estes, tiveram o primeiro contato com a bússola através dos chineses (AUGUSTO; TONIDANDEL, 2018).

Com o surgimento do método científico, a metafisica foi sendo substituída pela matemática entre os anos de 1600 e 1700 com os trabalhos de Galileu, Newton entre outros. No ano de 1600, William Gilbert escreveu a obra *De Magnetic,* considerada por muitos um dos mais importantes estudos experimentais sobre o magnetismo. Gilbert, é considerado o pai do magnetismo, e foi o primeiro a dizer que a Terra se comportava como um imenso Magneto (NOVAK, 1999).

Outro personagem que marcou a história relacionando a eletricidade com o magnetismo foi o dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), que era professor e estudava sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo. Ele percebeu durante seus estudos que a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor ocasionava em uma agulha, próxima ao fio, um pequeno movimento. Oersted resolveu analisar melhor o fenômeno, e depois de uma série de experimentos sistematizados, chegou à conclusão de que existiria uma relação entre corrente elétrica e os fenômenos magnético (VICENTE; SILVA, 2014).

Logo após a descoberta de Oersted, vários estudos sobre eletricidade e magnetismo foram publicados de forma significativa e outros cientistas também deixaram suas contribuições, Jean Baptiste Biot (1774 -1862), Félix Savart (1791-1841), Weber e Andre Marie Ampère (1775 - 836). Weber e Andre Marie Ampère (1775 - 836). Esse último iniciou seus estudos no eletromagnetismo repetindo a experiência da agulha imantada proposto por Oersted. Ampère realizou uma série de experimentos que o levaram a desenvolver um equipamento que chamou de galvanômetro, cuja a função era detectar corrente elétrica através do movimento de uma agulha imantada (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Esse instrumento representou um avanço importante para o eletromagnetismo, isso por que, com esse novo equipamento era possível rastrear correntes elétricas sem grandes interferências externas. Ampère, explorando os fenômenos eletromagnéticos com o galvanômetro, defendeu que existiria uma relação intrínseca de causa e efeito entre a corrente elétrica e a agulha imantada, ou seja, sempre que ocorria deflexão da agulha significa que há correntes elétricas circulares no condutor, A interação entre a corrente no condutor e a agulha magnética é devida somente à

interação entre correntes. Para ele, o ímã possui microcorrentes que interagem com a corrente do fio condutor (ASSIS; CHAIB, 2012).

Mais tarde, em outubro de 1820, Ampère apresentou em Paris um novo experimento com bobinas, no qual foi possível observar a atração e repulsão desses elementos, de acordo com o sentido da corrente elétrica estabelecida nas bobinas. Esse fato demonstrou de forma satisfatória o comportamento similar das bobinas como ímãs permanentes (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Impulsionados pelos trabalhos de Oersted e Ampère, vários cientistas estudavam o magnetismo naquele momento, ano de 1821, entre eles estava o inglês Michael Faraday (1791 - 1867). Naquele ano, muitos artigos e teorias sobre magnetismo eram apresentados, e vários desses trabalhos eram conflitantes, o que causava uma certa confusão de informação. Faraday, foi designado por Richards Phillips, editor dos Annals of Philosophy, para investigar o assunto e escrever um texto sobre o tema. Para cumprir a tarefa, Faraday realizou vários estudos e propôs novas experiências (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Em um desses experimentos, investigando a força magnética orientada no fio condutor, com uma agulha imantada, ele notou que, em condições adequadas, um dos polos da agulha poderia realizar movimentos circulares em torno do fio, como se fosse carregado pela corrente do fio condutor (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004). Analisando os trabalhos já existentes no eletromagnetismo, Faraday resolve retomar os estudos realizados por Ampère sobre as bobinas, espiras e ímãs. Influenciado pela obra de Demonferrand, o livro *Manuel d'electricité dinamique* (1823), no qual o autor afirmava que uma corrente elétrica em um condutor era capaz de induzir uma corrente elétrica em outro condutor próximo ao primeiro, a partir daí começa a demonstrar interesse a respeito dos possíveis casos de indução. Se a experiência de Oersted demonstrara que a corrente elétrica era capaz de causar um efeito magnético, logo, imaginou que um fenômeno magnético puro, causado por um ímã, poderia gerar uma corrente elétrica. A indução lhe parecia um caminho possível para encontrar o que procurava (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

Faraday construiu vários experimentos buscando evidências dos fenômenos relacionados à indução. Durante esses estudos, ele demonstrou que ao conectar e desconectar uma pilha em um circuito, era possível induzir corrente em um outro que

estivesse próximo. E que, introduzindo uma barra magnetizada no interior de uma bobina, obtêm-se corrente induzida na mesma, enquanto a barra estiver em movimento. Ou seja, o efeito da indução é transitório (GUERRA; REIS; BRAGA, 2004).

O trabalho de Faraday foi notoriamente experimental e qualitativo, isso não quer dizer que ele não tivesse conhecimento teórico da produção científica da área. Ele não chegou a nenhuma dedução quantitativa da indução, porém, conseguiu ir além de muitos físicos com ótima formação matemática (DIAS; MARTINS, 2004).

Outro cientista que deu contribuições científicas para a área foi James Clerk Maxwell (1831-1879) que formulou matematicamente as observações de Faraday e fundamentou a base do eletromagnetismo com suas famosas equações. Ele fez uma síntese das equações já existentes sobre eletricidade e magnetismo, e por simetria, observou a ausência de um termo em uma delas. Com esse termo, Maxwell conseguiu demonstrar que os campos elétricos e campos magnéticos satisfaziam as equações de ondas que se propagam com a velocidade da luz (DA SILVA, 2007).

As equações de Maxwell apareceram juntas pela primeira vez no ano 1864 em um artigo intitulado "*A Teoria Dinâmica do Campo Magnético".* Nele Maxwell, apresenta um conjunto de 20 Equações na forma de componentes, seus trabalhos acabaram unificando o eletromagnetismo e a óptica.

No ano de 1887, Heinrich Hertz, confirmaria a importância da teoria de Maxwell, de forma experimental, detectando as ondas eletromagnéticas. O fato proporcionaria grandes avanços relacionados à comunicação a distância. Na busca das ondas eletromagnéticas, Hertz usou um circuito de corrente alternada, o mesmo era composto por um solenoide que tinha suas extremidades ligadas a um gerador chamando de Bobina de Ruhmkorff que produzia corrente sob alta tensão, fazendo faíscas saltarem de uma esfera para outra, produzindo onda eletromagnética. Para detectar essas onda Hertz criou um sistema receptor, formado por pequeno circuito circular com suas extremidades bem próximas. Depois de um longo período de observação, ele alcançou seu objetivo detectando ondas eletromagnéticas com até 12 metros de distância (EBERHARDT; GIOVANNINI; CATELLI, 2012).

1 – Atividade: Corrente Elétrica e o Campo Magnético – reproduzindo o experimento de Oersted.

1.1 Objetivos específicos

- ✓ Explorar as relações entre os fenômenos elétricos e os magnéticos observados por Oersted no ano de 1820.
- ✓ Demonstrar que, quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica surge nas proximidades desse condutor um campo magnético.
- ✓ Demonstrar o comportamento do campo magnético que surge em volta de um fio condutor retilíneo ao ser percorrido por uma corrente elétrica.

1.2 Introdução/fundamentação teórica

O estudo dos campos magnéticos é de reponsabilidade da Física. Já a engenharia se encarrega de estudar as aplicações dos campos magnéticos no nosso dia-a-dia. Ambas as ciências partem da mesma pergunta. O que produz um campo magnético? Os campos magnéticos podem ser gerados de duas maneira.

A primeira maneira é utilizar uma partícula elétrica carregada em movimento, ou seja, uma corrente elétrica em um fio condutor. A corrente gera um campo magnético que circunda o fio, e que pode ser utilizado para diversos fins, é o que está acontecendo no experimento, e foi descoberto por Oersted em 1820. A outra forma de produzir campo magnético é utilizando os elétrons. Os elétrons são partículas elementares que possuem um campo magnético intrínseco. Em alguns materiais, o campo magnético dos elétrons se somam produzindo campos magnéticos externos em volta do material. Um exemplo disso, é ímã de geladeira, que serve para pendurar bilhetes na porta da geladeira, ele é um exemplo de ímã permanente.

$$B = k.i$$

Experimentalmente é possível constatar que o módulo do campo magnético $\vec{B}$ gerado pela corrente elétrica é diretamente proporcional à intensidade da corrente i que percorre o condutor, ou seja:

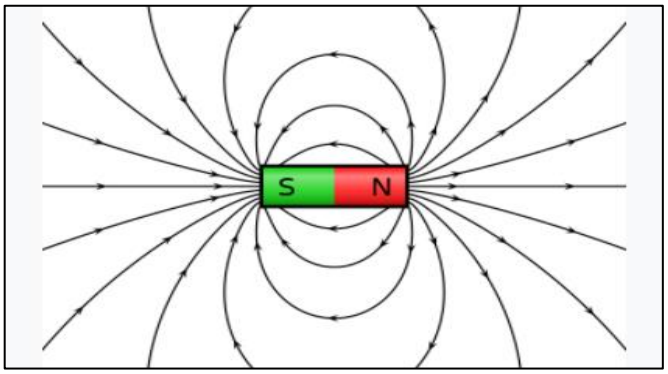
A constante k depende de dois fatores: da configuração do condutor, ou seja, de um fator de natureza geométrica, e de uma constante denominada permeabilidade

magnética do vácuo ou do ar, μ_0, que tem o seguinte valor no Sistema Internacional de Unidades:

$$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\ T.m/A$$

O campo magnético é representado através de um esquema conhecido como linhas de campo. A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de $\vec{B}$ nesse ponto, o espaçamento das linhas representa o módulo de $\vec{B}$; quanto mais intenso o campo, mais próximas estão as linhas e vice-versa. Em um ímã as linhas de campo entram em uma extremidade e saem pela a outra. A extremidade de onde saem as linhas é chamada de polo norte, e onde elas entram é chamado de polo sul Figura 36. Por possuírem dois polos, dizemos que os ímãs possuem dipolos magnéticos.

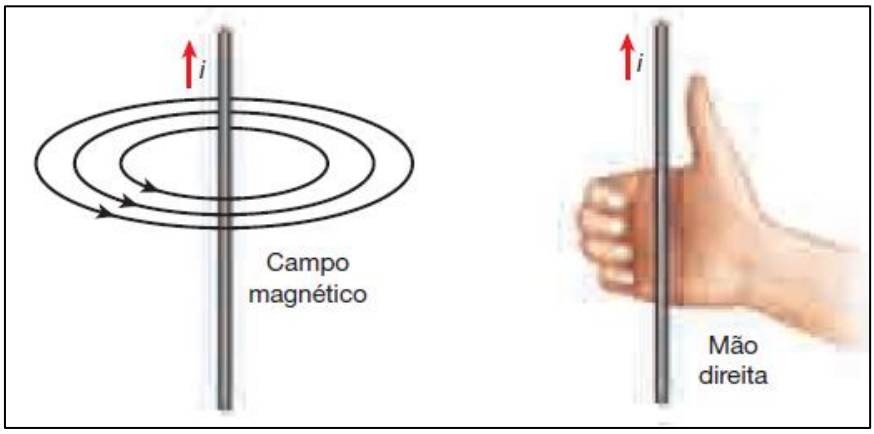
FIGURA 36 – ESQUEMA REPRESENTANDO AS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO EM UM ÍMÃ DE BARRA.



fonte:https://commonswikimediaorg/w/indexphp?search=+campo+magn%C3%A9tico&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image 20/05/2021.

As linhas de campo magnético produzidas por uma corrente que passa por um condutor retilíneo são circunferências concêntricas ao fio e dispostas em um plano perpendicular ao eixo do condutor. O sentido do campo magnético $\vec{B}$ pode ser obtido com o auxílio de uma regra prática denominada regra da mão direita, também chamada regra de Ampère. Essa regra baseia-se na posição da mão direita, que envolve o condutor, de modo que o polegar aponte no sentido convencional da corrente. Os demais dedos, ao se fecharem sobre o fio, indicam o sentido do vetor como mostra a Figura 37.

FIGURA 37 – REGRA DA MÃO DIREITA OU REGRA DE AMPÈRE, AUXILIANDO NA DETERMINAÇÃO DO SENTIDO DO CAMPO MAGNÉTICO EM VOLTA DO CONDUTOR



FONTE: CONEXÕES COM A FÍSICA / BLAIDI SANT'ANNA... [ET AL.]. — 2. ED. — SÃO PAULO: MODERNA, 2013. P. 172

A explicação para o comportamento da agulha imantada observada no experimento é, justamente, o surgimento do campo magnético ocasionado pela passagem de corrente elétrica no fio condutor. A agulha imantada comporta-se como um pequeno ímã e também possui campo magnético, dessa forma, ocorre interação entre os dois campos magnéticos, o da agulha e o que circunda o fio gerado pela corrente elétrica. A agulha imantada tente a se alinhar de acordo com as linhas do campo magnético produzidas pelo fio, isso só é possível, caso o campo gerado pela corrente que passa no fio seja maior que o campo magnético terrestre.

Para obter o módulo do campo magnético B gerado pela corrente em um fio retilíneo Fazemos:

$$B = \frac{\mu_0 \, . \, i}{2\pi R}$$

Levando em consideração que o mesmo só depende da corrente i e da distância R entre o fio e o ponto, sabendo que k, que transforma a proporcionalidade entre B e i em uma igualdade, depende da geometria do condutor e da constante de permeabilidade magnética do vácuo μ_0.

A unidade de medida de campo magnético, de acordo com o SI, é o tesla (T), em homenagem a um dos grandes estudiosos dos fenômenos magnéticos, Nikola Tesla (1856-1943).

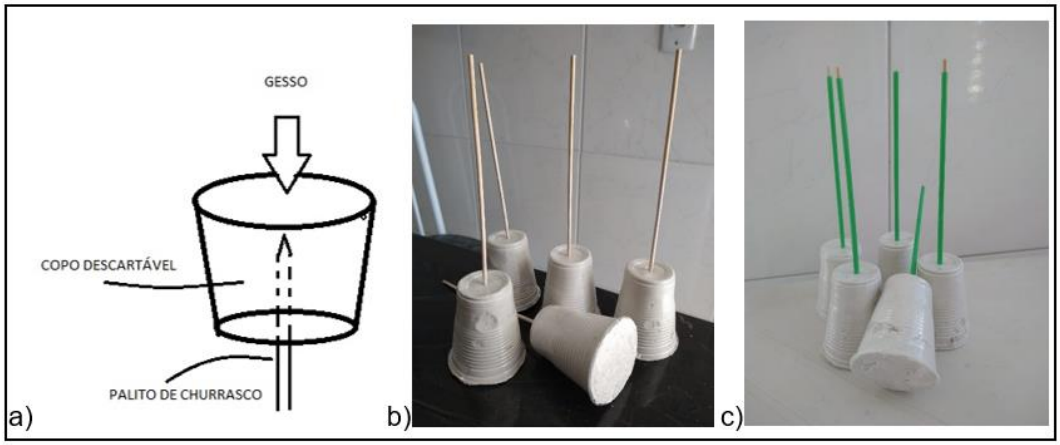
1.3 Materiais utilizados

- ✓ Bateria de 9 V, para melhorar o desempenho da ação da corrente sobre a agulha podemos colocar duas ou mais pilhas em paralelo;
- ✓ 110 cm de fio de cobre rígido com diâmetro de 1,5 mm;
- ✓ 60 cm de fio de cobre flexível com diâmetro de 1,5 mm;
- ✓ De dois a cinco copos descartáveis de 180 ml, de dois a cinco palitos de churrasco e cinco canudos;
- ✓ Gesso;
- ✓ Três prendedores de roupa, um para construir a chave ou interruptor, e os outros dois para nivelar o fio rígido no poste. O uso do pregador é para minimizar o custo do experimento, mas este pode ser substituído por um interruptor comum;
- ✓ Três cortiças ou rolhas de tampa de garrafa de vinho;
- ✓ Um pedaço de arame tendo entre 10 e 15 cm de comprimento;
- ✓ Uma bússola pequena;
- ✓ Placa espessa de isopor
- ✓ Fita isolante
- ✓ Uma latinha de alumínio
- ✓ 25 cm de fio de estanho (fio de solda)
- ✓ Papel alumínio
- ✓ Placas finas de plástico, papel, madeira, isopor, guardanapos, um copo de vidro, um copo de plástico transparente (pode ser uma metade de garrafa de plástico), uma garrafa de plástico e outros materiais que possam ser interpostos entre a bússola e o fio.

1.4 Convecção dos equipamentos

Antes de tudo, deve-se organizar todo o equipamento para o Experimento de Oesrted. Começaremos com a confecção dos postes de sustentação do circuito. Para isso, devemos encaixar o palito de churrasco fazendo um furo no centro do fundo do copo descartável e colocar gesso no interior do copo para fixar melhor e dar sustentação como mostra a Figura 38. É bom fazer 5 postes como este para ter todo esquema montado como na Figura 39**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mas o mínimo necessário são 2 postes. Um canudinho de plástico dever ser colocado em volta de cada palito nos postes (CHAIB; ASSIS, 2007)

Figura 38 – a) esquema de como colar o palito de churrasco no copo descartável b) postes montados com palitos de churrasco fixados nos copos c) postes montados com canudinhos encaixados.



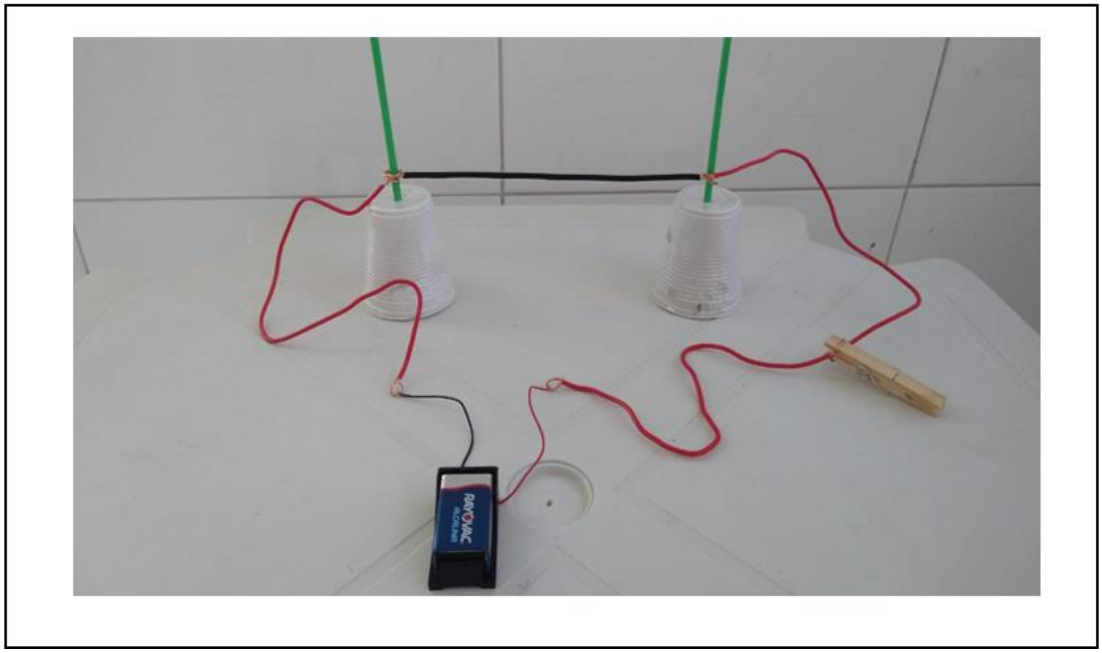
Fonte: acervo do autor, 2021.

Figura 39 – imagens dos cinco postes armados com suas respectivas estruturas feitas com o fio rígido.

Fonte: acervo do autor, 2021

Com o fio flexível montaremos o circuito. Divida o fio em três partes, uma parte ligará o fio rígido a um dos polos da bateria, outra parte fará contato entre a outra ponta do fio e o prendedor de roupa (interruptor). Esse prendedor de roupa será a chave que abrirá e fechará o circuito, quando pressionado, o prendedor de roupa realiza contato elétrico entre os fios condutores, fechando o circuito e permitindo fluxo de corrente elétrica. A última parte do fio ligará o prendedor de roupa ao outro polo da bateria veja a Figura 40.

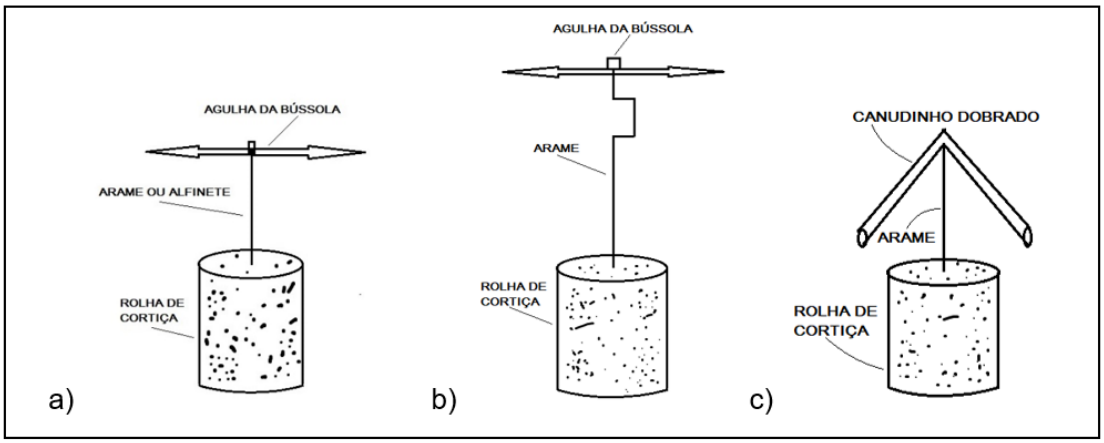
Figura 40 – imagem do circuito armado com fio flexível, fio rígido, bateria, prendedor de roupa e postes.



Fonte: acervo do autor, 2021.

Agora vamos preparar a bússola e o versorium elétrico. Para observar melhor a deflexão da bússola, tanto no plano horizontal quanto no vertical, devemos tirar a sua tampa e utilizar apenas a sua agulha imantada apoiada na ponta de um pedaço de arame ou alfinete preso em uma rolha ou tampa de cortiça, é necessário construir um suporte mais alto para a agulha, portanto dobra-se a extremidade do arame de modo que a agulha imantada fique por cima do fio condutor como mostra a figura 4.É importante verificar se a agulha da bússola está livre para girar em todos os sentidos ao redor da ponta do arame, ficando em geral orientada pela a ação do campo magnético da Terra (CHAIB; ASSIS, 2007). Para confeccionar o versorium vamos utilizar uma rolha de garrafa, um pedaço de arame e um canudinho de plástico. A rolha servirá de base para fixar o arame e apoiar o canudinho dobrado ao meio no formato de uma letra V na ponta do arame Figura 41.

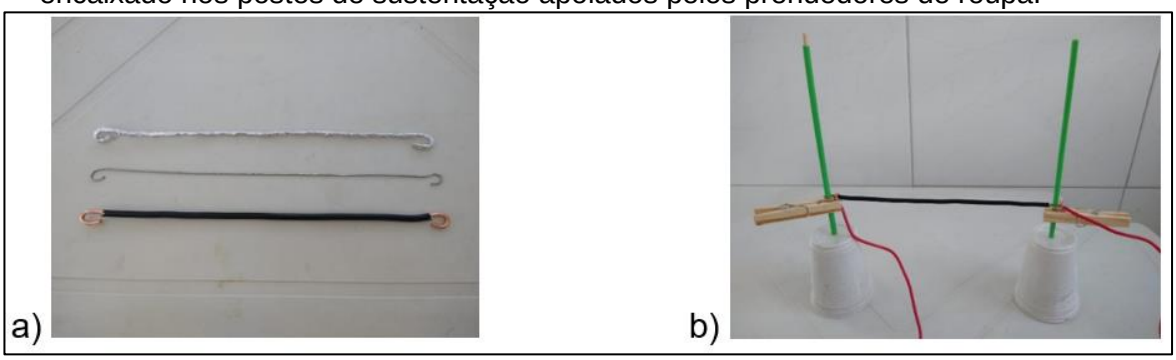
Figura 41 - a) ilustração do suporte da agulha da bússola (suporte baixo), b) ilustração do suporte alto da agulha imantada, c) ilustração do versorium.



Fonte: ilustrações do autor, 2021.

Continuando com a montagem, vamos preparar os fios que passam a corrente que interagem com a agulha imantada da bússola separados pelos dois postes de sustentação. Em cada poste, deve ser encaixado um canudinho de plástico. Em seguida, pegue 25 cm de fio rígido, suas pontas devem ser desencapadas e dobradas em forma de gancho, cada extremidade deve ser encaixada em um dos postes. O fio deve deslizar nos postes, de modo que se possa regular a altura do fio que fica na horizontal. Para controlar a altura do fio vamos utilizar prendedores de roupas evitando que o fio desça para a base do poste. Com o fio de estanho (fio de solda) faça o mesmo procedimento realizado com o fio de cobre rígido. Com o papel alumínio, faça um fio enrolando no comprimento com cerca de 25 cm. Pode ser utilizados outros materiais tipo latão, ferro e etc. para fazer o mesmo procedimento. O resultado é mostrado na FIGURA 42 (CHAIB; ASSIS, 2007).

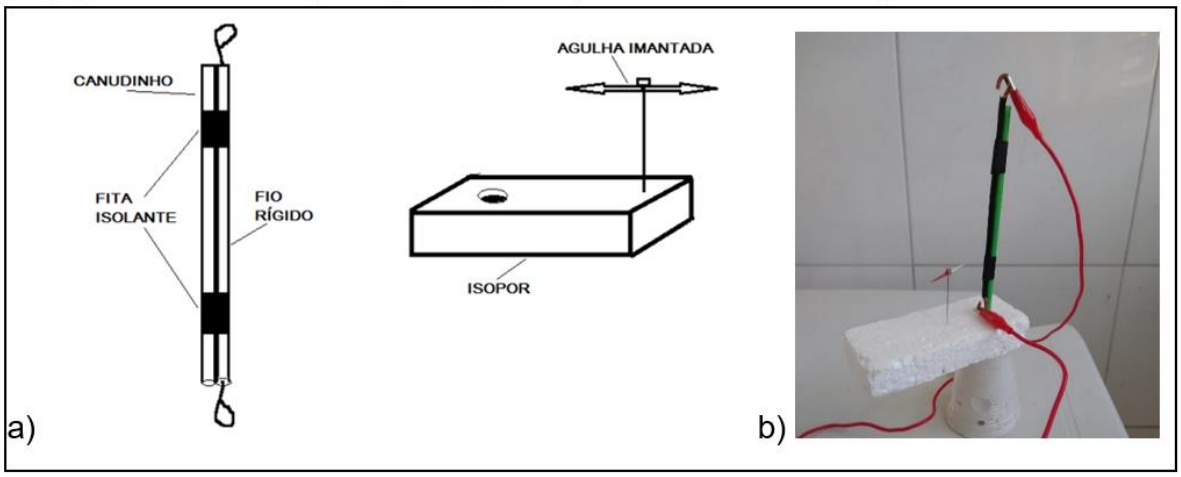
Figura 42 a) fios prontos para serem utilizados no experimento, b) fio de cobre rígido encaixado nos postes de sustentação apoiados pelos prendedores de roupa.



Fonte: acervo do autor, 2021.

Agora faremos um esquema para analisar o campo magnético gerado por uma corrente elétrica que se desloca na vertical. Para isso, corte 15 cm de fio de cobre rígido, desencape suas pontas e dobre-as em forma de gancho como anteriormente. Prenda um canudo de plástico nesse fio com fita isolante como mostra a figura 6. Em seguida, faça uma base com o isopor, não precisa ser muito larga, basta ser um pouco maior que o comprimento do tamanho da agulha imantada e tendo um furo para o encaixe do palito no poste de sustentação veja Figura 43. Depois, encaixe a base de isopor no palito e o canudo preso ao fio também. Por fim, fixe a um pedaço de arame ou um alfinete no isopor e apoie a agulha da bússola imantada sobre sua ponta de modo que a agulha fique equilibrada e tenha movimento livre. (CHAIB; ASSIS, 2007).

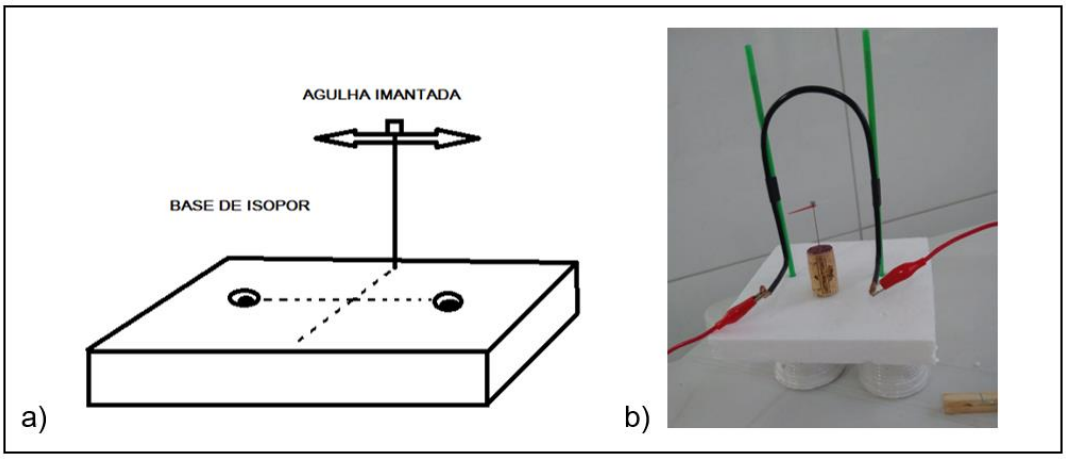
Figura 43 - a) esquema do canudinho e fio de cobre, b) arranjo para analisar o campo magnético gerado por uma corrente elétrica que se desloca na vertical



Fonte: acervo do autor, 2021.

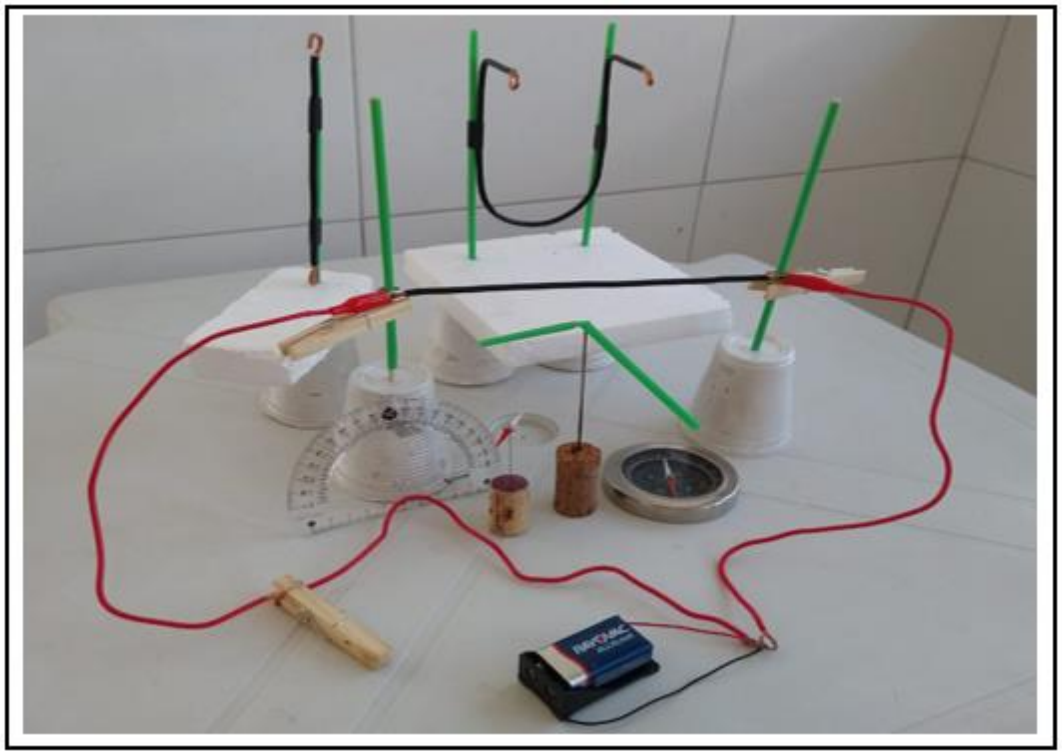
Para finalizar a montagem, dobre o resto do fio de cobre rígido de maneira que tenhamos o formato de uma letra U com duas pernas paralelas no mesmo fio. Em cada uma das pernas do fio prenda um canudinho com fita isolante. Construa uma base de isopor com dois furos para encaixar a base nos postes e depois coloque o fio em forma de U encaixado nos palitos dos postes através dos canudinhos como mostra o esquema da Figura 44, todos os equipamento prontos, é apresentado na Figura 45.

Figura 44 – a) ilustração da base de isopor, b) imagem do arranjo montado



Fonte: ilustração própria, imagem do acervo do autor, 2021

Figura 45 - equipamentos necessários para o experimentos



Fonte: imagem do acervo do autor, 2021

1.5 Procedimento experimental

Agora vamos realizar o experimento, é importante que essa prática assuma um caráter investigativo, é necessário que o professor tenha uma postura mediadora que, proporcione aos estudantes a oportunidade de questionar e de promover o diálogo durante a experimentação, essa aula dever ser conduzida de forma dialogada, é

interessante que os estudantes participem de forma ativa da organização do arranjo experimental.

Primeiramente, com o circuito aberto, organize os postes de sustentação de maneira que a agulha da bússola e o fio rígido fiquem paralelos entre si. A agulha imantada deve ficar em um plano abaixo do fio rígido, observe se a agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico da Terra, que corresponde ao Sul magnético terrestre. Nesse momento, o professor deve intervir e iniciar um diálogo sobre o porquê que isso ocorre, ouvindo as opiniões dos estudantes e na sequência explanar a respeito do magnetismo terrestre e sobre o funcionamento de um a bússola.

1.5.1 Descreva o comportamento da agulha imantada quando aproximada do fio condutor com o circuito aberto. O que acontece? Para onde a agulha aponta?

_____

_____

1.5.2 Descreva o comportamento da agulha imantada ao fechar o circuito, ou seja, o que acontece com agulha com a passagem de uma corrente elétrica pelo fio condutor?

_____

1.5.3 Observa-se que a agulha sofre uma deflexão. Quantos graus há entre a agulha imantada e o fio condutor? (Faça essas medição com o auxílio do transferidor)

_____

Nesse momento, o professor deve solicitar aos estudantes que criem suas próprias hipóteses sobre o ocorrido. É interessante medir o ângulo da deflexão da agulha imantada em relação ao fio. Em 1820, o ângulo encontrado por Oersted entre o eixo do fio e da agulha foi de 45°, quando a distância entre o centro da agulha e o fio era de 1,9 cm. O valor aproximado encontrado do ângulo proposto nesse arranjo é de 45° quando a distância entre o fio e a agulha da bússola é de 1 cm. Isto ocorre devido a ação do campo magnético terrestre, que adiciona-se ao campo magnético criado em volta do fio rígido devido a passagem da corrente elétrica criando um torque que faz a agulha se mover (CHAIB; ASSIS, 2007).

Continuando com o experimento, vamos afastar o fio da agulha imantada, aumentando com pequenas variações a altura o fio rígido nos postes, a cada variação na altura meça o ângulo entre a agulha e o fio, tomando cuidado para manter o fio e a agulha magnética paralelos.

1.5.4 O que ocorre com os ângulos medidos? O que podemos afirmar com relação ao observado?

_____

_____

Observa-se que o efeito de deflexão diminui ao ponto que a distância entre eles aumenta até chegarmos no ponto onde o efeito desaparece.

1.5.5 Com o fio na posição inicial, mantendo a distância de 1 cm entre o fio e a agulha da bússola, vamos inverter as conexões do fio rígido trocando os polos negativo e positivo na bateria. O que acontece com a deflexão da agulha?

_____

_____

Nota-se que a deflexão da agulha é invertida. Deste modo, percebesse que, o sentido em que flui a corrente elétrica no condutor elétrico influencia no sentido do campo magnético em volta do condutor.

1.5.6 Agora vamos organizar os equipamentos de modo que a agulha imantada fique por cima do fio rígido utilizando o suporte mais alto da agulha figura 4b. O que ocorre com a deflexão da agulha imantada sobre o fio em relação à quando ela estava por baixo do fio?

_____

Observa-se que ao fechar o circuito todos os efeitos são mantidos, porém, a deflexão da agulha é invertida.

Alinhando-se o fio rígido com a agulha em um mesmo plano de modo que os dois fiquem na mesma altura, um do lado do outro e paralelos, ao fechar o circuito, percebesse um fato curioso, a agulha não gira mais na horizontal, em vez disso, ocorre um leve movimento para baixo do polo da agulha que aponta para o contato negativo da bateria quando colocada do lado leste do fio, e um leve movimento para cima do mesmo polo da agulha quando colocado do lado oeste do fio. Esse é um bom momento para o professor iniciar um diálogo e ouvir as opiniões dos estudantes sobre o fenômeno observado. Nessa interação, o professor deve intervir de forma à propiciar avanços em relação as interpretações dos fatos que os estudantes não seriam capazes de realizarem sozinhos.

Voltando o arranjo experimental para a configuração inicial, podemos testar também, se a corrente exerce algum efeito eletrostático sobre alguns materiais. Para

isso utilizaremos o versorium elétrico construído de acordo como foi citado anteriormente, esse instrumento pode ser confeccionado com materiais como, plástico, aço, alumínio, madeira, papel entre outros como na figura 4c.

1.5.7 O que se observa ao aproximarmos o versorium do fio que passa a corrente, estando o circuito aberto ou fechado? O que isso significa?

_____

_____

Observa-se que, esses materiais não sofrem nenhuma perturbação, ou seja, não ocorre deflexão do versorium, demonstrando que os efeitos da agulha imantada observados por Oersted não são de natureza eletrostática. Talvez, seja necessário que, o professor interfira e faça com que os estudantes percebam essa diferença, afinal, essa não é uma percepção trivial.

Em seguida, vamos variar o material do fio rígido. Repetimos a experiência com a agulha imantada, substituindo o fio condutor de cobre pelos fios de estanho e de alumínio. É necessário manter a mesma distância entre o fio condutor e o centro da agulha, para isso, utiliza-se os prendedores de roupa para controlar a altura do fio. É importante medir o ângulo de deflexão da agulha quando o circuito estiver fechado para isso pode-se utilizar um transferidor.

1.5.8 O que ocorre com a deflexão da agulha quando trocamos o fio de cobre pelo fios de estanho e de alumínio? A qual conclusão podemos chegar?

_____

_____

Nesses dois casos, observa-se que ocorreu a deflexão da agulha, porém, ela foi diferente do que havia ocorrido anteriormente com o fio de cobre. Sobre esse fato Oersted, disse que a natureza do material (tipo de metal) não altera o fenômeno, porém, influencia na sua magnitude (intensidade) (MARTINS, 1986). Ou seja, a deflexão da agulha ainda acontece, mas, o ângulo entre a agulha e o fio muda de acordo com a composição química do material que compõe o fio.

Continuando, vamos interpor materiais entre a agulha imantada e o fio condutor, pode-se utilizar Placas finas de plástico, papel, madeira, isopor, guardanapos. Também pode-se colocar um copo de vidro emborcado, ou um copo de plástico transparente. Percebe-se que ao ligar o circuito, a agulha continua sofrendo deflexões como antes, mesmo quando interpomos materiais isolantes. Os testes

podem ser com matérias combinados, podemos forrar o fundo do copo com isopor por exemplo.

1.5.9 O que foi observado quando interpomos matérias entre o fio condutor e a agulha imantada? A qual conclusão chegamos?

_____

_____

Na sequência, montaremos o esquema da figura 6b. Nessa configuração o fio condutor fica na vertical, perpendicular a agulha da bússola. A agulha deve estar apontando para o fio e alinhada com o meridiano magnético da Terra com o circuito aberto. Ao ligarmos o circuito e o fio receber eletricidade dos terminais da bateria a agulha sofre uma deflexão. Caso invertamos as conexões do fio nos polos da bateria percebemos que o sentido da deflexão também se inverte.

1.5.10 Represente através de desenho o sentido do vetor campo magnético em torno do fio condutor retilíneo (utilize a regra da mão direita).

Finalmente vamos para a última análise do experimento, para isso montemos o esquema da figura 8 deixando a agulha perpendicular ao plano vertical das pernas do fio e apontando no sentido para dentro do U formado pelo fio. Ao ligarmos o circuito, observa-se uma repulsão da ponta da agulha que sofre uma deflexão e passa a apontar no sentido oposto do inicial. O fio na forma de letra U funciona como uma espira, quando o eixo da agulha aponta perpendicularmente para o plano da espira um dos polos da agulha sofre atração enquanto o outro sofre repulsão (CHAIB; ASSIS, 2007). Dependendo do polo da agulha que estiver mais perto da espira ela ficará em equilíbrio estável (no caso se ela for atraída pela espira) ou equilíbrio instável (caso ela seja repelida pela espira). No caso do equilíbrio instável, trata-se que qualquer perturbação que tire a agulha de sua posição inicial ela não voltará a sua posição original.

2 – Atividade: Motor Elétrico de Faraday

2.1 Objetivos específicos

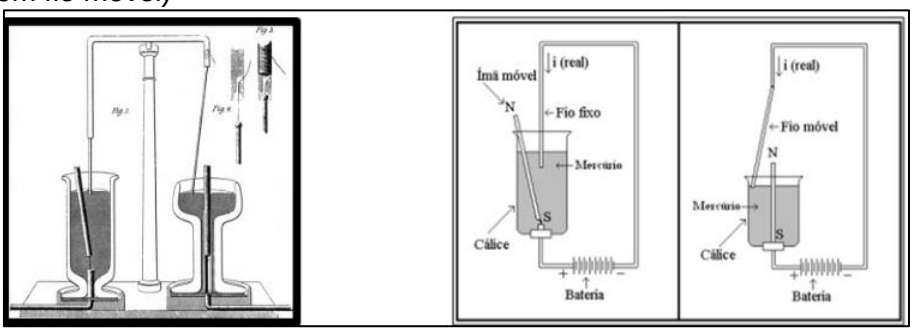
- ✓ Demonstrar que é possível obter movimento contínuo através dos efeitos de uma corrente elétrica associada aos efeitos de um campo magnético de um ímã.

2.2 Introdução/fundamentação teórica

No ano de 1820, após uma sequência de experimentos o dinamarquês Christian Oersted, chegou à conclusão de que o efeito magnético (campo magnético) gerado pelas correntes elétricas possui um movimento circular em torno do condutor. Explicar esses movimentos circulares era um grande problema devido à quebra de simetria. O próprio Oersted acreditava que o campo magnético fosse paralelo ao fio, na época era impossível antecipar que o campo magnético girava em torno da corrente elétrica (MEDEIROS; SANTOS, 2017).

Impressionado com os trabalhos de Oersted, o físico e químico Michael Faraday, passou a realizar experimentos para estudar a possível transformação da energia elétrica em movimento. Em um desses experimentos, ele encheu dois recipientes especialmente desenhados para pôr um fio condutor na base, com mercúrio que é um metal condutor Figura 46. Em um deles, deixou um ímã preso somente pela base e um fio fixo em cima. No outro, fixou um ímã na vertical e deixou o fio móvel em cima. No primeiro recipiente, quando um fio elétrico preso acima do recipiente tocava o mercúrio, fechando o circuito com uma bateria, o ímã girava em torno desse fio central. No outro recipiente, o fio móvel se punha a girar em volta do ímã fixo. Faraday demonstrou, assim, que era possível produzir um movimento contínuo devido à ação de uma corrente elétrica. Este experimento ficou conhecido como o motor de Faraday.

Figura 46 - detalhamento do esquema das duas versões do motor de faraday (com ímã móvel e com fio móvel)



Fonte: medeiros, e. A.; santos, l. F. Dos. Motor elétrico de faraday – um marco no desenvolvimento da física e um experimento para remontar em sala de aula. Revista do professor de física, v. 1, p. 1–8, 2017.

Esta corrente elétrica imersa em um campo magnético sofre a ação de uma força magnética perpendicular ao plano entre a corrente e o campo magnético externo, esse fenômeno é conhecido como Efeito Hall. Quando um campo magnético exerce uma força lateral nos elétron que se movem em um fio, essa força naturalmente é transmitida para o fio.

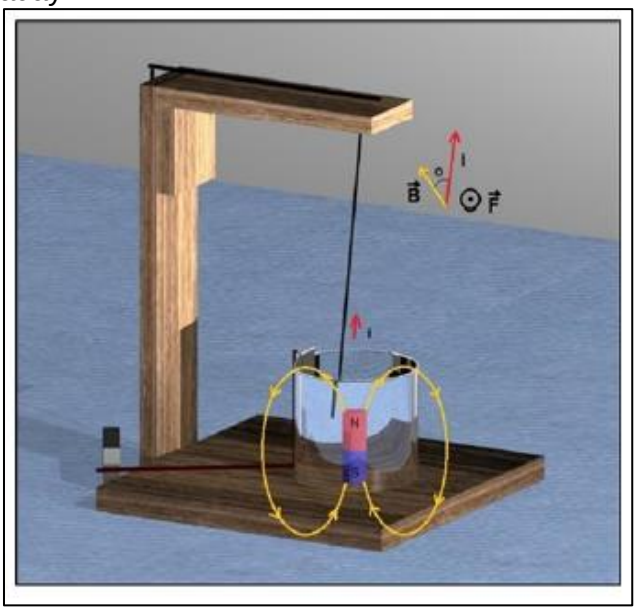
A força $\vec{F}_B$que age sobre uma partícula carregada que se move com velocidade $\vec{v}$ na presença de um campo magnético $\vec{B}$ é sempre perpendicular a $\vec{v}$ e a $\vec{B}$. Desse modo, a componente $\vec{F}_B$ na direção de $\vec{v}$ é sempre nula. Isso significa que, a força $\vec{F}_B$ não pode mudar a velocidade da partícula. Podendo mudar apenas a direção da mesma, ou seja, a trajetória da partícula

Para calcular o módulo da força $\vec{F}_B$ que age em um fio de comprimento L com corrente elétrica i em um campo magnético $\vec{B}$. Fazemos:

$$F_B = iBL \operatorname{sen} \theta$$

Em que θ é o ângulo entre o campo magnético e o sentido da corrente elétrica. Para determinar a direção e o sentido dessa força, deve-se utilizar a “regra da mão direita”: utilizando a mão direita aponta-se o dedo indicador no sentido da corrente elétrica convencional e o dedo médio no sentido do campo magnético. A direção da força é aquela para a qual aponta o dedão. No experimento esse esquema está representado na Figura 47.

Figura 47 - representação da corrente i, do campo magnético $\vec{B}$ e da força magnética $\overrightarrow{F_B}$ no motor de faraday.



Fonte: medeiros, e. A.; santos, l. F. Dos. Motor elétrico de faraday – um marco no desenvolvimento da física e um experimento para remontar em sala de aula. Revista do professor de física, v. 1, p. 1–8, 2017.

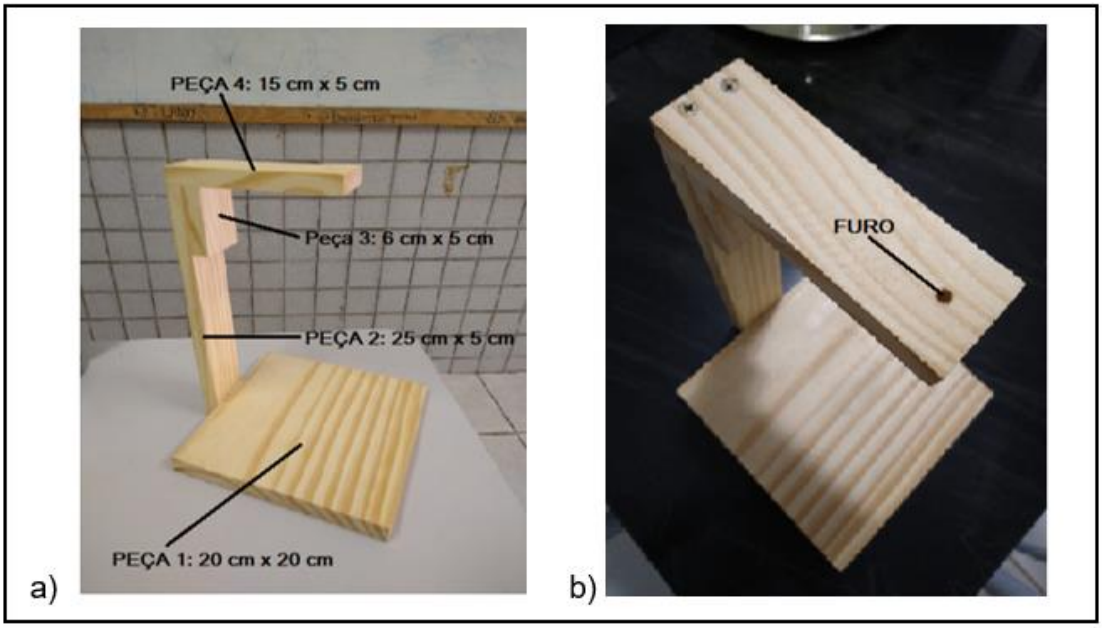
2.3 Materiais utilizados:

- ✓ Um suporte de madeira, nesse caso foi utilizado madeira de pinos;
- ✓ Um recipiente de plástico ou vidro transparente com volume de 250 ml com água;
- ✓ Uma colher de sopa de sal de cozinha;
- ✓ 25 cm de fio de cobre esmaltado;
- ✓ Um conjunto de ímãs de neodímio em forma de cilindro de no mínimo 10 cm;
- ✓ Duas bateria de nove volts;
- ✓ Dois suporte para bateria de 9 V;
- ✓ Dois cabos de 20 cm para conexão dos terminais da bateria para o protótipo;
- ✓ Uma chapinha de alumínio de 25 mm x 40 mm.

2.4 Convecção dos equipamentos:

Iniciaremos com a confecção da base de madeira que servirá de suporte para o fio condutor, para isso foram utilizadas quatro peças de madeira de pinos todas com 15 mm de espessura, o esquema da montagem segue a Figura 48. Na peça 4 deve ter um furo no qual passará um dos fios em forma de gancho.

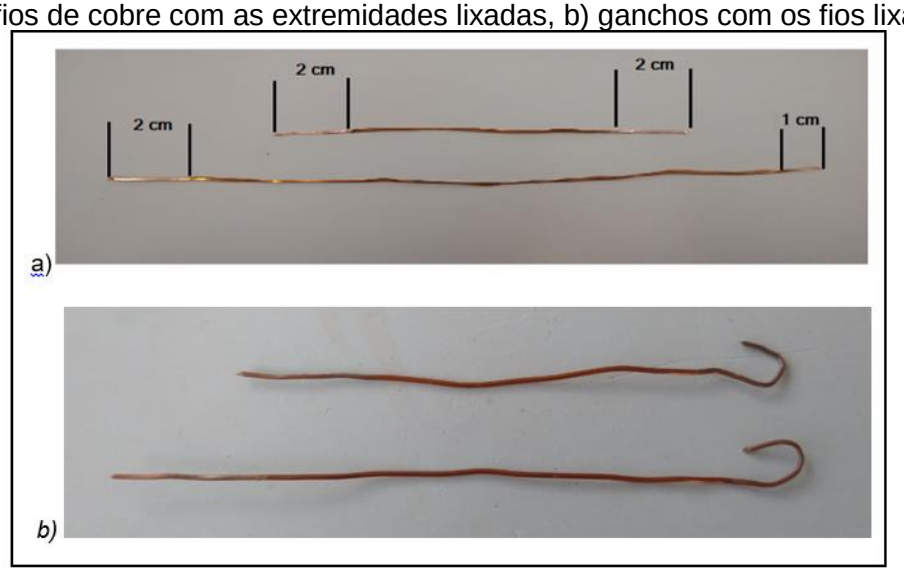
Figura 48 - esquema da base de madeira, b) furo na peça 4



Fonte: acervo do autor, 2021

Na sequência vamos preparar os ganchos feito com o fio de cobre esmaltado. Corte dois pedaços de fio, um com cerca de 15 cm e o outro com 8 cm, depois, retire o esmalte de suas extremidades utilizando uma lixa ou queimando com isqueiro Figura 49. A seguir apresenta-se imagens de detalhes dos ganchos de fio de cobre esmaltados, atentar para as extremidades lixadas para a remoção do esmalte do fio.

Figura 49 - fios de cobre com as extremidades lixadas, b) ganchos com os fios lixados

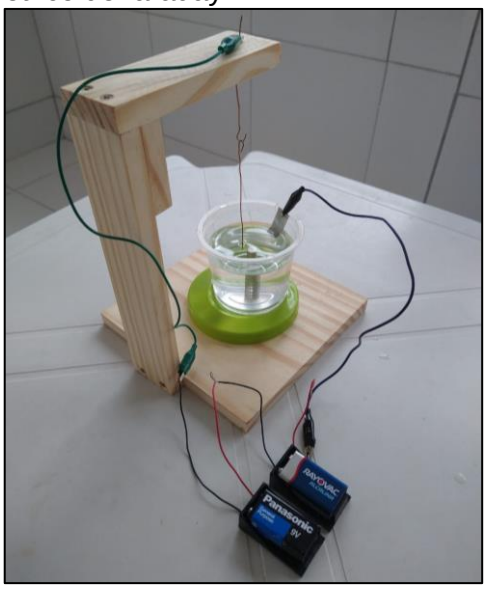


Fonte: acervo do autor, 2021

No pote de plástico, misture bem a colher de sal de cozinha com a água e ponha o conjunto de ímãs no centro do recipiente. Coloque a chapinha de alumínio dobrada na borda do pote de forma que ela entre em contato com a água salgada.

Pelo furo feito no suporte coloque o gancho menor feito com o fio de cobre e prenda-o na parte de cima do suporte com o cabo que será conectado a bateria. Engate o gancho maior no gancho menor de forma que toque na água e não ultrapasse a metade da altura do conjunte de ímãs. Para finalizar, conecte o outro cabo a chapinha de alumínio e a outra extremidade na bateria como mostra a Figura 50 (MEDEIROS; SANTOS, 2017).

Figura 50 - vista do motor elétrico de faraday



Fonte: acervo do autor, 2021

2.5 Procedimento Experimental

Esse experimento tem um caráter demonstrativo, dando possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e propiciando aos estudantes a elaboração de representações concretas referenciadas.

2.5.1 Para iniciar, descreva o comportamento do fio que toca a solução com o circuito desligado. O que acontece com o fio?

_____

_____

2.5.2 O que você acha que acontecerá quando o circuito for ligado?

_____

_____

Ao fechar o circuito, uma corrente elétrica fluirá entre os polos das baterias, passando antes pela solução de água e sal e pelo campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs.

2.5.3 Descreva o comportamento do fio que toca a solução com o circuito ligado. O que acontece com o fio?

_____

_____

2.5.4 Escreva uma hipótese que justifique o que ocorre com o fio quando o circuito está fechado. A quais fatores você atribui a causa do movimento do fio?

_____

_____

_____

2.5.5 Após a mediação do professor, explique o ocorrido através de conceitos físico.

_____

_____

_____

3 – Faça você mesmo! Identificando os polos norte e sul de um eletroímã

3.1 Objetivos específicos:

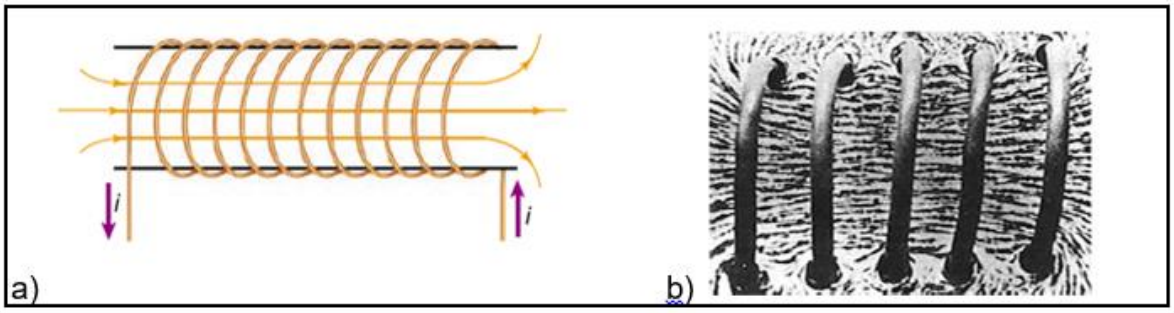
- ✓ Demonstrar que o campo magnético que surge nas proximidades de um condutor elétrico pode dar origem a um eletroímã.
- ✓ Caracterizar o vetor indução magnética no interior de um solenoide percorrido por corrente elétrica (direção; sentido).
- ✓ Identificar os polos do eletroímã.
- ✓ Debater com os estudantes sobre a direção e o sentido do vetor campo magnético que surge no solenoide utilizando a regra da mão direita

3.2 Introdução/fundamentação teórica: Campo Magnético em um solenoide

A explicação de surgimento de propriedades magnéticas no prego do experimento, transformando-o em um eletroímã, está no surgimento do campo magnético que é criado no interior do solenoide que está enrolado no prego. Um solenoide é constituído por espiras enroladas em forma helicoidal, com espaçamento

iguais entre elas e o mesmo formato, além disso, deve-se levar em consideração o comprimento do solenoide. Com o uso de limalha de ferro, podemos visualizar as linhas de indução do campo magnético gerado por uma bobina longa quando percorrida por corrente elétrica Figura 51.

Figura 51 - a) representação esquemática, mostrando que, no interior da bobina longa, as linhas de indução são retas paralelas b) visualização das linhas de indução com uso de limalha de ferro



FONTE: FÍSICA: CIÊNCIA E TECNOLOGIA / CARLOS MAGNO A. TORRES... [ET AL.]. -- 3. ED. -- SÃO PAULO: MODERNA, 2013, P. 91.

Note que, no interior da bobina longa, as linhas de indução são paralelas. Isso significa que, em todos os pontos do interior da bobina longa, o vetor indução magnética B tem a mesma direção e o mesmo sentido. Verifica -se que, nesses pontos, B tem também a mesma intensidade. Um campo nessas condições é chamado campo magnético uniforme. Suas linhas de indução são representadas por retas paralelas igualmente orientadas e igualmente espaçadas.

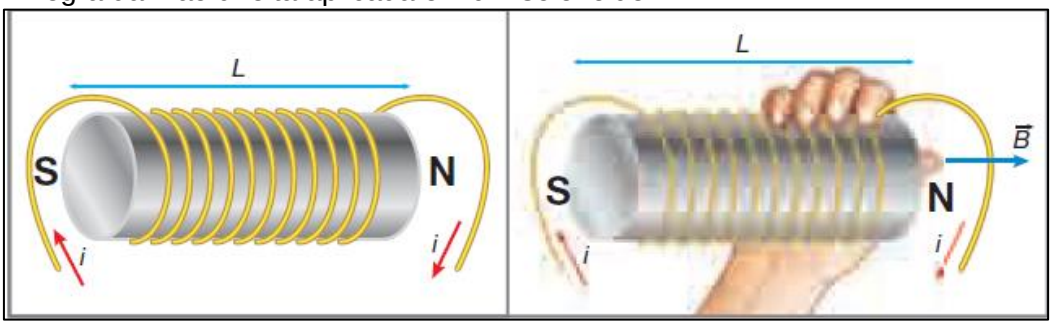
Assim, o campo magnético no interior de um solenoide longo é uniforme e tem, em cada ponto, as seguintes características: direção do eixo da bobina, sentido dado pela regra da mão direita, e o módulo do campo magnético é dado por:

$$B = \mu_0 \frac{n.i}{L}$$

em que n é o número de espiras existentes num determinado comprimento L de bobina, i é intensidade da corrente que percorre o condutor (solenoide) e μ_0 é permeabilidade no vácuo.

Para determinar o sentido das linhas do campo magnético de um solenoide utiliza-se a regra da mão direita modificada também conhecida como regra de Ampère, no nosso caso, os dedos apontam o caminho da corrente elétrica convencional, enquanto o dedo polegar, indicará o sentido das linhas do campo magnético Figura 52.

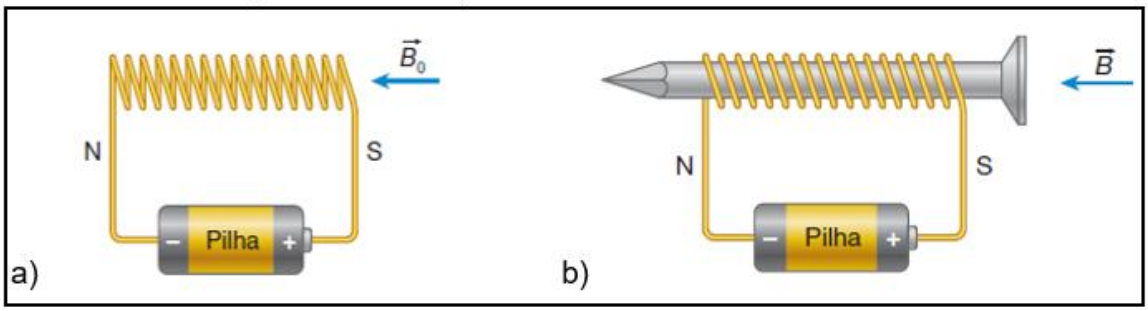
Figura 52 - Regra da mão direita aplicada em um solenoide.



Fonte: (sant'anna, 2013)

É possível aumentar muitas vezes o campo magnético gerado pela corrente que passa por um solenoide preenchendo-o com um núcleo de material ferromagnético (ferro, cobalto ou níquel) no caso do eletroímã foi inserido o prego. Isso ocorre porque, inserindo um material ferromagnético no núcleo, muda -se o valor de μ, que é diferente de μ_0, cuja permeabilidade é medida no vácuo. Ao fazer isso, obtemos um eletroímã que tem em cada uma de suas extremidades polaridade idêntica à anterior Figura 53.

Figura 53 - O campo magnético gerado pelo solenoide, induz a magnetização do ferro que compõe o prego, dando origem a outro vetor indução magnética resultante, com as mesmas características de direção e sentido mas, de módulo muito maior



Fonte: conexões com a física / blaidi sant'anna... [et al.]. — 2. Ed. — são paulo: moderna, 2013. P. 181

Nessa situação o prego passa a ser chamado de núcleo do solenoide, ao ligar as extremidades do fio de cobre nos terminas da bateria, notamos que o prego passa a atrair os clipes de ferro. Isso significa que ele se magnetiza, o campo magnético que se estabelece no interior da bobina orienta os ímãs elementares do prego de ferro.

3.3 Materiais utilizados:

- ✓ Prego caibrar
- ✓ Fio de cobre esmaltado

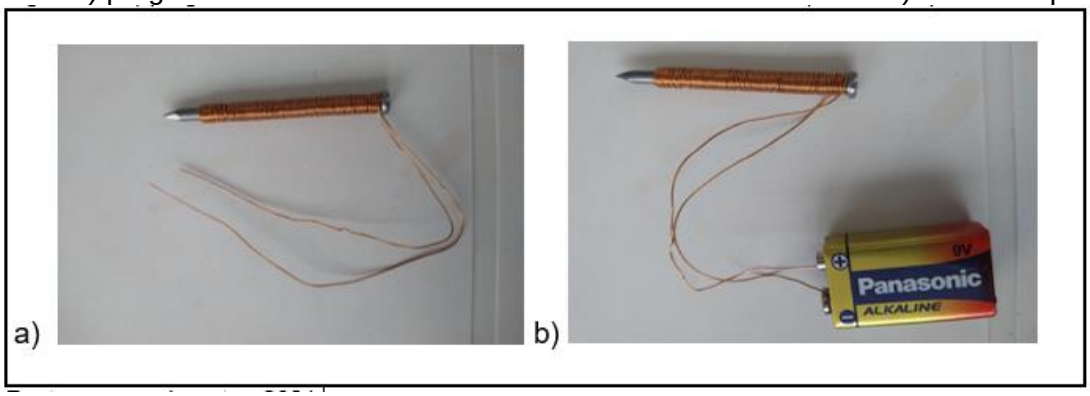
- ✓ Bateria de 9 volts
- ✓ Clipes metálicos
- ✓ Bússola

3.4 Procedimento experimental

Com a orientação do professor, os estudantes formarão grupos, cada equipe receberá o material necessário para confeccionar o seu eletroímã. Utilizando o prego, o fio esmaltado e a bateria. Os clipes servirão para testar o funcionamento do eletroímã produzido pelos estudantes, já a bussola servirá para identificar os polos do eletroímã.

Para construir o eletroímã cada equipe precisa seguir os seguintes passos. Enrolar o prego com o fio de cobre esmaltado formando um solenoide com duas camadas deixando sobras de 20 cm nas extremidades. Em seguida, conectar as extremidades do fio aos polos da bateria como mostra a Figura 54. Depois é só testar se funciona.

Figura 54 - a) prego enrolado com duas voltas de fio de cobre esmaltado. B) eletroímã pronto



Fonte: acervo do autor, 2021.

Ao produzir o protótipo, os estudantes compreenderão melhor o funcionamento do mesmo e manusearão com mais propriedade, pois conhecem suas fragilidades. Esse experimento também tem o caráter investigativo, pois a identificação dos polos do eletroímã não é uma tarefa tão trivial para os estudantes.

3.4.1 Com as extremidades do fio de cobre conectado nos polos da bateria aproxime o eletroímã dos clipes metálicos. O que acontece?

_____

3.4.2 Explique do ponto de vista físico o porquê do prego passar a atrair os clipes?

_____

_____

_____

3.4.3 Na sequência aproxime uma das extremidades do eletroímã da bússola. Qual a cor da extremidade da agulha da bússola foi atraído pelo eletroímã?

_____

_____

3.4.4 Invertendo a conexão do fio nos terminais da bateria, qual a cor da extremidade da agulha é atraída pelo eletroímã??

_____

_____

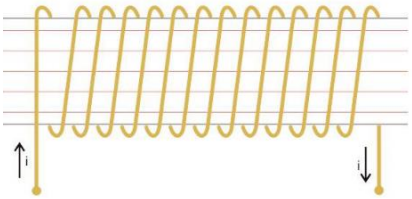
3.4.5 Qual a relação entre o sentido da corrente elétrica convencional e os polos do eletroímã?

_____

_____

3.4.6 Observe o aspecto do solenoide percorrido por corrente elétrica representado na Figura 55 abaixo. Represente através de desenho o aspecto das linha de campo magnético produzidos por ele. Qual a direção e o sentido (use a regra da mão direita) do vetor indução magnética no interior do solenoide para identificar os polos do eletroímã.

FIGURA 55 - REPRESENTAÇÃO DE UM SOLENOIDE



Referências

ANDRADE, F. A. L. DE. Ensino de eletricidade e magnetismo orientado por projetos de pesquisa com materiais de sucata tecnológica /. **Dissertação (Mestrado – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2018.**, v. 53, n. 9, p. 21–25, 2017.

ASSIS, A. K. T. DE; CHAIB, J. P. M. DE C. Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 345–349, 2012.

AUGUSTO, D.; TONIDANDEL, V. História da Eletricidade e do Magnetismo : da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 29, n. 1, p. 41–51, 2007.

DA SILVA, F. W. O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 29, n. 1, p. 149–159, 2007.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. DE A. MICHAEL FARADAY : O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA. **Ciência e Educação**, v. 10, p. 517–530, 2004.

EBERHARDT, D.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. FAÇA VOCÊ MESMO : PRODUÇÃO E DETECÇÃO. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, p. 1175–1187, 2012.

FERRAZ, A. P. DO C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **AORN Journal**, v. 88, n. 3, p. 421–431, 2008.

GIACOMELLI, A. C. C.; SILVA, J. S. DA; ROSA, C. T. W. DA. Construção de um pêndulo com ímã e bobina destinado ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro do ensino de Física**, v. 53, n. 9, p. 21–25, 2017.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma Abordagem Histórico-Filosófica Para O Eletromagnetismo No Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224, 2004.

MARTINS, R. DE A. Orsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, p. 89–114, 1986.

MARTINS, R. DE A. O estudo experimental sobre o magnetismo na Idade Média, com uma tradução da carta sobre o magneto de Petrus Peregrinus. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica**, v. 39, n. 1, p. 1–30, 2017.

MEDEIROS, E. A.; SANTOS, L. F. DOS. MOTOR ELÉTRICO DE FARADAY – UM MARCO NO DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA E UM EXPERIMENTO PARA REMONTAR EM SALA DE AULA. **Revista do Professor de Física**, v. 1, p. 1–8, 2017.

NOVAK, M. A. Introdução ao magnetismo. **II Escola Brasileira de Magnetismo**, v. 1700, 1999.

SANT'ANNA, B. . . . [ET AL]. **Conexões com a Física**. 2ª ed. São Paulo: [s.n.].

TORRES, C. M. A. et al. **Física : ciência e tecnologia**. 3ª ed. São Paulo: [s.n.].

VICENTE, S. A.; SILVA, A. P. B. Oersted e as investigações experimentais entre eletricidade e magnetismo : a história da ciência em audiovisual. **Anais eletrônicos 17º Seminário Nacional da Ciência e da Tecnologia.**, p. 1–11, 2014.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4ª ed bras ed. São Paulo: [s.n.].