UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 35

ANTONIO PEREIRA DOS SANTOS

As propriedades magnéticas no ensino fundamental I e II com o uso do lúdico e da descoberta como facilitadores da aprendizagem

Ponta Grossa

2025

ANTONIO PEREIRA DOS SANTOS

As propriedades magnéticas no ensino fundamental I e II com o uso do lúdico e da descoberta como facilitadores da aprendizagem

Dissertação apresentada ao Polo 35 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de ponta Grossa como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti
Coorientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves

Ponta Grossa
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

A ficha catalográfica deve ser impressa na parte inferior, no verso da folha de rosto, de acordo com as normas institucionais.

TERMO DE APROVAÇÃO

Dedico este trabalho as mulheres da minha vida.
Minha esposa Andréssia e minhas filhas Sêmily e Sarah que muito me ajudaram a concluir mais esse ciclo em minha jornada.
Com amor.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial a Deus pela graça da vida e a oportunidade de alcançar mais essa conquista.

Agradeço aos professores Dr. André Maurício Brinatti por toda paciência e dedicação na orientação para conclusão deste trabalho e ao professor Dr. André Vitor Chaves de Andrade que colaborou com a coorientação.

A Associação de Proteção à Infância Vovô Vitorino, na pessoa de Maria Júlia (diretora) a qual cedeu o espaço para execução deste trabalho.

A comunidade São Sebastião nas pessoas de Carlos e Mayco, por cederem as salas da catequese para realização da atividade de Caça ao Tesouro Magnético.

A professora Alexsandra Mello (professora de Física do Ensino Médio) a qual inspirou o desejo para cursar Física.

Agradeço imensamente o apoio de grandes amigos da Bahia, a professora Drª. Cintia Luz pelo apoio recebido durante os processos para ingresso no mestrado, a professora Aleí (referência em educação), Reilma Reis (a melhor mecanógrafa) e Leila Miranda por acreditarem em mim até mesmo quando eu duvidava.

Aos colegas do MNPEF turma 2022.1 que muito ajudaram na ampliação da aprendizagem ao longo desse período.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“(...) aos cinco anos, Albert Eisenstein ganhou de seu pai uma bússola de bolso que lhe causou profunda impressão, pois o ponteiro sempre apontava para o mesmo lugar, não importando a posição que a bússola fosse colocada. Ele descreve esta reação como “wundern”, do alemão “milagre” (...)” Um cientista não nasce pronto. O desejo de ser um. Sim!

(Instituto de física da UFRGS, 2024).

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento, a aplicação e a análise do Produto Educacional – Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais – voltado ao ensino dos conceitos de campo magnético e propriedades magnéticas dos materiais para alunos do Ensino Fundamental I e II. O problema norteador do trabalho foi: é possível por meio de atividades lúdicas e da descoberta de Bruner trabalhar conceitos de magnetismo no Ensino Fundamental I e II de forma honesta? Partimos da hipótese de que estratégias didáticas baseadas na ludicidade e na investigação promovem maior engajamento dos estudantes e favorecem a construção de conceitos científicos de forma ativa e prazerosa. Fundamentamos nossa proposta na aprendizagem por descoberta, especialmente no modelo do currículo em espiral, adotando o lúdico como estratégia didática para tornar o ensino de Física mais acessível e atrativo. O Produto Educacional foi aplicado em turmas multisseriadas vinculadas a um projeto de assistência social na cidade de Curitiba – PR, que atende crianças em situação de vulnerabilidade social. A estrutura do produto educacional contemplou um plano de unidade dividido em quatro momentos, totalizando nove aulas, formulários de questões, experimentos acessíveis e um jogo – Caça ao Tesouro Magnético – como culminância do processo de aprendizagem. As atividades foram planejadas considerando as diferentes formas de representação articuladas à ludicidade no contexto do Ensino Fundamental I e II. A heterogeneidade das turmas nos permitiu identificar essas representações, bem como analisar as interações entre os alunos nos processos de investigação e resolução dos problemas propostos. Durante a aplicação, observamos uma evolução no vocabulário conceitual dos estudantes, que passaram a utilizar termos como “campo magnético” e “força magnética” em substituição a explicações intuitivas ou informais. O jogo nos possibilitou avaliar, de forma lúdica, o nível de compreensão dos conteúdos, revelando indícios da potência efetiva e da economia. Os resultados analisados ao longo desta dissertação indicam que o uso de atividades lúdicas e experimentais favorece a construção do conhecimento científico, respeitando as fases do desenvolvimento cognitivo dos alunos e potencializando o aprendizado por meio da descoberta. O presente estudo contribuiu com alternativas metodológicas inovadoras para o ensino de Física na educação básica, especialmente no contexto com pouca infraestrutura, e reforçou a importância do ensino por investigação mediado por estratégias lúdicas.

Palavras-chave: aprendizagem por descoberta. currículo em espiral. ludicidade. magnetismo. ensino de física.

ABSTRACT

This paper presents the development, application, and analysis of the Educational Product – A Journey Toward the Magnetic Properties of Materials – aimed at teaching the concepts of magnetic fields and the magnetic properties of materials to Elementary School students. The guiding question of the work was: is it possible to honestly address concepts of magnetism in Elementary School (initial and final yaers) through playful activities and Bruner's discovery? We hypothesize that teaching strategies based on playfulness and inquiry promote greater student engagement and encourage the active and enjoyable development of scientific concepts. Our proposal is based on discovery learning, mainly the spiral curriculum model, adopting play as a teaching strategy to make Physics teaching more accessible and engaging. The Educational Product was implemented in multi-grade classes linked to a social assistance project in the city of Curitiba, Paraná, which serves children in socially vulnerable situations. The structure of the educational product included a unit plan divided into four phases, totaling nine lessons, question forms, accessible experiments, and a game—Magnetic Treasure Hunt—as the pinnacle of the learning process. The activities were planned considering the different forms of representation linked to playfulness in the context of Elementary School. The heterogeneity of the classes allowed us to identify these representations and analyze the interactions between students in the processes of investigation and problem-solving. During the implementation, we observed an evolution in the students' conceptual vocabulary, which began to use terms such as "magnetic field" and "magnetic force" instead of intuitive or informal explanations. The game allowed us to playfully assess the level of understanding of the content, revealing evidence of effective power and economy. The results analyzed throughout this dissertation indicate that the use of playful and experimental activities favors the construction of scientific knowledge, respecting the phases of students' cognitive development and enhancing learning through discovery. This study contributed to Physics teaching in basic education for presenting innovative methodological alternatives, especially in contexts with limited infrastructure. It also reinforced the importance of inquiry-based learning mediated by playful strategies.

Keywords: Discovery Learning, Spiral Curriculum, Playfulness, Magnetism, Physics Teaching.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama V, problema a ser analisado.....13
Figura 2 - Esquema da montagem do aparato da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura).....24
Figura 3 - Representação das linhas de campo magnético entre dois ímãs de barra em duas situações: atração magnética (a) e repulsão magnética (b).....26
Figura 4 - Representação dos ímãs em formato de: barra (a), u (b), c (c) e anel (d).....27
Figura 5 - Ímã em formato de folha (a), ímã de folha com limalha (b).....27
Figura 6 - Representação do campo magnético terrestre, polos magnéticos e polos geográficos da Terra.....28
Figura 7 - Orientação do campo magnético de um ímã em barra, usando bússolas. Aqui foi considerado apenas o campo magnético ao redor do ímã.....30
Figura 8 - Representação das linhas de campo magnético em um ímã de barra com o uso de limalha de ferro (a) e vetorial por meio das linhas de campo e campo magnético (b).....31
Figura 9 - Representação das linhas de campo com o uso da limalha de ferro: vista lateral – anel (a) e U (c), vista de cima anel (b) e U (d).....32
Figura 10 - Representação dos polos magnéticos de um ímã de barra: antes de ser partido(a), após ser partido e sem levar em consideração a interação magnética entre os pedaços do ímã (b).....33
Figura 11 – Eletroímã.....34
Figura 12 - Representação esquemática de um solenoide e as linhas de campo no interior do mesmo.....35
Figura 13 – Aparato montado para ilustrar o experimento de Oersted.....37
Figura 14 - Esquema da montagem representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) representando as Superfícies Gaussianas I e II.....38
Figura 15 - Representação das linhas de campo magnético do ímã de barra com o uso da limalha de ferro.....39
Figura 16 - Representação do spin do elétron em dois estados possíveis.....41
Figura 17 - Água que está dentro do frasco de vidro é repelida pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.....43

Figura 18 - Papel alumínio que está dentro do frasco de vidro é atraído pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.....44
Figura 19 - Representação do processo de magnetização de um prego, material ferromagnético, com o uso de um imã de barra, campo magnético externo, e na ampliação
representação microscópica dos domínios magnéticos: antes do processo (a) e depois do processo (b).....47
Figura 20 - Esquema da Estrutura e da Organização do Produto Educacional.....56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....12
2 O LÚDICO, O MAGNETISMO E O ENSINO FUNDAMENTAL.....16
2.1 A LUDICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL.....16
2.2 O MAGNETISMO NO ENSINO FUNDAMENTAL.....19
3 A FÍSICA DO MAGNETISMO.....23
3.1 A CURIOSIDADE COMO MOTIVADOR DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA.....23
3.2 DEFINIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$.....24
3.3 CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$ A PARTIR DE UMA CORRENTE ELÉTRICA.....33
3.4 LEI DE GAUSS.....37
3.5 PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS.....39
3.5.1 Diamagnetismo 42
3.5.2 Paramagnetismo.....43
3.5.3 Ferromagnetismo.....46
4 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA TEORIA DE ENSINO DE BRUNER.....48
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E CURRÍCULO EM ESPIRAL.....48
4.2 ASPECTOS CENTRAIS À LUZ DA ABORDAGEM DE BRUNER.....49
4.2.1 Predisposição para a aprendizagem.....49
4.2.2 Estrutura e forma de conhecimento.....51
4.2.3 Sequência e aplicações.....53
4.2.4 Recompensa e estímulos.....53
4.3 O PAPEL DO PROFESSOR E DO ALUNO.....53
5 METODOLOGIA DO TRABALHO E O PRODUTO EDUCACIONAL.....55
5.1 ESTRUTURA E PLANEJAMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....55
5.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PLANO DE UNIDADE.....57
5.3 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM.....59
5.4 MATERIAIS ELABORADOS E SUA APRESENTAÇÃO DENTRO DO PRODUTO....60
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....62
6.1 CAMPO DE APLICAÇÃO.....62
6.2 RESULTADOS MOMENTO 1, AULA 1.....63
6.3 RESULTADOS MOMENTO 1, AULA 2.....66

6.4 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 3.....68
6.5 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 4.....70
6.6 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 5.....71
6.7 RESULTADOS MOMENTO 3, AULA 6.....71
6.8 RESULTADOS MOMENTO 3, AULA 7.....73
6.9 RESULTADOS MOMENTO 4, AULA 8 E AULA 9.....74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....77
REFERÊNCIAS.....79
APÊNDICE A: UMA JORNADA RUMO ÀS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS.....84

1 INTRODUÇÃO

> Certa vez, numa época em que os mares eram dominados por bravos piratas, existia um capitão como nenhum outro. Chamado Capitão Dia Magnético, ele era conhecido não apenas por sua agilidade na arte da pirataria, mas também por sua incrível habilidade com o magnetismo(...) (o autor).

Ao iniciarmos o estudo sobre magnetismo que é de fundamental importância para a compreensão de conceitos do dia a dia, devemos ter em mente que os conceitos físicos ainda são abordados de forma superficial ou talvez não tão bem pensada ou elaborada para a faixa etária de ensino, principalmente para o Ensino Fundamental I e II.

A alfabetização cientifica na área de física tem avançado consideravelmente nas últimas décadas (Wikipedia, 2024; Sasseron, De Carvalho, 2011), e o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) tem papel fundamental na formação continuada de professores no âmbito acadêmico em nível de Mestrado porque ele vem dar suporte e apoio educacional numa perspectiva de transformação da educação que deve ser feita diariamente. Um dos pré-requisitos para a obtenção do título de mestre no programa do MNPEF é a produção de um produto educacional na área de ensino de física para o ensino médio e ou fundamental. Subsídio este, que dá apoio a professores e estudantes do ensino médio e fundamental levando uma maior difusão da ciência.

Entretanto, para chegar neste ponto foi percorrido um longo caminho de incertezas no que iria trabalhar e desenvolver em nível de produto educacional com e para os alunos.

Essas escolhas foram do tema tempo como uma questão filosófica até passar pelo tema radioatividade, descoberta que revolucionou a ciência como um todo. Mesmo com um vasto leque de opções percebíamos que ainda faltava algo essencial, como dizia o professor Brinatti: “é preciso ter prazer pelo que está fazendo”. E naquele momento tal motivação não existia.

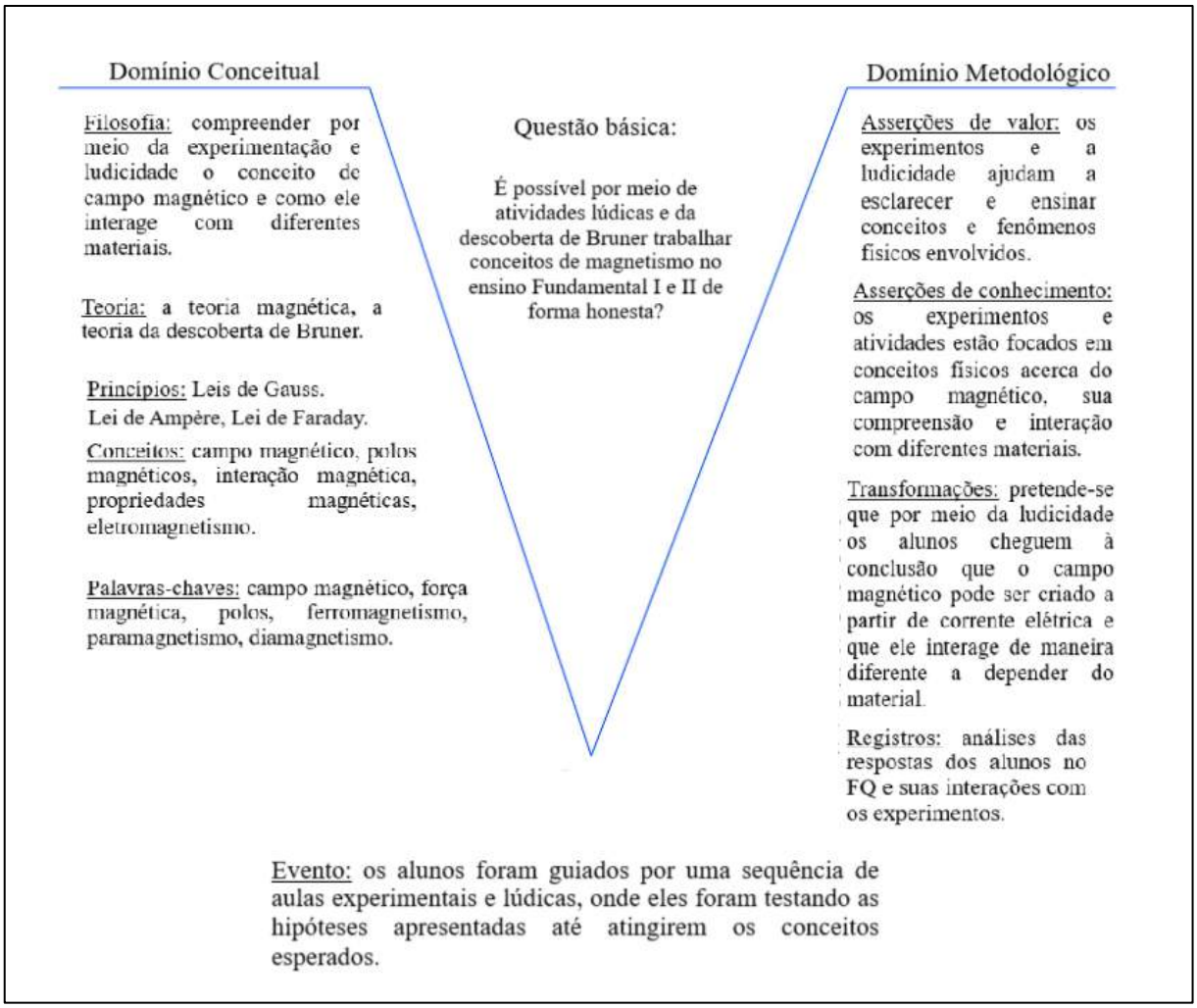
Pela dificuldade e contratempos no decorrer do mestrado, foi preciso refazer a disciplina de Eletromagnetismo, momento este, que foi possível compreender as necessidades que este conceito exige do professor para que o conteúdo seja compreendido de forma honesta pelo aluno. Tal questionamento e observando o desejo natural das crianças de aprender, essa inocência que tem sede de conhecimento que chegamos ao problema principal deste trabalho.

É possível por meio de atividades lúdicas e da descoberta com base na teoria de ensino de Bruner trabalhar conceitos de magnetismo no ensino Fundamental I e II de forma honesta?

Optamos então, por trabalhar o campo magnético e as propriedades magnéticas dos materiais no ensino fundamental I e II com o uso do lúdico atrelado a teoria de ensino de Bruner, tema desta dissertação.

As experiências vividas em uma turma multisseriada de ensino fundamental I e II, faz o professor questionar se seus métodos de ensino são realmente eficazes na aprendizagem das crianças de forma sólida e coesa. Nós notamos que o lúdico facilita a aprendizagem, nessa percepção e aos olhos da descoberta proposta por Bruner, centrado no aluno como construtor do conhecimento e o professor responsável em criar mecanismos para que o aluno chegue na descoberta por si mesmo, nos levou a avaliação do problema proposto no Diagrama V da Figura1.

Figura 1- Diagrama V, problema a ser analisado



Fonte: o autor.

Desafio, é a palavra que define o ensino, o educar e o aprender, e devem emergir do desafio que cada indivíduo enfrenta nesse processo educacional. O professor de ensino fundamental ali, responsável por fazer um ensino translacional e colocar em prática a proposta de ensino de Bruner que diz que: "é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento" (Bruner, apud, Moreira, 1999, p.81). O desafio aceito, partimos para as pesquisas e incansáveis estudos sobre as aulas, métodos e maneira de proporcionar aos alunos uma descoberta evidente, honesta e prazerosa, afinal aprender e estudar não precisam ser algo chato.

No diagrama V da Figura 1, podemos perceber fatores que são relevantes para alcançar os objetivos desejados, tais como: o domínio conceitual que deve primeiramente partir do educador que ao preparar uma aula coloca em primeiro o lugar o objetivo de que o aluno aprenda com as atividades propostas que trarão indícios para alcançarem a resposta para o problema central, compreendendo a teoria, os conceitos e princípios ensinados pelo professor. Também vemos o domínio metodológico que destaca as etapas realizadas que seguem o padrão apresentado por Bruner, onde os níveis de aprendizagem devem ser apresentados aos alunos de forma gradual aumentando sua dificuldade.

A partir dessa análise, podemos partir para a contextualização do conteúdo de física a ser ensinado para as crianças buscando relações com suas atividades diárias, pois é muito comum crianças brincarem com ímãs de geladeira ou mesmo ímãs de alto-falantes e ficarem impressionadas com sua capacidade de atrair materiais feito de ferro e até mesmo atrair ou repelir outros ímãs.

Visto isso, ensinar exige coragem e determinação. Coragem, pois os tempos estão cada dia mais diferentes, determinação porque exige do professor uma constante evolução tanto na formação quanto no educar.

Nesse contexto, foram feitas análises de materiais abordados sobre o mesmo assunto para o ensino médio e fundamental, pelo menos do que se tem conhecimento, dentre os quais se destacam dois do ensino fundamental, proposito de estudo dessa dissertação, são eles: Silva et al (2023), Silva Júnior, Pereira, Del Nero e Mota, (2019), que serão discutidos melhor nos próximos capítulos. Também observamos pesquisas translacionais, além de fazer análise de como o conteúdo de física está estruturado hoje no Ensino Fundamental segundo a BNCC (Brasil, 2018), o CREP (Paraná, 2021) e os PCNs (Brasil, 1997). Com isso, buscamos adaptar para o ensino fundamental I e II de forma lúdica o ensino do magnetismo e as propriedades magnéticas dos materiais, levando as crianças de vários níveis de ensino a uma compreensão

científica sobre esse contexto, apresentando assim algumas ferramentas e métodos utilizados pelo professor e, por fim, mais não menos importante a apresentação do Produto Educacional intitulado: Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais (APÊNDICE A) que sintetiza todo o fruto do trabalho desta jornada.

Ao analisar o referencial curricular do Paraná, para o componente de Ciências é possível compreender logo de início que sua estruturação em cada unidade temática de trimestre se baseia próximo ao modelo do método científico, fazendo uso de uma estrutura didático-metodológica a fim de serem instrumentos norteadores no processo de ensino. Nesse contexto vale destacar três pontos importantes:

> Observação de um determinado fenômeno que motiva a busca de informações; Atividade experimental por meio da manipulação de materiais que estimulem no estudante a curiosidade, instigando a troca de ideias com seus colegas; Pesquisa individual e/ou em grupo em diferentes fontes que contribuirá para o desenvolvimento da autonomia de pensamento e da habilidade de trabalhar em conjunto. (Paraná, 2021, os. 7,8).

No entanto, o conteúdo do assunto de estudo deste trabalho só foi evidenciado durante o 1º, 2º e 5º ano do ensino fundamental I. Durante todo o fundamental II, os alunos terão contato com aplicações de diferentes materiais no que diz respeito a estudos de interações químicas dos materiais, a física é apresentada nesse caminho mais no que diz respeito aos conceitos de Terra e universo, estados físicos da matéria, entre outros, o aluno só terá contato novamente com as propriedades magnéticas no 9º ano. Ao chegar no ensino médio ela é abordada apenas no 3º ano.

A BNCC (Brasil, 2018), para a disciplina de ciências foi dividida em 3 componentes curriculares, chamadas unidades temáticas. A unidade temática de nosso estudo é: “Matéria e Energia, onde contempla o estudo da matéria e essas transformações, fontes e os tipos de energia utilizados na vida em geral, onde visa a construção do conhecimento sobre a natureza da matéria”. (Brasil, 2018, p.325). Essa unidade como o estudo das propriedades magnéticas se repete no 1º ano, e o objetivo principal é a característica dos materiais, no 2º ano o foco é a propriedade e uso dos materiais, e no 5º ano é feito o estudo das propriedades físicas dos materiais de forma a relacionar ações da vida cotidiano do aluno.

2 O LÚDICO, O MAGNETISMO E O ENSINO FUNDAMENTAL

Apresentamos neste capítulo o significado do lúdico e sua contribuição no ensino fundamental, abordando questões sobre sua importância no ensino, e analisando dados constituídos no âmbito da educação. Aqui também se encontram contribuições acerca do ensino do Magnetismo para o Ensino Fundamental I e II mesmo que elas tenham sido tão abaixo do esperado, pelo menos do que se tem conhecimento.

2.1 A LUDICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL

Segundo Cardoso:

> O lúdico é um adjetivo masculino com origem no latim ludos que remete para jogos e divertimento. Uma atividade lúdica é uma atividade de entretenimento, que dá prazer e diverte as pessoas envolvidas. Em alguns dicionários aparece como definição de passatempo, atividade mental. (Cardoso; Batista, 2021).

Brincar sem dúvida é a melhor coisa da vida, principalmente quando se é criança (Marinho, 2012). Na brincadeira esquecemos o mundo a nossa volta, entramos de corpo e alma na aventura, vivemos intensamente cada etapa, superando desafios com técnicas e ações que são colocadas a prova em cada etapa da brincadeira. Então, por que parar de brincar? Por que na vida adulta deixamos o cansaço, as tensões do trabalho, as exigências humanas tirar de nós o espírito de criança?

Há muito tempo, questões sobre como ensinar são levantadas na comunidade educacional (Marinho, 2012) ou qual a melhor maneira ou método a ser utilizado no processo de ensinar e aprender. Questões do tipo estão ao longo da história da educação e, ainda, é uma das grandes preocupações dos educadores.

Na BNCC (Brasil, 2018, p. 25) é assegurado os Direitos de Aprendizagem e desenvolvimento garantidos as crianças na fase escolar, brincar é atividade fundamental no desenvolvimento lúdico-educacional.

Além da BNCC (Brasil, 2018) outros documentos asseguram o direito do brincar na vida da criança, são eles:

A Lei Federal Nº 14.826, de 20 de março de 2024 no que diz o Art. 3º “É dever do Estado, da família e da sociedade proteger, preservar e garantir o direito ao brincar a todas as crianças”.

O Artigo 16 do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA), diz que: “a criança e o adolescente têm direito de "brincar, praticar esportes e divertir-se" (Brasil, 1990). Ainda em termos de documento tem a Constituição de 1988, onde no Artigo 227 afirma que: “é dever da família, da sociedade e do Estado assegurar à criança e ao adolescente, com absoluta prioridade, o direito à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao lazer”.

Todas essas leis são necessárias para que sejam postas em práticas as ações de apoio ao brincar na vida da criança como uma ferramenta capaz de transformar o indivíduo.

É possível compreender a eficácia do brincar na educação por meio das habilidades desenvolvidas pelas crianças, (Marinho, 2012) em seu livro afirma:

> Brincando a criança organiza e constrói seu próprio conhecimento e conceitos, relaciona ideias, estabelece relações lógicas, desenvolve a expressão oral e corporal, reforça as habilidades sociais e reduz a agressividade. (Marinho, 2012, p.85).

Privar a criança de brincar é impedir que ela desenvolva em todas as esferas, humana, psicossocial, intelectual, motora, afetiva e educacional (Marinho, 2012). Não permitir que a criança brinque é como cortar os sonhos de alguém, destruir sua felicidade, criar adultos frustrados, sem visão de futuro.

O professor que atua principalmente no ensino básico, nos anos iniciais, dispõe da ferramenta mais lúdica possível, fazer do ir à escola a parte mais legal do dia de uma criança (Freire, 1996; Libâneo, 1998). O brincar desperta na criança o desejo de ser cientista, em querer aprender algo novo e descobrir novas experiências em cada aula, transporta a criança e o adulto para outra dimensão, dimensão esta em que você pode ser quem você quiser, aplicando conceitos e descobrindo o mundo que há para descobrir.

Segundo as DCNEB - Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, (Brasil, 2013, p. 86):

> Uma atividade muito importante para a criança pequena é a brincadeira. Brincar dá à criança oportunidade para imitar o conhecido e para construir o novo, conforme ela reconstrói o cenário necessário para que sua fantasia se aproxime ou se distancie da realidade vivida, assumindo personagens e transformando objetos pelo uso que deles faz.

No ensino formativo, o professor dispõe dessa ferramenta o brincar, para aplicar no seu ensino em sala de aula, aproveitar da oportunidade do lúdico e introduzir de forma simples, doce e responsável conteúdos que podem abranger diferentes níveis de ensino (Marinho, 2012).

No âmbito da física, é muito válido o uso da ludicidade para ensinar conceitos sobre uma disciplina que é rotulada como o terror dos jovens e detentora de retenções absurdas no ensino médio. Fazer uso do lúdico, possibilita ao professor trabalhar propostas e saberes onde os alunos passam a encontrar significado para as equações que muitos acham ser uma obrigação responder, sem terem feito relação alguma com o concreto, o real (Rio, 2019).

Um ponto importante analisado por Paulo Freire é a criticidade no ensinar:

> Não há para mim, na diferença e na "distância" entre a ingenuidade e a criticidade, entre o saber de pura experiência feito e o que resulta dos procedimentos metodicamente rigorosos, uma ruptura, mas uma superação. A superação e não a ruptura se dá na medida em que a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade, pelo contrário, continuando a ser curiosidade, se criticiza. Ao criticizar-se, tornando-se então, permito-me repetir, curiosidade epistemológica, metodicamente "rigorizando-se" na sua aproximação ao objeto, conota seus achados de maior exatidão. (Freire, 1996, p. 31).

Segundo Freire (1996), devemos sempre levar em consideração os saberes das crianças e jovens que nos vem até as escolas. Sua formação e curiosidade interior não devem ser ofuscadas, mas colocadas a prova, não com o intuito de intimidar, mas sim criar conexões palpáveis por meio das análises e observações sobre tais fenômenos.

Rio (2019), em seu artigo, apresenta pontos significativos sobre o uso de tais instrumentos que fizeram das aulas que por vezes eram desinteressantes para os alunos algo motivador, interessante e desafiador. Incluir o brincar, mesmo que seja no ensino médio, traz um ar de leveza e sensibilidade para a disciplina fazendo as aulas serem mais atraentes.

Azevedo Ramos e Benetti (2021), em seu artigo – Ensino de física e jogos de cartas – os autores apontam para a importância da formação docente preparando os professores por meio da ludicidade. Eles apresentam propostas realizadas na disciplina de graduação cujos estudantes de física foram desafiados a criarem jogos de carta para o ensino de física no Ensino Médio.

Telles (2021), em seu artigo – Fisicá e acolá – enaltece o âmbito científico promovendo e despertando o desejo de ser cientista nos alunos do ensino fundamental e médio, por meio de projetos de extensão. Levar ciência e fazer com que alunos, jovens, crianças e adultos sejam construtores de seu conhecimento por meio da experimentação, é responsabilidade de um físico

que assume o papel de educar. Em seu artigo, ele descreve o trecho intitulado: Eu, cientista? Essa pergunta é a essência de toda criança que nasce com esse desejo, nós professores não podemos apagar essa chama, devemos alimentá-la.

De Mesquita e de Souza (2022), em seu artigo – Um olhar sobre o ensino de física: o lúdico como instrumento facilitador no processo de ensino e aprendizagem – os autores relacionam a grande dificuldade que professores, em especial da educação básica, séries iniciais, enfrentam para ensinar física as crianças, eles apresentam as metodologias que podem ser aplicados no ensino de física e comparam com as atualmente utilizadas que tornam o ensino tradicional quase como uma prioridade no ensino e que enfrentamos nos dias atuais. No entanto, Marinho (2012, p. 95), afirma que: "o jogo tem um papel muito importante no processo de desenvolvimento infantil, pois através de sua vivência a criança pode aprender de forma divertida, exercitando sua imaginação, fantasia, criatividade."

O método científico é um processo fundamental na formação do conhecimento por parte do aluno, pois ele consiste em etapas de pesquisa e investigação para a validação de um conhecimento, são elas: observar um fenômeno, formular perguntas, construir hipóteses, testar essas hipóteses por meio de experimentos, analisar os resultados e tirar conclusões fundamentadas. Esse processo possibilita ao aluno compreender como o conhecimento é produzido e o estimula a participar ativamente da construção do conhecimento. (Wikipedia, 2024; Sasseron, De Carvalho, 2011).

2.2 O MAGNETISMO NO ENSINO FUNDAMENTAL

Uma análise detalhada foi feita nos periódicos, anais, revistas e artigos. E do que se tem conhecimento, muitos artigos e trabalhos sobre Magnetismo são voltados exclusivamente para o ensino médio, a educação infantil e as séries iniciais têm de certa maneira sofrido com a falta de olhar científico sobre o estudo do Magnetismo por parte da comunidade docente. Dentre os documentos analisados, são destacados nove que abordam conteúdos de Física em especial o Magnetismo, e destes, dois são voltados para o ensino fundamental.

Oliveira (2003), em seu artigo – Aprendizagem baseada em equipes e atividades experimentais para o ensino de Magnetismo – apresenta uma sequência bem satisfatória do uso da teoria construtivista de Bruner associada a metodologia ativa da aprendizagem baseada em equipes (TBL), suas análises levam em consideração as inspirações dos alunos aplicando de forma honesta e o acesso dos alunos aos conceitos físicos que comumente são desassociados da

prática. Ele desenvolve sua atividade em turmas do 3º ano do ensino médio, período este que está programado pela BNCC (Brasil, 2018) o estudo do Magnetismo.

Ramos et al (2024), em seu artigo – O ensino de conceitos de Magnetismo com uso de prototipagem arduino – em uma sequência didática fundamentada nos três momentos pedagógicos aborda estratégias de ensino que são pertinentes e apresentam resultados significativos no ensino de Magnetismo para o ensino médio. Os autores ainda relatam que a aprendizagem se mostrou muito significativa devido às fortes evidências que puderam coletar pelas interpretações dos alunos durante as aulas e soluções de problemas.

Santos e Rodrigues (2023), em seu artigo – Metodologia em cinco passos: metodologia ativa no ensino de magnetismo – propõem uma metodologia baseada em cinco passos, onde aplicam método de ensino de duas maneiras diferentes, método experimental, método expositivo em três turmas do ensino médio. Suas analises pós aplicação são extraordinárias, o ensino experimental mostrou-se surpreendentemente mais eficiente do conceito de ensino e aprendizagem dos estudantes dos que o método expositivo. Eles mostram que é possível ensinar conceitos complexos quando são expostos a partir do ponto de vista do estudante.

Para os autores Caldas, Branco, Ferreira e Teixeira (2019), em seu artigo – Proposta de ensino por meio de unidades de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre magnetismo – a proposta de ensino para formação de professores que atuam na educação básica de ensino é fundamental para o avanço da ciência. Os autores fizeram uso de uma UEPS fora dos padrões tradicionais de ensino, isso proporcionou a muitos professores reavaliarem seus métodos e instrumentos de ensino, assim também como sua formação acadêmica como um todo, pois professores relataram que não viram tal conteúdo de Magnetismo em sua formação acadêmica. Isso é um ponto de atenção que não é exclusivo do Magnetismo, mas do currículo superior de Física como um todo. Tema este que poderá ser analisado em outras oportunidades.

Bassani e Santos (2023), no seu artigo – Tecnologias digitais para o ensino de física: eletricidade e magnetismo no Ensino Médio – abordam a inserção de aplicativos e simuladores no ensino de física como uma proposta alternativa a falta de acesso a laboratórios e tempo para atividades experimentais para o ensino de Magnetismo no ensino médio. O catálogo apresenta diversas atividades com roteiros e propostas de atividades para serem realizadas usando o Physics Education Technology (Phet), uma plataforma online que disponibiliza simulações computacionais baseadas em pesquisa para o ensino e aprendizagem de Física e demais ciências.

Em seu produto educacional, Henisch (2018) – O eletromagnetismo e a física moderna através de atividades experimentais – explora diferentes experimentos para explicar aos alunos a teoria do eletromagnetismo, fazendo uso de experimentos simples que possuem uma riqueza intelectual gigantesca, mesmo as atividades sendo desenvolvidas para o ensino médio é possível compreender pelos resultados que o ensino de física tem um aprendizado menos sofrido quando o aluno se torna protagonista da construção do conhecimento, os conceitos passam a ter significados quando comparados ou utilizadas as equações.

Labas (2016), em seu trabalho – Do magnetismo à lei da indução eletromagnética de Faraday – nos apresenta uma sequência de experimentos para compreender a Lei de Indução de Faraday, em seu estudo ele faz uso da aprendizagem significativa de Ausubel, que requer do aprendiz a disposição para aprender. Ele nos apresenta os materiais potencialmente significativos e que por sinal desempenham um bom papel no conceito de aprendizagem acerca do conteúdo proposto.

No que diz respeito ao foco desta presente dissertação, o ensino de Magnetismo na educação básica e séries iniciais, pouco foi encontrado, pelo menos do que se tem conhecimento. Como mencionado anteriormente, a maioria das publicações de material estão voltadas para o ensino médio. Então, a partir de agora são destacados os dois trabalhos encontrados que relatam especialmente o ensino de magnetismo e o ensino de física no ensino fundamental.

Silva et al (2023), em seu trabalho – Ensino de eletromagnetismo no 9º ano do ensino fundamental por meio de uma sequência didática teórico-experimental com o olhar da aprendizagem significativa – aborda o estudo de eletromagnetismo e apresenta propostas de experimentos que vivenciam a aprendizagem significativa abordada por Ausubel. A importância das relações vividas pelo aluno em sala de aula parte exclusivamente das possibilidades oferecidas pelos professores e os materiais potencialmente significativos ajudam a desenvolver disposição de aprendizagem e estimular os conhecimentos prévios. Portanto, para Silva et al (2023), os resultados são proveitosos e satisfatórios.

Por fim, considera-se aqui o trabalho de Silva Júnior, Pereira, Del Nero e Mota (2019) – Ensinando ciências físicas com experimentos simples no 5 º ano do ensino fundamental da educação básica. Eles desenvolveram atividades experimentais que envolvem diferentes conceitos físicos para que as crianças pudessem responder questões do dia a dia.

Para complementar o desenvolvimento do trabalho, tomamos como base 3 vídeos do canal Física Universitária da UNIVESP sobre materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e

diamagnéticos (Marques, 2017). Vídeos estes, que inspiraram a produção e adaptação dos experimentos das Aulas 3, 4 e 5 detalhadas no Produto Educacional.

E por fim, se faz necessário reforçar o apelo experimental que está presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1997, p. 29):

> Em Ciências Naturais são procedimentos fundamentais aqueles que permitem a investigação, a comunicação e o debate de fatos e ideias. A observação, a experimentação, a comparação, o estabelecimento de relações entre fatos ou fenômenos e ideias, a leitura e a escrita de textos informativos, a organização de informações por meio de desenhos, tabelas, gráficos, esquemas e textos, a proposição de suposições, o confronto entre suposições e entre elas e os dados obtidos por investigação, a proposição e a solução de problemas, são diferentes procedimentos que possibilitam a aprendizagem.

Logo, ao compreender que a participação de cada professor no processo de fazer ciência contribui como um todo para uma transformação da educação, especialmente quando se inicia no ensino fundamental. É possível facilitar para que cada aluno conquiste seus objetivos durante sua caminhada educacional.

3 A FÍSICA DO MAGNETISMO

Este capítulo é dedicado ao estudo do magnetismo, com ênfase nos conceitos de campo magnético e nas propriedades magnéticas dos materiais. Nosso objetivo é realizar uma transposição didática desses conteúdos, tradicionalmente abordados no Ensino Médio e no Ensino Superior, para o contexto do Ensino Fundamental I e II, de forma acessível, significativa e alinhada ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A proposta aqui apresentada busca estabelecer pontes entre a fundamentação teórica da Física e práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem por descoberta, conforme a teoria de ensino de Bruner.[1]

3.1 A CURIOSIDADE COMO MOTIVADOR DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA

O ser humano sempre esteve em busca de novos conhecimentos para compreender a si mesmo e o mundo ao seu redor. Atualmente, conceitos físicos podem ser compreendidos com mais facilidade graças às contribuições de grandes pensadores ao longo da história. No entanto, o que torna cada descoberta verdadeiramente significativa para a aprendizagem é a curiosidade e o desejo de saber, características tão marcantes na infância (Bertuncello; Bortoleto, 2017).

Quando o professor propõe uma atividade experimental à turma, ele desperta, em cada estudante, o impulso investigativo e o encantamento diante do desconhecido. Esse tipo de abordagem favorece o desenvolvimento de uma aprendizagem mais ativa, significativa e motivada pela construção do conhecimento.

A Figura 3 apresenta o experimento: Tesoura de Gauss – uma tesoura para cortar linhas de campo magnético (Pimentel, 1998). Ao ser demonstrado em sala, ele provoca surpresa nos alunos ao apresentar a possibilidade de modificar a interação magnética entre um ímã e uma bolinha de aço. A experiência permite observar visualmente a interação entre o campo magnético e a bolinha de lã de aço, que é atraída por ser composta por um material ferromagnético. Esse fenômeno pode ser compreendido considerando que, ao ser exposta ao campo magnético do ímã, os momentos dipolares magnéticos totais efetivos dos domínios por toda a lã de aço que constitui a bolinha tendem a se alinhar na direção do campo. Esse

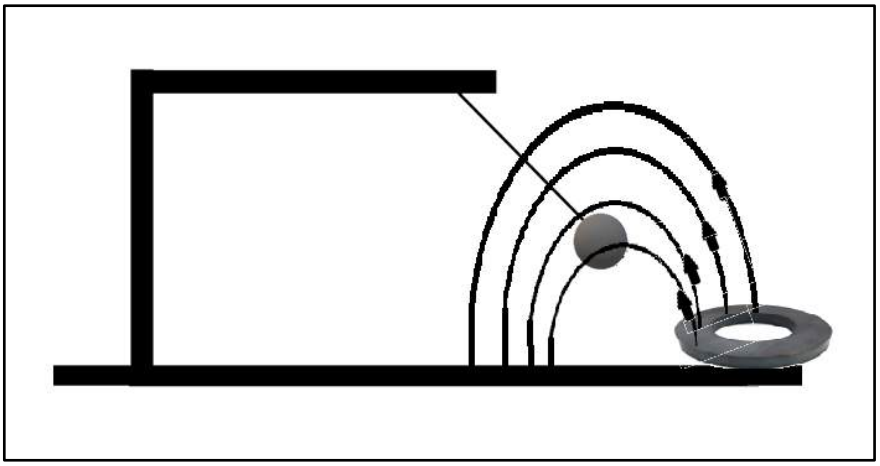
[1] Este capítulo é idêntico ao capítulo 4 do Produto Educacional: Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais de autoria de Antonio Pereira dos Santos de 2025, trabalho no qual esta dissertação está vinculada.

alinhamento parcial gera um campo magnético induzido na bolinha, resultando em uma força de atração entre ela e o ímã.

Tal representação concreta da interação do campo magnético não apenas reforça conceitos teóricos previamente discutidos, mas também contribui para que os alunos desenvolvam um entendimento mais profundo e intuitivo do fenômeno físico.

Assim, a experimentação científica torna-se uma poderosa ferramenta pedagógica, pois conecta a teoria à prática, o conteúdo à realidade e o saber ao desejo de descobrir. É nesse contexto que a curiosidade, estimulada por experiências bem planejadas, se consolida como um pilar essencial para a aprendizagem com maior significado em física.

Figura 2 - Esquema da montagem do aparato da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura).



Fonte: adaptado de Pimentel, 1998.

3.2 DEFINIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$

A utilização de campo magnético e força magnética nos dias atuais está cada vez mais avançando, tanto nas novas tecnologias, como aparelhos mais sofisticados de transmissão de dados, imagens e sons, como também na medicina por meio de exames de imagens e utilização de campos magnéticos para obtenção de resultados cada vez mais precisos e menos invasivos (Hewitt, 2015; Villate, 2011; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Ao abordar conceitos de magnetismo em sala de aula principalmente na educação infantil, as crianças ficam fascinadas, pois é como algo mágico que acontece. Como um ímã consegue mover um objeto sem tocar nele? As primeiras conclusões das crianças é que o

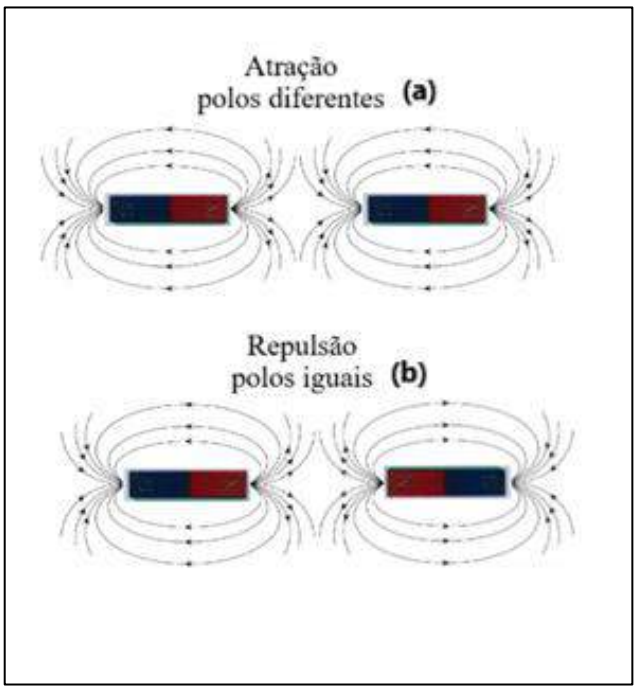
professor está fazendo mágica. E aqui entra o papel fundamental da formação cientifica: levantar hipóteses, investigar, testar, comparar resultados e chegar em conclusões cientificas para explicar tal fenômeno (Alves-mazzotti e Gewandsznajder, 2002).

O termo Magnetismo é originário da Magnésia (Hewitt, 2015; Nussenzveig, 1997; Young, 2010), distrito da antiga Tessália, na Grécia, onde gregos encontraram pedras muito diferentes para a época. Essas pedras eram conhecidas por ímãs naturais, pois possuíam propriedade de atrair pedaços de ferro.

Contam-se, que camponeses trabalhando no campo, perceberam que pequenas pedras ficavam “grudadas”, atraídas, nos pregos de suas sandálias, sem entender muito bem, eles ficaram fascinados ao perceberem que a depender de como aproximavam as pedras umas das outras elas podiam se atrair ou repelir, assim foi descoberto o Magnetismo. Contudo, ao passar dos anos e com o avanço da ciência, os chineses foram os primeiros a utilizarem os ímãs na construção de bússolas para serem usadas na navegação, isso no século XII (Wikipédia, 2024; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Todo ímã possui sempre um polo norte e um polo sul dispostos nas extremidades. Quando aproximamos dois ímãs de barra por meio de seus polos diferentes (norte-sul, sul-norte), surge uma interação atrativa devido a complementaridade dos seus campos magnéticos em seus polos, Figura 3a. Contudo, ao aproximarmos polos de mesma natureza (norte-norte, sul-sul), manifesta-se uma força de repulsão devido a superposição dos campos magnéticos em seus polos, Figura 3b. Esse sistema está de acordo com a lei de interação magnética que diz que polos magnéticos de mesma polaridade se repelem, enquanto polos diferentes se atraem. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Figura 3 - Representação das linhas de campo magnético entre dois ímãs de barra em duas situações: atração magnética (a) e repulsão magnética (b).



Fonte: o autor.

Assim, a intensidade da interação magnética vai depender da distância entre os ímãs, então a interação entre os polos magnéticos dos ímãs é dada por:

$$F \sim \frac{p_1 p_2}{d^2}, \tag{1}$$

onde:

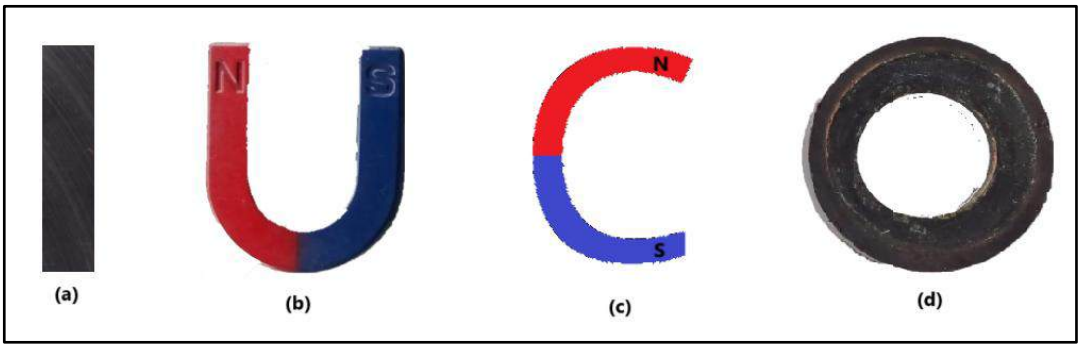
p_1 e p_2 correspondem aos módulos dos momentos magnéticos entre dois dipolos;

d representa a distância entre eles (Hewitt, 2015).

Portanto, quanto mais distante o ímã estiver de outro ímã ou de um objeto com propriedades magnéticas a intensidade de seu campo magnético será menor e quanto mais próximo estiver a intensidade do campo magnético será maior.

Além dos ímãs em formato de barra, mais comuns, existem ímãs no formato de U, C e anel, conforme apresentado na Figura 4. Estes ímãs na verdade, são ímãs de barra que foram curvados produzindo assim um campo magnético mais intenso quando deixamos os polos mais próximos, como o que é apresentado na Figura 3 (Village, 2011).

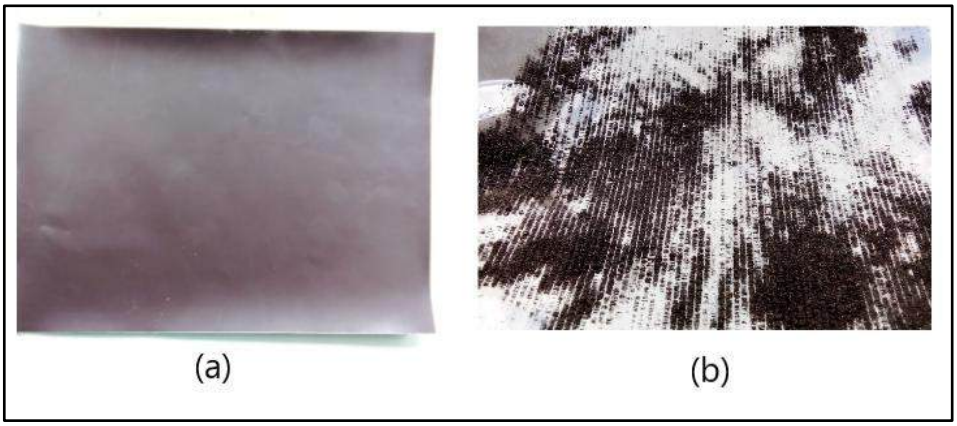
Figura 4 - Representação dos ímãs em formato de: barra (a), u (b), c (c) e anel (d).



Fonte: o autor.

Os ímãs que são utilizados em geladeiras para prender enfeites, lembretes e outros pequenos objetos têm formato de folhas, Figura 5a, seu campo magnético é formado por tiras estreitas composto por polos sul e norte que se alternam ao longo da folha em faixas paralelas, formando um padrão conhecido como multipolo (norte-sul-norte-sul...), Figura 5b. Essa orientação reduz o alcance magnético para objetos que estejam longe do ímã, mas o torna muito forte próximo a superfície, seu campo magnético é o suficiente para segurar folhas de papel contra a porta do refrigerador, mas tem um alcance muito curto em comparação a ímãs de barra, ou anel (Hewitt, 2015).

Figura 5 - Ímã em formato de folha (a), ímã de folha com limalha (b).

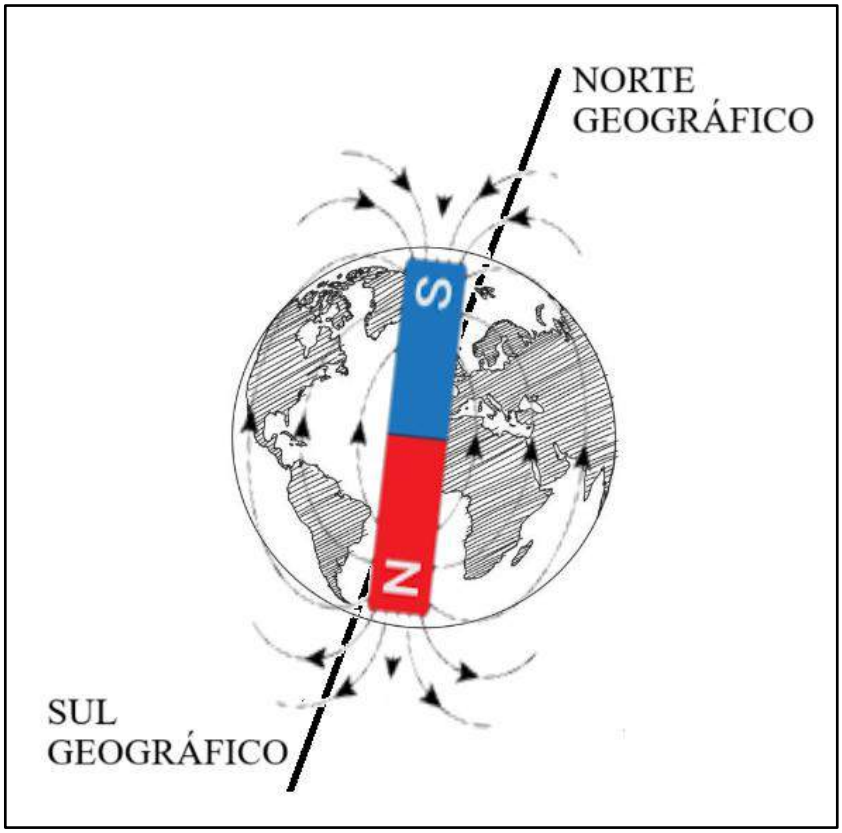


Fonte: o autor.

Com o passar dos anos e os avanços na ciência vários cientistas buscavam incansavelmente entender os fenômenos magnéticos, em 1600 o físico Willian Gilbert (Nussenzveig, 1997; Colchester, 2010), fez valiosas observações sobre o Magnetismo constatando que a Terra se comportava como um grande ímã, situação esquematizada na Figura

6, tendo em vista as suas análises sobre os ímãs das bússolas apontarem sempre na mesma direção.

Figura 6 - Representação do campo magnético terrestre, polos magnéticos e polos geográficos da Terra.



Fonte: o autor.

Assim, a Terra também é considerada um grande ímã natural. Essa conclusão explica por que as bússolas sempre apontam aproximadamente para o polo norte geográfico. No entanto, é importante destacar que os polos magnéticos da Terra não coincidem exatamente com os polos geográficos em termos de localização. As linhas do campo magnético terrestre se configuram como se saíssem do polo sul magnético e entrassem no polo norte magnético. Isso significa que o polo norte geográfico corresponde, na verdade, ao polo sul magnético da Terra, enquanto o polo sul geográfico corresponde ao polo norte magnético, conforme ilustrado na Figura 6. De fato, o campo magnético é uma região do espaço ao redor de um ímã com propriedades que provocam forças em corpos como imãs ou materiais com propriedades magnéticas (Villate, 2011).

Assim, como o campo elétrico $\vec{E}$, o campo magnético $\vec{B}$ é uma grandeza vetorial que está associada a um ponto no espaço.

Definiremos aqui o campo magnético em termos de força magnética. Assim, a força magnética $\vec{F}_B$ que age sobre a partícula carregada em movimento é dada por:

$$\vec{F}_B = q\vec{v}\, X\, \vec{B}, \tag{2}$$

onde:
q é a carga da partícula;
$\vec{v}$ é a velocidade da partícula;
$\vec{B}$ é o campo magnético.

Ou seja, $\vec{F}_B$ é perpendicular ao plano que contém $\vec{v}$ e $\vec{B}$ e tem mesmo sentido do produto vetorial de acordo com a regra da mão direita se a carga for positiva, e sentido oposto se a carga for negativa.

Sendo assim, a partir da equação (2) o módulo da força magnética e dado por:

$$F_B = |q|vBsen\varphi, \tag{3}$$

onde:
F_B é a intensidade da força magnética que atua sobre a partícula (em newtons, N);
$|q|$ é o valor absoluto da carga elétrica da partícula (em coulombs, C);
v é a velocidade da partícula (em metros por segundo, m/s);
B é a intensidade do campo magnético (em tesla, T);
φ é o ângulo entre o vetor velocidade $\vec{v}$ da partícula e o vetor campo magnético e $\vec{B}$.

Ao analisar a Equação 3 é possível compreender que o módulo da força $\vec{F}_B$ que age em uma partícula na presença de um campo magnético $\vec{B}$ é sempre proporcional a carga q e a velocidade v da partícula.

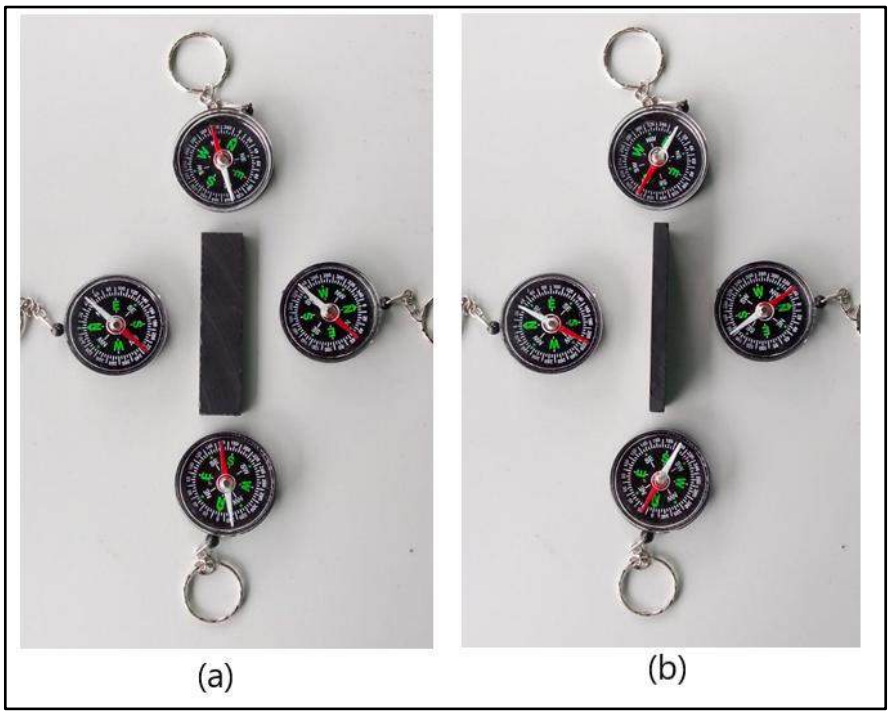
Em determinadas condições, a força magnética $\overrightarrow{F_B}$ será nula. Isso ocorre quando a partícula carregada se move na mesma direção e sentido do campo magnético $\vec{B}$, ou seja, quando os vetores $\vec{B}$ e $\vec{v}$ são paralelos e o ângulo entre eles é φ=0. Nessa situação, a força magnética é nula independentemente da intensidade do campo magnético.

Por outro lado, quando a partícula carregada se desloca sob a ação de um campo magnético $\vec{B}$, formando um ângulo diferente de zero em relação ao vetor velocidade $\vec{v}$, a intensidade da força magnética que atua sobre ela é dada pela Equação 3.

Entretanto, quando os vetores $\vec{B}$ e $\vec{v}$ são perpendiculares durante o movimento da carga, a força magnética atinge seu valor máximo. Nessa configuração, a partícula está sujeita à máxima intensidade de ação do campo magnético $\vec{B}$.

O comportamento do campo magnético produzido por um imã em formato de barra pode ser observado ao aproximar algumas bússolas em pontos diferentes ao redor dele, e ainda, ele colocado em duas posições distintas, como ilustrado na Figura 7. Nas situações ilustradas, é possível identificar a orientação das linhas de campo magnético, pelo sentido e direção que se orienta o polo norte de cada bússola. Deve-se considerar que na ilustração, Figura 7, não foi levado em consideração a orientação real da bússola em relação ao planeta Terra, apenas sua interação com o campo magnético do ímã de barra. Sem esquecer também que por estarem muito próximas, uma bússola pode estar interferindo no campo magnético da outra.

Figura 7 - Orientação do campo magnético de um ímã em barra, usando bússolas. Aqui foi considerado apenas o campo magnético ao redor do ímã.



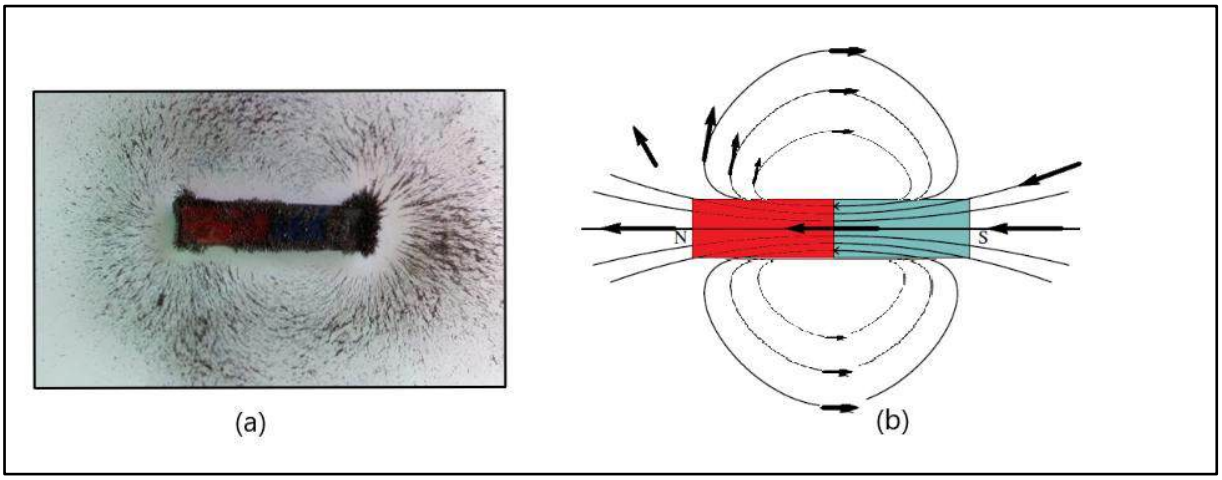
Fonte: o autor.

Na Figura 7a é possível definirmos em cada bússola um vetor de campo magnético $\vec{B}$, seguindo o sentido e orientação da bússola. Como o campo magnético é uma grandeza vetorial

e sua representação é tridimensional, através da Figura 7b é possível observar que ao mudar o ímã de barra de posição as agulhas das bússolas passam a se orientar em posição diferente da Figura 7a. Isso ocorre porque no ímã de barra os polos norte e sul estão configurados sobe a área plana do ímã.

Também é possível observar a orientação das linhas de campo $\vec{B}$ ao redor de um ímã de barra utilizando limalha de ferro sobre uma folha transparente conforme a Figura 8.

Figura 8 - Representação das linhas de campo magnético em um ímã de barra com o uso de limalha de ferro (a) e vetorial por meio das linhas de campo e campo magnético (b).



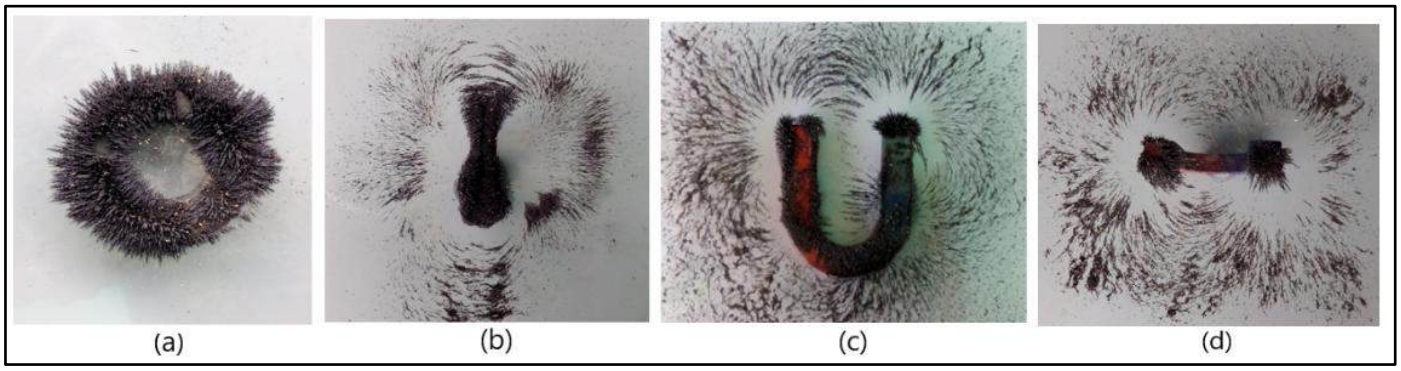
Fonte: 8(a) o autor, 8(b) adaptação Villate (2011).

Com a ajuda da limalha é possível observar uma concentração maior de fragmentos nas extremidades do ímã de barra, como ilustrado na Figura 8a, também imaginar a orientação das linhas de campo magnético, de acordo com o esquema da Figura 8b. Como há uma maior concentração de linhas nas extremidades, norte e sul, isto implica em que a intensidade do campo magnético é mais forte ou mais intensa nas extremidades dos polos, onde é possível observar um menor espaçamento entre as linhas de campo magnético, Figura 8b, e menor espaço entre os fragmentos de metal da limalha, Figura 8a. E a orientação do campo magnético em um determinado ponto será sempre tangente a linha de campo no referido ponto, Figura 8b, e o sentido será o indicado pela linha de campo, sendo que, por conversão, as linhas de campo magnético sempre tem sentido do polo norte para o polo sul e são semelhantes as linhas de campo elétrico de um dipolo elétrico, porém, aqui existe uma diferença em relação ao campo elétrico, a saber, as linhas de campo magnético não começam no polo norte ou terminam no polo sul, elas são linhas fechadas, curvas fechadas, que passam pelos dois polos Figura 8b, preenchendo todo o espaço, mesmo que na Figura 8b, a situação não esteja bem representada.

Portanto, como o ímã tem dois polos, dizemos que ele se comporta como um dipolo magnético (Villatte, 2011; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Na Figura 9, podemos visualizar a configuração das linhas de campo magnético com o uso da limalha de ferro dos ímãs em formato de anel e em U, ambos colocados em duas posições distintas: vista lateral e vista de cima.

Figura 9 - Representação das linhas de campo com o uso da limalha de ferro: vista lateral – anel (a) e U (c), vista de cima anel (b) e U (d).

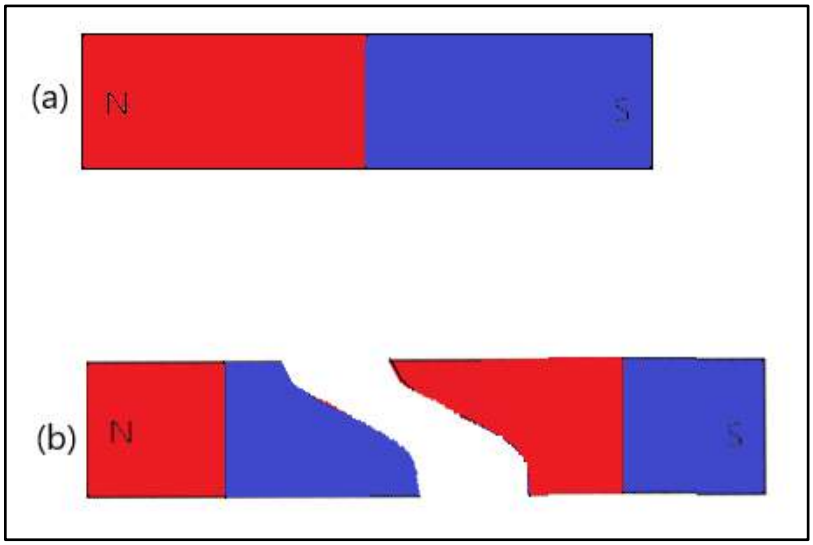


Fonte: o autor.

No ímã em forma de anel Figura 9a, observa-se uma maior concentração de fragmentos de limalha na superfície lateral, o que indica que as linhas do campo magnético estão predominantemente distribuídas ao longo dessa região. Esse comportamento também pode ser identificado no ímã em formato de U Figura 9c, onde a disposição da limalha evidencia a configuração do campo magnético ao longo da superfície do ímã. Além disso, tanto nas Figuras 9a e 9c quanto nas Figuras 9b e 9d, é possível perceber que a maioria das limalhas se orienta quase perpendicularmente às faces dos ímãs, o que demonstra o alinhamento das partículas com as linhas de campo magnético em direção às regiões polares. Esse padrão reforça a ideia de que os polos magnéticos se localizam nas extremidades dos ímãs, onde o campo é mais intenso.

Quando uma criança está brincando com um ímã de barra e ela o deixa cair, a depender da altura em que o ímã cai, o choque no impacto pode partir o ímã de barra, esquematizado na Figura 10a, em pedaços menores, em cada pedaço menor aparecerá um polo norte e um polo sul, conforme esquematizado na Figura 10b. Isto ocorre porque é impossível obter polos separados ao partir um ímã de barra, ou mais genericamente, na natureza, devido as propriedades intrínsecas da matéria, não é possível encontrar polos magnéticos separados, ou seja, não há a existência de monopolos magnéticos. Por sua vez, ao compararmos com as cargas elétricas, cargas positivas e negativas, estas sim podem ser encontradas isoladas.

Figura 10 - Representação dos polos magnéticos de um ímã de barra: antes de ser partido(a), após ser partido e sem levar em consideração a interação magnética entre os pedaços do ímã (b).



Fonte: o autor.

3.3 CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$ A PARTIR DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

Os alunos ficam fascinados ao descobrirem que os ímãs possuem propriedades magnéticas, e, à medida que essas propriedades são compreendidas, torna-se mais fácil perceber suas aplicações no cotidiano.

Os ímãs podem ser classificados em três categorias: permanentes, temporários e eletroímãs. Os ímãs permanentes mantêm seu Magnetismo mesmo após a remoção do campo magnético externo, sendo também conhecidos como ímãs naturais, como a magnetita. Os ímãs temporários perdem suas propriedades magnéticas quando são afastados da fonte de indução depois de um certo tempo, mas seus domínios magnéticos não retornam ao estado inicial. E por fim, os eletroímãs somente apresentam Magnetismo enquanto uma corrente elétrica percorre o fio condutor que os constitui. (Hewitt, 2015)

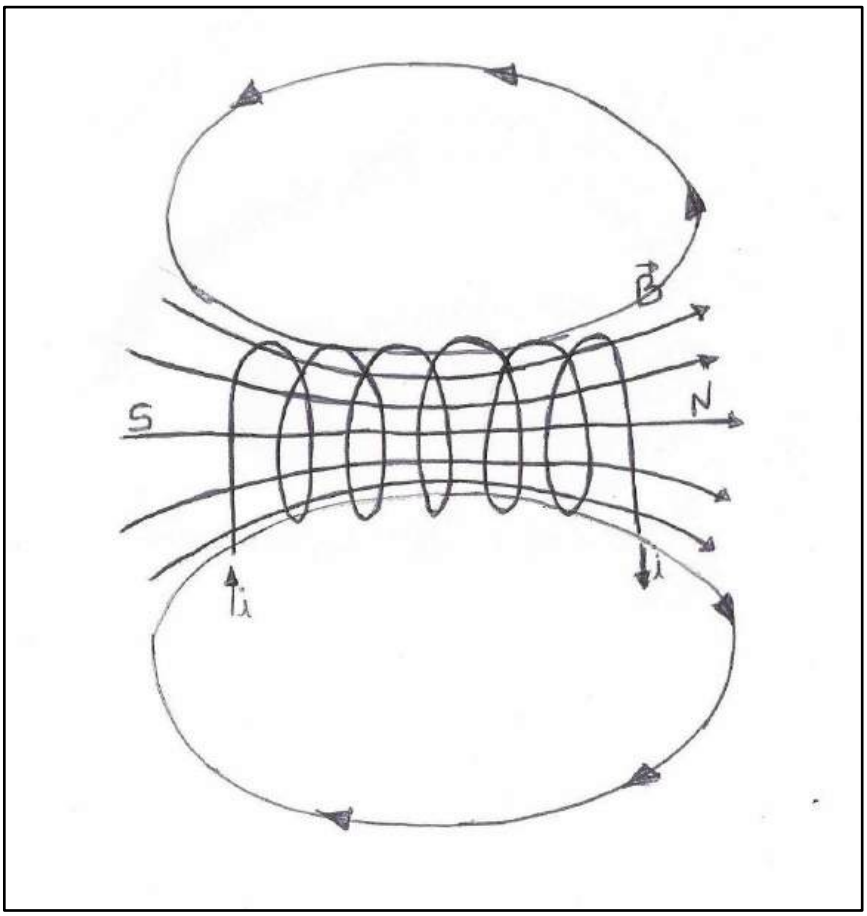
A Figura 11 ilustra um eletroímã simples, formado por um prego em torno do qual se enrola um fio condutor. Quando conectado a uma bateria, a corrente elétrica que percorre o fio gera um campo magnético induzido ao seu redor. A intensidade desse campo pode ser aumentada de duas formas: elevando a corrente elétrica que atravessa o fio ou aumentando o número de espiras ao redor do núcleo de ferro, representado, nesse caso, pelo prego (Hewitt, 2015).

Figura 11 – Eletroímã.

Fonte: o autor.

Na Figura 12, temos a ilustração do vetor campo magnético resultante $\vec{B}$ gerado por um solenoide pelo qual circula uma corrente elétrica i. Para determinar o sentido do campo magnético resultante, utiliza-se a regra da mão direita: os dedos da mão direita são dispostos no sentido da corrente elétrica que percorre as espiras, enquanto o polegar estendido indica a direção do vetor campo magnético $\overrightarrow{B}$. No interior do solenoide, esse campo é aproximadamente uniforme e orientado ao longo do eixo longitudinal, como representado na Figura 12.

Figura 12 - Representação esquemática de um solenoide e as linhas de campo no interior do mesmo.



Fonte: o autor.

Assim, usando a Lei de Ampère, o módulo do campo magnético resultante em um eletroímã é dado por:

$$B = \mu_0 in, \tag{4}$$

onde:

μ_0 é a permeabilidade magnética do meio (N/A²);

n é o número de espiras por unidade de comprimento;

i é a corrente elétrica (A).

É possível observar na Figura 12 que o campo magnético no interior do solenoide é aproximadamente uniforme e mais intenso, o que é evidenciado pela maior densidade das linhas

de campo magnético nessa região. No exterior, o campo é significativamente menos intenso e não uniforme, como indicado pelas linhas de campo mais espaçadas e divergentes.

Para calcularmos o campo magnético total no interior devemos fazer a soma de todos os campos gerados pela corrente que passa por todas as espiras (Hewitt, 2015; Halliday; Resnisck; Walker, 2016), então, de acordo com a Lei de Ampère, tem-se:

$$\oint \vec{B} \,.\, \mathrm{d}\vec{s} = \mu_0 i_{env}, \tag{5}$$

onde:

$\vec{B}$ é o vetor campo magnético;

$\mathrm{d}\vec{s}$ é um elemento de comprimento ao longo de uma curva fechada;

μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo;

i_{env} é a corrente total envolvida pela curva.

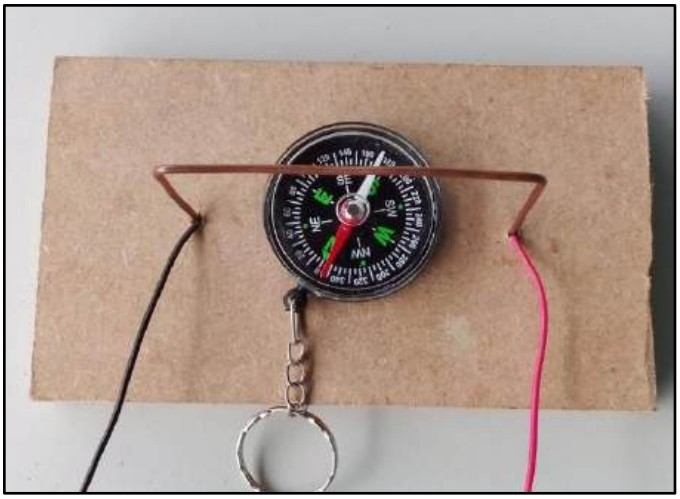
Para aplicarmos a Lei de Ampère, devemos considerar uma curva fechada, amperiana, arbitrária que envolve condutores percorridos por corrente elétrica, como no caso de uma espira. O lado esquerdo da equação representa a circulação do campo magnético ao longo dessa curva, obtida por meio do produto escalar entre o vetor campo magnético $\vec{B}$ e o vetor $\mathrm{d}\vec{s}$ de elemento de comprimento, somado ao longo de todo o percurso fechado. Como resultado, essa integral é diretamente proporcional à corrente elétrica total que atravessa a curva.

A aplicação da Lei de Ampère deve levar em consideração a regra da mão direita. Portanto, quando a corrente elétrica tiver o sentido para cima, o campo magnético será no sentido anti-horário, quando a corrente tiver o sentido para baixo, o campo magnético terá o sentido horário.

Esta relação entre carga elétrica e campo magnético foi proposta por Christian Oersted em 1820 (Hewitt, 2015; Halliday; Resnisck; Walker, 2016; Chaib e Assis, 2007) onde, ao posicionar uma bússola próximo a um circuito elétrico ligado a uma bateria, aqui mostramos no aparato montado na Figura 13, ele percebeu que a corrente elétrica alterava a posição da agulha da bússola e quando o circuito era desligado a agulha voltava a posição normal, apontando para o polo norte geográfico. Dessa forma, Oersted concluiu que cargas elétricas em movimento geram um campo magnético, pois a deflexão da agulha da bússola só poderia ocorrer se um novo campo magnético estivesse sendo produzido, interagindo com o campo

magnético terrestre. Tal conclusão de sua parte só foi possível graças ao seu incansável esforço, observação e dedicação como cientista.

Figura 13 – Aparato montado para ilustrar o experimento de Oersted.

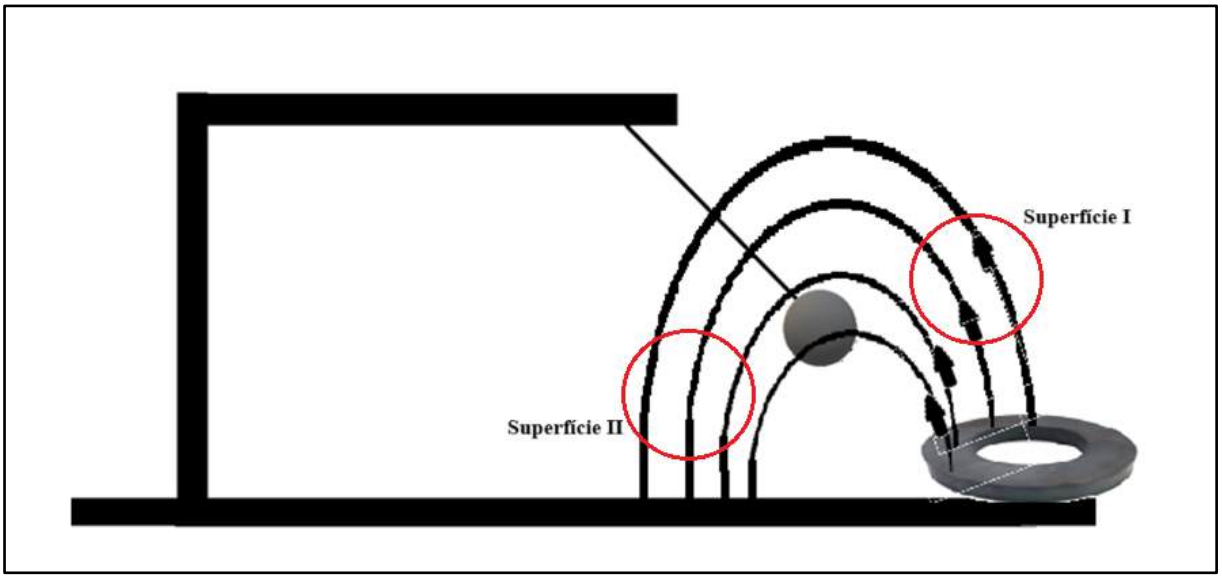


Fonte: o autor.

3.4 LEI DE GAUSS

A Lei de Gauss para campos magnéticos é um modo formal de afirmar que os monopolos magnéticos não existem. O fluxo magnético ϕ_B através de uma superfície gaussiana é zero. Dado isso, a Lei de Gauss também é válida mesmo que a superfície gaussiana não envolva todo o sistema, ou toda a fonte do campo magnético. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016). Utilizando o experimento Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), Figura 14, com algumas adaptações é possível propor duas superfícies gaussianas idênticas, cascas esféricas, que são representadas no sistema por duas circunferências, seção das cascas esféricas no plano do desenho, ou seja, as superfícies gaussianas I e II, então, é possível observar que a quantidade de linhas de campos magnéticos que entram e saem de cada superfície é a mesma, estabelecendo assim que o fluxo de campo magnético ϕ_B sobre qualquer uma das superfícies é igual a zero. Isto esclarece que não existem fontes ou sorvedouros de linhas de campo magnético, ou ainda, deixa claro que não existem pontos onde as linhas começam ou terminam. É por tal razão que não há monopolos magnéticos e não é possível separar os polos de um ímã.

Figura 14 - Esquema da montagem representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) representando as Superfícies Gaussianas I e II.



Fonte: Adaptado de Pimentel (1998).

De acordo com a Lei de Gauss para campos magnéticos, temos a seguinte equação:

$$\oint \vec{B} \,.\, d\vec{A} = 0, \tag{6}$$

onde:

$\vec{B}$ é o vetor campo magnético;

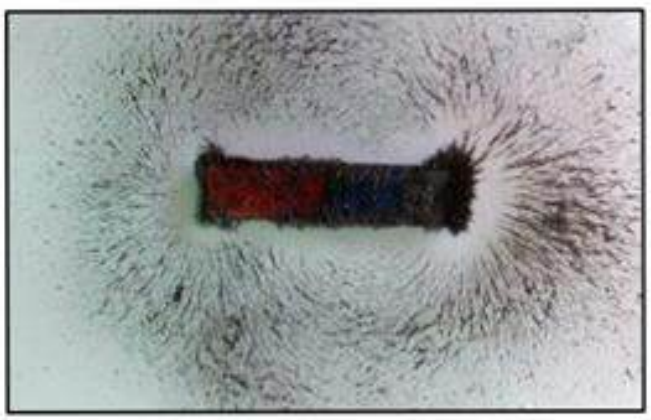
$d\vec{A}$ representa um vetor do elemento de área da superfície fechada, com direção perpendicular à superfície no ponto.

Como o resultado da Equação 6 é zero, isso significa que não existem monopolos magnéticos. Ou seja, todo campo magnético que entra em uma superfície gaussiana também sai dela Figura 14. Diferente do campo elétrico, onde cargas pontuais (monopolos elétricos) podem gerar fluxos diferentes de zero, o campo magnético sempre forma linhas fechadas, não têm começo nem fim. Em um ímã, convencionou-se representar essas linhas como saindo do polo norte e entrando no polo sul na parte externa do ímã, mas elas continuam o trajeto pelo interior do material formando assim linhas fechadas. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Conforme apresentado na Figura 15, a limalha de ferro quando espalhada em uma folha transparente sobre um imã em forma de barra, as raspas ou partículas que a constitui se alinham

com o campo magnético do ímã formando um padrão que revela a presença e a configuração desse campo magnético.

Figura 15 - Representação das linhas de campo magnético do ímã de barra com o uso da limalha de ferro.



Fonte: o autor.

3.5 PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS

As propriedades dos materiais são classificadas em: diamagnética, paramagnética e ferromagnética.

Esse comportamento ocorre devido dois fatores ao momento orbital e momento de spin do elétron (D'agrella Filho; Faria, 2005).

Para determinar a magnetização de um material deve-se levar em consideração os estudos com base na física quântica. No entanto, para o escopo e propósito do presente trabalho, a visão que será apresentada aqui é a partir da física clássica para compreender sobre o momento angular de spin $\vec{S}$, ou simplesmente spin, e momento dipolar magnético de spin $\overrightarrow{\mu_s}$.

Todos os elétrons de um átomo apresentam dois tipos de momento magnético: o momento dipolar magnético orbital ($\vec{\mu}_{orbital}$) e o momento dipolar magnético de spin $\vec{\mu}_s$.

Esses momentos se combinam vetorialmente e são responsáveis pelas propriedades magnéticas dos materiais. O comportamento magnético de uma substância resulta, portanto, da soma vetorial de todos esses momentos dipolares magnéticos de spin e momentos dipolares magnéticos orbitais. A relação entre o momento dipolar magnético de spin e o spin do elétron é dada pela Equação 7 (D'agrella Filho; Faria, 2005).

$$\overrightarrow{\mu_s} = -\frac{e}{m}\overrightarrow{S}, \tag{7}$$

onde:

$\vec{\mu}_s$ é o vetor momento dipolar magnético de spin;

e é a carga elétrica elementar ($1{,}6.10^{-19}$ C);

m é a massa do elétron ($9{,}11.10^{-31}$ kg);

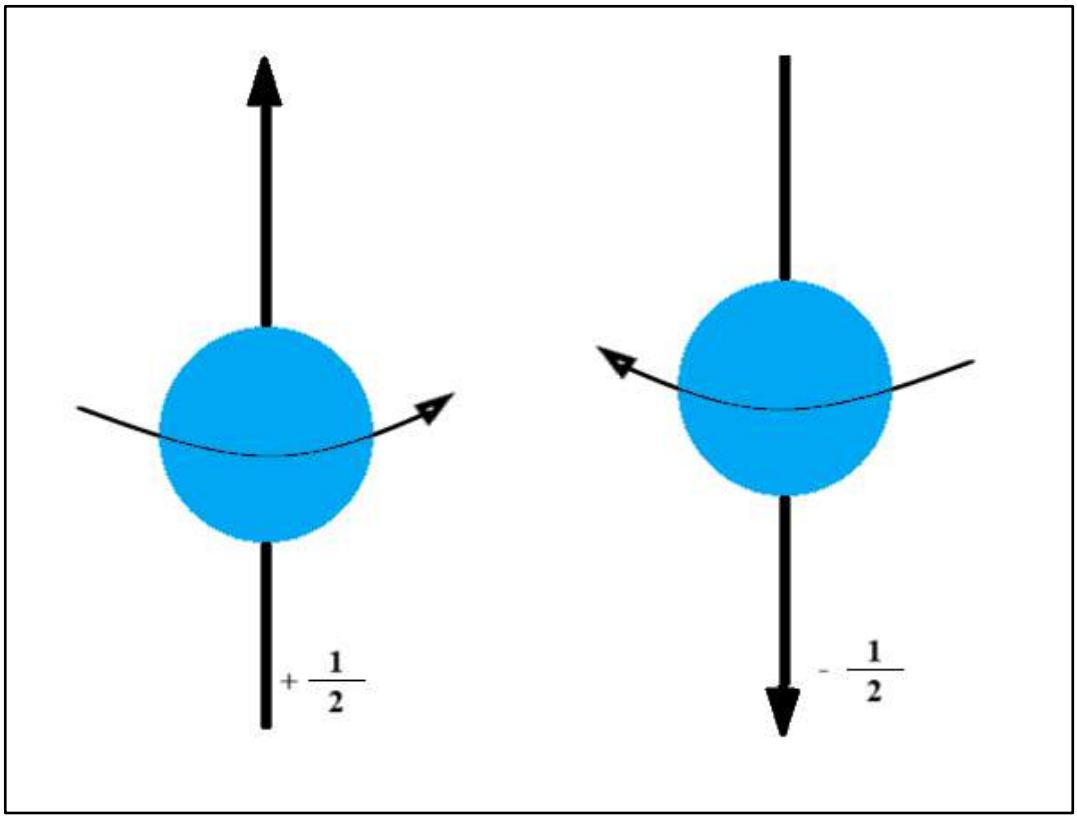
$\vec{S}$ é o vetor spin do elétron, ou momento angular de spin.

O sinal negativo indica que o vetor $\vec{S}$ e $\vec{\mu}_s$ possuem a mesma direção, porém sentidos opostos (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

É importante destacar que, no contexto da mecânica quântica, não é possível medir diretamente o vetor spin, mas apenas sua componente ao longo de um determinado eixo. Tanto essa componente quanto o módulo do spin são quantizados, ou seja, assumem apenas determinados valores discretos (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

A Figura 16 ilustra os dois possíveis estados do spin do elétron. Embora essa representação clássica, com esferas girando em torno de eixos representando elétrons girando, não corresponda ao conceito físico real de spin descrito pela mecânica quântica, ela se torna um importante recurso didático, favorecendo a compreensão conceitual e inicial por parte dos estudantes, ou seja, um ponto de partida, para que a compreensão futura seja possível.

Figura 16 - Representação do spin do elétron em dois estados possíveis.



Fonte: o autor.

A Figura 16 representa os dois possíveis estados quânticos do spin do elétron, o vetor $\vec{S}$, seja sobre a ação de em um campo magnético externo ou simplesmente tomado em uma direção de referência específica, caracterizando as duas orientações distintas de spin. Sendo spin +1/2 para valores spin para cima e -1/2 spin para baixo. Isto se deve ao fato de que o vetor $\vec{S}$ é quantizado, ou seja, a grandeza só pode assumir certos valores e discretos e, no caso do elétron, apenas estas duas possibilidades ou dois estados quânticos.

Supondo que queiramos medir a componente do spin no eixo x do sistema de coordenadas. Nessa situação, assim como nas outras componentes, S_x só poderá assumir os valores descrito pela Equação 8. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

$$\vec{S}_x = m_s \frac{h}{2\pi}, \tag{8}$$

onde:

$\vec{S}_x$ é a componente do vetor spin ao longo do eixo x;

m_s é o número quântico de spin, que assume os valores $\pm\frac{1}{2}$ para elétrons;
h é a constante de Planck (6,63.10^{-34}J.s).

Pela Equação 8, quando S_x está paralelo ao eixo x, m_s=+1/2, então o spin do elétron está para cima. Quando S_x está antiparalelo ao eixo, m_s= -1/2, então o spin do elétron está para baixo.

3.5.1 Diamagnetismo

Em 1846, Michael Faraday observou que um fragmento de bismuto, ao ser posicionado próximo ao polo de um ímã, era repelido pelo campo magnético aplicado. Essa evidência experimental levou à classificação do bismuto como um material diamagnético, caracterizado pela ausência de momento magnético permanente. Contudo, ao ser submetido a um campo magnético externo, esse tipo de material desenvolve uma magnetização induzida antiparalela ao campo aplicado, o que resulta em uma força de repulsão que o afasta da região de maior densidade de fluxo magnético (D'agrella Filho; Faria, 2005).

O diamagnetismo é uma resposta fundamental e universal da matéria à aplicação de campos magnéticos, embora na maioria dos materiais seus efeitos sejam praticamente imperceptíveis, por serem suprimidos pela presença de contribuições paramagnéticas ou ferromagnéticas. Uma característica essencial do comportamento diamagnético é sua natureza transitória: a magnetização induzida cessa imediatamente com a remoção do campo externo (D'agrella Filho; Faria, 2005).

Do ponto de vista microscópico, quando um material eletricamente neutro e sem momento magnético líquido é submetido a um campo magnético externo, ocorrem perturbações nas trajetórias orbitais dos elétrons. Essas órbitas podem ser comparadas a pequenas espiras condutoras. De acordo com a Lei de Lenz, que estabelece que a corrente induzida surge em sentido oposto à variação do fluxo magnético que a gerou, essas perturbações dão origem a correntes microscópicas que geram um campo magnético induzido contrário ao campo aplicado. Esse comportamento resulta em uma fraca repulsão ao campo externo, o que caracteriza o diamagnetismo. Esse efeito ocorre em todos os materiais, mas é dominante apenas naqueles que não apresentam outros tipos de ordenamento magnético mais fortes, como o paramagnetismo ou o ferromagnetismo. (Young, 2009; Halliday; Resnisck; Walker, 2016). Um

exemplo pode ser visualizado na Figura 17, em que a água, substância diamagnética, é ligeiramente repelida ao se aproximar de um campo magnético intenso.

Figura 17 - Água que está dentro do frasco de vidro é repelida pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.

Fonte: o autor.

3.5.2 Paramagnetismo

Materiais paramagnéticos são caracterizados pela presença de momentos magnéticos atômicos ou moleculares permanentes, os quais resultam da soma dos momentos dipolares magnéticos orbital ($\vec{\mu}_{orbital}$) e de spin ($\vec{\mu}_{s}$) dos elétrons desemparelhados em cada átomo. Embora esses momentos individuais estejam presentes, em condições normais, ou seja, na ausência de um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$, eles se orientam aleatoriamente devido à agitação térmica, o que leva a uma magnetização líquida nula (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

Contudo, ao serem submetidos a um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$, os momentos magnéticos, que são vetores associados ao movimento de elétrons ao redor do núcleo e ao spin dos elétrons dentro dos átomos, tendem a se alinhar parcialmente com a direção desse campo, produzindo uma magnetização $\vec{M}$ que é paralela a $\vec{B}_{ext}$.

Essa resposta resulta em uma atração fraca do material em direção à região de maior intensidade do campo aplicado. Esse alinhamento, entretanto, não é completo, pois é continuamente contrabalançado pela agitação térmica, fenômeno estatisticamente descrito pela Lei de Curie ou lei de Curie-Weiss, a depender da faixa de temperatura em que o material se

encontra, por exemplo, se está acima ou próximo da temperatura de Curie, que marca a transição entre diferentes estados magnéticos. E quando o campo externo é removido, os dipolos retornam ao seu estado desordenado, fazendo com que a magnetização desapareça instantaneamente, ou seja, o paramagnetismo é uma resposta não permanente ao campo (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O termo material paramagnético é comumente utilizado para designar substâncias cuja resposta magnética resulta exclusivamente de efeitos diamagnéticos e paramagnéticos, sem manifestação de ordenamento coletivo dos momentos (Faria, 2005).

Um exemplo típico de substância paramagnética é o alumínio. Na Figura 18, mostramos o comportamento desse material, representado por papel alumínio contido em um frasco de vidro, que é levemente atraído quando exposto ao campo magnético intenso de um ímã de neodímio, evidência empírica da presença de momentos magnéticos alinháveis sob influência de $\vec{B}_{ext}$.

Figura 18 - Papel alumínio que está dentro do frasco de vidro é atraído pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.

Fonte: o autor.

A magnetização $\vec{M}$ de um material paramagnético é definida como o momento dipolar magnético total efetivo por unidade de volume da amostra. Sua expressão escalar é dada por:

$$M = \frac{\mu_{ef}}{V}, \tag{9}$$

onde:

M é a magnetização, medida da intensidade do momento magnético por unidade de volume. No SI é A/m (ampère por metro);

μ_{ef} é o momento magnético total efetivo do corpo ou de uma amostra. Pode ser a soma dos momentos magnéticos de todos os átomos ou domínios magnetizados;

V é o volume da amostra ou do corpo magnetizado (em m^3).

Em 1895, Pierre Curie demonstrou experimentalmente que materiais ferromagnéticos, ao serem aquecidos acima de uma determinada temperatura crítica, perdem seu ordenamento magnético coletivo e passam a se comportar como materiais paramagnéticos. Esse ponto de transição é denominado temperatura de Curie (T_C) e marca a fronteira entre o comportamento ferromagnético (abaixo de T_C) e paramagnético (acima de T_C).

A desorganização térmica dos momentos magnéticos causada pelo aumento da temperatura impede o alinhamento espontâneo das regiões magnetizadas, ou domínios, característicos do estado ferromagnético.

A relação entre a magnetização $\vec{M}$, o campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$ e a temperatura T, no regime paramagnético e sob campo fraco, é descrita empiricamente pelo módulo da Lei de Curie:

$$M = C\frac{B_{ext}}{T}, \tag{10}$$

onde:

C é a constante de Curie, característica de cada material;

M é a magnetização do material;

B_{ext}é o campo magnético externo aplicado;

T é a temperatura em Kelvin.

Essa equação mostra que a magnetização é diretamente proporcional ao campo magnético aplicado e inversamente proporcional à temperatura absoluta, em kelvin, refletindo a competição entre o alinhamento dos momentos magnéticos e a agitação térmica (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

3.5.3 Ferromagnetismo

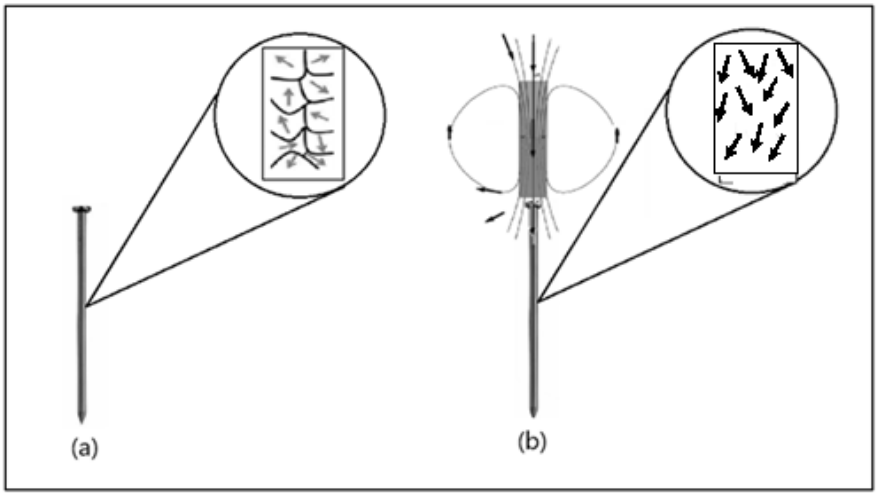
Nos materiais diamagnéticos e paramagnéticos, as interações magnéticas entre os momentos dipolares totais são, em geral, fracas e desprezíveis. No entanto, em materiais ferromagnéticos, como o ferro (Fe), o níquel (Ni) e o cobalto (Co), essas interações são intensas e fortemente correlacionadas. Esses elementos possuem uma estrutura cristalina, ou seja, um arranjo ordenado e periódico dos átomos no espaço, que favorece a interação cooperativa entre os momentos magnéticos totais de átomos vizinhos. Esse tipo de organização facilita o alinhamento paralelo espontâneo desses momentos, mesmo na ausência de um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$.

Esse alinhamento coletivo leva à formação de domínios magnéticos, que são regiões internas do material onde os momentos magnéticos estão fortemente alinhados, produzindo um campo magnético macroscópico significativo. Quando um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$ é aplicado, os domínios se reorganizam de modo a se alinharem na direção do campo aplicado, resultando em uma magnetização intensa. Após a remoção de $\vec{B}_{ext}$, os domínios podem manter-se parcialmente alinhados, conferindo ao material uma magnetização remanescente característica central do ferromagnetismo.

Por essa razão, materiais ferromagnéticos permanecem magnetizados mesmo após a retirada do campo externo, o que os torna essenciais na fabricação de ímãs permanentes. Embora todos os materiais ferromagnéticos também apresentem, em algum grau, propriedades diamagnéticas e paramagnéticas, o ferromagnetismo é o fenômeno dominante nesses casos, justificando a nomenclatura usual – material ferromagnético – como sinônimo de – material magnético – (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

Um exemplo clássico de magnetização ferromagnética ocorre ao aproximar um prego de ferro de um ímã permanente. Na ausência do campo externo, os momentos magnéticos dos domínios estão aleatoriamente orientados, como ilustrado na Figura 19a. No entanto, ao serem submetidos à ação do campo magnético do ímã, esses domínios se reorientam na direção do campo, resultando na magnetização do prego, conforme mostrado na Figura 19b. Contudo, ao afastarmos o prego novamente do campo externo seus domínios não retornam mais ao estado inicial antes da magnetização, isso ocorre devido a remanência do material que é a tendência de manter parte da magnetização.

Figura 19 - Representação do processo de magnetização de um prego, material ferromagnético, com o uso de um imã de barra, campo magnético externo, e na ampliação representação microscópica dos domínios magnéticos: antes do processo (a) e depois do processo (b).



Fonte: o autor.

4 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA TEORIA DE ENSINO DE BRUNER

Neste capítulo, apresentamos aspectos centrais da aprendizagem por descoberta à luz da teoria de ensino proposta por Jerome Bruner, destacando sua relevância para a organização, a aplicação e a avaliação do Produto Educacional. Buscamos evidenciar como os princípios dessa abordagem, especialmente o currículo em espiral e as formas de representação fundamentam as escolhas metodológicas adotadas e contribuem para a construção de uma aprendizagem mais eficaz no ensino de conceitos relacionados ao Magnetismo.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E CURRÍCULO EM ESPIRAL

Ensinar é: “instruir, lecionar; fornecer ou transmitir conhecimentos; dar aulas (...)” (Dicionário escola, 2015).

Estar no meio educacional seja como professor, tutor, mediador ou mesmo aluno requer das partes uma total entrega ao que se está ensinando ou aprendendo. A educação não se faz apenas numa sala de aula, ensinar não está exclusivamente restrito aos professores. Mediar, orientar acerca de como estruturar seus conteúdos e buscar soluções cientificas para tais questões, sim. Fazer com que a criança encontre significado no conteúdo que ela traz consigo, sim. E partindo deste pensamento, que os educadores fazem uso de teorias que auxiliam nesse processo formativo de levar aos alunos a conquistarem o pensamento crítico-científico que toda criança tem consigo, mas infelizmente a sociedade ainda está moldada, estruturada em um ensino que, na maioria das vezes, utiliza de poder, acreditando que o professor sempre será detentor de todo conhecimento e que o aluno deve ser mero espectador.

Para Freire (1996) “ensinar é uma especificidade humana” e ele prioriza a necessidade do professor saber escutar o educando, sendo o diálogo a sua principal ferramenta de ensino.

Por isso, o papel do professor ao longo da história da Educação vem se tornando cada vez mais importante nesse processo formativo.

O ponto central para a realização deste trabalho partiu da proposta de ensino apresentada por Bruner, onde diz que “[...] é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento” (Bruner, apud, Moreira, 1999, p.81).

Ao considerar esse ponto, Bruner não nos afirma que será possível ensinar o conteúdo em sua forma literal, mas sim, que é possível ensinar desde que o professor leve em conta as etapas de desenvolvimento de cada aluno. Para Bruner, a eficiência no ensinar é a estrutura da matéria de ensino. No entanto, a maneira de como ensinar, ele destaca o método da descoberta e o currículo em espiral, onde por meio de atividades propostas pelo professor, os alunos são levados em níveis mais elevados tendo a possibilidades de rever conteúdos estudados anteriormente em diferentes níveis de dificuldade.

Bruner baseia-se na ideia de que a aprendizagem é um processo interno que ocorre a partir da curiosidade do aluno e por meio de estímulos propiciados pelo professor que é o mediador dessa curiosidade.

Visando essas estratégias planejadas pelo professor o aluno passa a adquirir conhecimento por ele mesmo, o professor não expõe o conteúdo de forma rápida, mas cria condições para que o aluno alcance uma meta, e ele é o mediador que dará condições para este aluno chegar no objetivo final que é a aprendizagem de um determinado tema ou assunto.

Assim, para Bruner a aprendizagem por descoberta é um processo de ensino e aprendizagem que incentiva os alunos a investigar, experimentar, explorar e construir conhecimento por si mesmos.

Para Bruner, o currículo em espiral é centrado na ideia de que a aprendizagem ocorre de forma progressiva e cumulativa. Visto isso, os conceitos fundamentais são revisitados periodicamente, mas sempre em níveis mais elevados de complexidade, abstração e profundidade. Isso permite aos alunos retomar e ampliar sua compreensão à medida que desenvolvem novas habilidades cognitivas e relacionam os conteúdos a diferentes contextos.

4.2 ASPECTOS CENTRAIS À LUZ DA ABORDAGEM DE BRUNER

Para que a aprendizagem por descoberta seja eficiente, Bruner destaca quatro características importantes a saber: a predisposição, as formas de representação, sequência e aplicações e a recompensa e estímulos (Bruner, apud, Prass, 2012, p.25).

4.2.1 Predisposição para a aprendizagem

Para Bruner, sem dúvida fatores culturais, emocionais e sociais influenciam na aprendizagem do aluno, mas se estes fatores não forem sobrepostos pela disposição para aprender de nada valerá os esforços em querer ensinar conteúdos aos alunos (Moreira, 1999; Lefrançois, 2008). A aprendizagem deve partir dessa predisposição que deve ser proporcionada pelo professor no ato de organizar os instrumentos de ensino. Quando o professor pensa em ensinar um conteúdo para o aluno, este deve ter em mente que o aluno é o ponto central da aprendizagem a ser alcançada. As estratégias, métodos e instrumentos de ensino devem ser pensados de forma a propiciar o aluno a chegar no objetivo final, e [...] "Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção". (Freire, 1996, p. 47).

Segundo Bruner: "Existem três fatores envolvidos no processo de exploração de alternativas: ativação, manutenção e direção. A ativação é aquilo que dá início ao processo, a manutenção o mantém e a direção evita que ele seja caótico" (Moreira, 1999, p. 86).

Portanto, Freire e Bruner reforçam o quanto o processo formativo a ser criado ou desenvolvido pelo professor tem grande peso no processo evolutivo da aprendizagem do estudante.

Assim também nos afirma Feynman: "Primeiro descubra por que quer que os alunos aprendam o tema e o que quer que saibam, e o método resultará mais ou menos por senso comum". (apud Feynman, 2004, p. 23).

Para Feynman o senso comum é a essência que emana do professor no momento do ensinar, é a mesma magia que tem um bibliotecário, um pai, ou uma mãe quando ao ler uma história para uma criança faz com que ela viaje na imaginação deixando a história a levar. Quando o professor, por meio do planejamento, visa os resultados a serem alcançados em prol do estudante, este consegue muito mais do que ensinar.

Portanto, o professor tem que estruturar sua aula buscando ativar o desejo de aprender pelo aluno (Libâneo, 2013). Ele está ali na escola não somente por obrigação da parte dos pais, mas deve estar porque o espaço educacional é motivador, intrigante, entusiasta, fantástico. A escola é um lugar para as crianças estarem felizes e não tristes. Por isso, trazer o conteúdo para a realidade do aluno é fundamental no processo educacional, fazer sentido para o aluno a aprendizagem.

O fator da manutenção tem o objetivo de guiar o aluno nesse processo que o levará em níveis superiores de aprendizagem, o professor mediará esse processo promovendo situações e ao mesmo tempo direcionando para que as atividades não sejam frustrantes para os alunos.

Assim, Bruner afirma que a aprendizagem por descoberta deve ser conduzida de modo dirigido pelo professor proporcionando meios e níveis de aprendizagem subsequentes e que não sejam caóticos e nem causem confusão ou angústia nas crianças.

A predisposição, para Bruner, parte da estrutura que o conhecimento está sendo apresentado ao estudante, ou seja, para que o aluno seja motivado a aprender os conteúdos devem ser apresentados de maneira motivadora tornando-se foco de interesse do aluno (Bruner, apud Moreira, 1999, p.81).

4.2.2 Estrutura e forma de conhecimento.

Bruner nos apresenta quatro aspectos para o ensino da estrutura de um conhecimento:

- Entender os fundamentos: sim, mostrar aos alunos a importância real da aprendizagem por trás do conteúdo, passa a ter mais significado na sua aprendizagem e mais ainda, interesse por parte do estudante;
- Memória humana: nesta visão de pensamento, Bruner afirma que ao longo dos anos tudo que foi aprendido e que não esteja dentro de um padrão estruturado será esquecido pelo indivíduo, aqui faz-se necessário relembrar a grande importância do papel do professor na educação. Ser esse construtor de padrões que os alunos vão construindo ao avançarem no ensino ao passar dos anos;
- Compreensão de princípios e ideias fundamentais: neste ponto, o que nos chama a atenção é quando o aluno consegue por meio das estratégias apresentadas pelo professor fazer a "transferência de aprendizagem" relatada por Bruner como a facilidade de transpor algo complexo em diferentes situações é ter aprendido não só o específico a respeito do conteúdo, mais também modelos que lhe possibilitarão resolver problemas semelhantes;
- Exame constante: uma ferramenta fundamental para um bom processo educativo é a avaliação constante. Os exames em diferentes níveis de ensino propiciam ao professor adequar, modificar e até mesmo refazer suas escolhas metodológicas para alcançar o objetivo de ensino (Moreira, 1999).

Bruner afirma que a estrutura da matéria a ser ensinada apresenta três características fundamentais e que elas estão ligadas a habilidade que o estudante possui para dominar o conteúdo. São elas: formas de representação, economia e potência efetiva (Prass, 2012; Lefrançois, 2008; Moreira, 1999).

Formas de representação: As formas de representação apresentadas por Bruner são três a saber:

- A representação ativa é o momento inicial de contato da criança com o problema, onde a criança busca estabelecer relação entre experiencia e ação, a criança deve ser estimulada a manipular os objetos e assim descobrir o mundo;
- Na fase icônica, a criança está inserida no âmbito escolar e ela é estimulada a fazer relações que passam a fazer mais sentido;
- Na fase simbólica a criança transcende um nível intelectual mais aguçado, nessa fase ela é capaz de solucionar problemas e sugerir hipóteses que tem grandes conexões com o contexto estudado. Essa fase de representação é o nível mais alto da percepção de Bruner. A criança, nesta fase, não age mais pela ação, mais sim logicamente, pensando nas inúmeras possibilidades e soluções do problema, sugerindo hipóteses e análises até então não experimentadas, ela ativa uma criticidade frente a situações que a impede de agir por impulso, mais sim de forma consciente e objetiva.

Economia: Bruner afirma que a economia está relacionada com a quantidade de informação que a criança consegue conservar em sua mente e, posteriormente, usá-la em diferentes situações tanto para resolver problemas semelhante quanto para aprender um conceito novo e este desenvolvimento é essencial para a autonomia intelectual da criança. (Moreira, 1999).

Potência efetiva: Quando o aluno é capaz de resolver um problema ou enfrentar uma situação inédita, transpondo conceitos, conteúdos e habilidades previamente aprendidos para traçar estratégias de solução, percebe-se indícios da eficácia das ferramentas de ensino adotadas. A chamada potência efetiva refere-se à capacidade do estudante de relacionar conteúdos relativamente distintos com o objetivo de resolver um problema, ou ainda, de descobrir algo novo com base em conhecimentos anteriormente adquiridos (Moreira, 1999; Prass, 2012).

Na sua teoria de ensino, Bruner reforça a necessidade de deixar claro no processo a possibilidade de exploração de alternativas, o professor deve encorajar os alunos a testarem diferentes possibilidades e fazer análises e observações sobre determinado conceito ou

conteúdo, lembrado que essas possibilidades devem estar de acordo com cada nível de ensino para que não haja traumas ou frustrações nos alunos.

4.2.3 Sequência e aplicações

Segundo Moreira (1999), uma boa sequência deve partir da representação ativa para a icônica, e daí para a simbólica, mesmo Bruner destacando que alguns alunos possam transitar nos diferentes níveis e até mesmo saltar os dois primeiros estágios como o adulto, por exemplo, que usa a representação simbólica. No entanto, Bruner defende que o desenvolvimento é sequencial e que deve ser aplicada em qualquer matéria a ser ensinada (Prass, 2012).

4.2.4 Recompensa e estímulos

Em termos de recompensa ou estímulos Bruner, se refere no sentido de que:

> [...]a aprendizagem depende do conhecimento de resultados, no momento e no local em que ele pode ser utilizado para correção. A instrução aumenta a oportunidade do conhecimento corretivo. O conhecimento dos resultados terá utilidade ou não, conforme receba o estudante, em tempo e local apropriados, a informação corretiva, explicadas as condições em que poderá usá-la, e da forma em que a recebe (Bruner, apud Moreira, 1999, p. 90).

Diante do exposto, o professor deve usar a recompensa e estímulos para desenvolver no aluno condições para que ele consiga alcançar diferentes estágios de representação. Nessa proposta, Bruner reforça que estes estímulos devem surgir ao longo da aprendizagem do estudante incentivando-o a superar desafios e alcançar novos objetivos.

4.3 O PAPEL DO PROFESSOR E DO ALUNO

O professor é o mediador que proporciona ao aluno maneiras de alcançar a descoberta por meio dos métodos de ensino que ele proporciona, assim também como as atividades que são desenvolvidas buscando um avanço intelectual do aluno em cada etapa de representação proposta por Bruner (Moreira, 1999).

Em consequência disso, o aluno tem como função revisar, modificar, enriquecer e reconstruir seus conhecimentos reelaborando suas representações enquanto transfere o que

aprendeu para outras situações. Assim, é possível observar indícios ou mesmo alcançar os níveis de representação propostos por Bruner (Prass, 2012).

5 METODOLOGIA DO TRABALHO E O PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresentamos uma visão geral do nosso Produto Educacional, intitulado – Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais – cuja versão integral encontra-se no Apêndice A. Nosso objetivo é situar de forma breve o leitor quanto a estrutura e planejamento, contemplando o desenvolvimento do plano de unidade, a organização da sequência de aulas, as observações relativas à aplicação das atividades e os critérios avaliativos adotados em cada aula, e por fim os materiais didáticos produzidos. Essa contextualização visa fundamentar as análises e discussões dos resultados que desenvolveremos no capítulo seguinte, Capítulo 6, evidenciando a coerência entre os objetivos de ensino e aprendizagem propostos e as estratégias metodológicas implementadas.

5.1 ESTRUTURA E PLANEJAMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

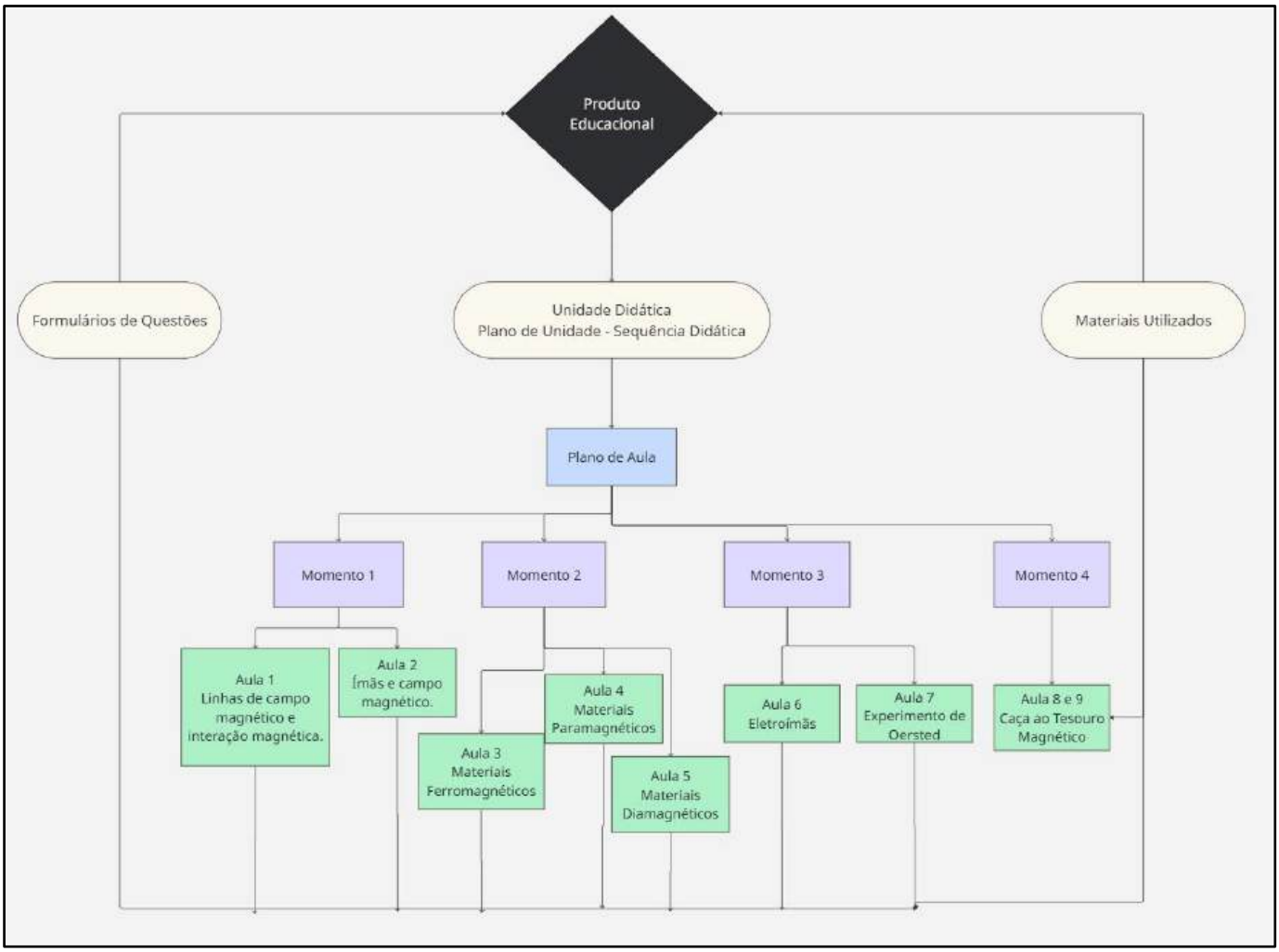
Dessa forma, o Produto Educacional foi desenvolvido com base em uma proposta de sequência didática que promove a aprendizagem por descoberta, conforme discutido no Capítulo 4, acerca dos conceitos de campo magnético e das propriedades magnéticas dos materiais, previamente abordados no Capítulo 3, sendo explorados por meio de uma abordagem lúdica. Com isso, buscamos favorecer a construção ativa do conhecimento pelos alunos, por meio do uso de conceitos e habilidades aplicadas em experimentos, permitindo-lhes realizar novas análises e revisitar conteúdos conforme a proposta do currículo em espiral, o que pode resultar na economia e na potência efetiva descritas por Bruner (Moreira, 1999).

Nosso Produto Educacional é composto por: materiais didáticos, plano de unidade, planos de aula e formulários de questões.

Esse conjunto está estruturado da seguinte maneira: um planejamento didático, incluindo plano de unidade e planos de aula, experimentos práticos a serem realizados ao longo de todas as aulas, materiais de apoio ao professor, o Formulário de Questões (FQs) destinado aos estudantes e, por fim, o jogo: Caça ao Tesouro Magnético. Esse jogo foi concebido com uma lógica de progressão pedagógica, estimulando os alunos a estabelecerem conexões entre os conteúdos explorados nas aulas para solucionar os desafios propostos. Dessa forma, os estudantes são incentivados a demonstrar indícios dos níveis de representação ativa, icônica e simbólica, o que possibilita alcançar o modo de economia e a potência efetiva no processo de

aprendizagem, conforme os princípios de Bruner (Moreira, 1999). A estrutura geral do Produto Educacional pode ser visualizada na Figura 20.

Figura 20 - Esquema da Estrutura e da Organização do Produto Educacional



Fonte: o autor.

O Produto Educacional foi estruturado considerando os materiais utilizados dentro de um Plano de Unidade, organizado em quatro Momentos que, embora distintos, se conectam e se correlacionam, articulando os conteúdos em um currículo em espiral. Para Bruner, é essencial que o professor proporcione ao estudante a oportunidade de revisitar os mesmos conteúdos em diferentes níveis ou estágios de representação (Moreira, 1999; Prass, 2012).

Todas as aulas foram planejadas com foco na descoberta a ser vivenciada pelos alunos durante os experimentos, conduzindo-os a conclusões com o auxílio do professor e do Formulário de Questões (FQs).

Buscamos apresentar os conteúdos de forma gradual, associando as formas de representação ativa, icônica e simbólica propostas por Bruner (Moreira, 1999) à taxonomia de Bloom (Ferraz & Belhot, 2010), que estrutura os domínios cognitivos em níveis progressivos, dos pensamentos de ordem inferior aos de ordem superior, mesmo que nem todos os níveis sejam plenamente atingidos.

Dessa forma, definimos os seguintes objetivos:

- Identificar, por meio da experimentação, os diferentes materiais que podem ser magnetizados;
- Compreender, por meio dos experimentos, o que é um campo magnético e como ele é formado;
- Explorar, por meio das observações e análises, as interações entre ímãs e objetos magnetizáveis;
- Investigar, por meio do jogo, as aplicações dos campos magnéticos na tecnologia e na vida cotidiana.

Neste trabalho, apresentamos de forma lúdica e acessível a transposição didática do conteúdo de campo magnético e das propriedades magnéticas dos materiais para o Ensino Fundamental I e II, tópicos usualmente abordados apenas no 3º ano do Ensino Médio. Buscamos, assim, seguir a proposta de Bruner, segundo a qual é possível ensinar qualquer conteúdo em qualquer fase da escolaridade, desde que respeitadas as etapas do desenvolvimento cognitivo (Moreira, 1999).

5.2 DESCRIÇÃO GERAL DO PLANO DE UNIDADE

O plano de unidade foi elaborado em quatro Momentos, conforme ilustrado na Figura 20. Embora distintos, esses Momentos se complementam e, ao serem vivenciados pelos alunos, favorecem a construção gradual do conhecimento sobre as interações magnéticas. Os objetivos definidos para os alunos seguem a proposta de Bruner (Moreira, 1999), articulada à taxonomia de Bloom (Ferraz & Belhot, 2010).

Elaboramos o Produto Educacional com turmas compostas por grupos heterogêneos em termos de escolaridade e idade, demonstrando, entretanto, que a proposta pode ser facilmente adaptada a turmas mais homogêneas.

O Momento 1 é composto por duas aulas de 50 minutos cada. No início da Aula 1 – Linhas de campo magnético e interação magnética, apresentamos aos alunos a proposta das

atividades que seriam desenvolvidas ao longo de nove aulas. Introduzimos o tema com uma reflexão sobre o perfil dos piratas: como são retratados e reconhecidos? A maioria da turma associou os piratas a figuras negativas, o que nos permitiu introduzir a proposta final das aulas o jogo: Caça ao Tesouro Magnético, como uma jornada transformadora rumo ao conhecimento.

Explicamos, então, que os estudantes participariam de um curso de formação para se tornarem "Piratas Cientistas" — personagens positivos que, com base em conhecimentos sobre Magnetismo, desvendariam enigmas em busca de um tesouro. Essa proposta fomentou o entusiasmo e criou um espírito de colaboração e competição entre os grupos, que trabalharam juntos até a aula final.

Na Aula 1, abordamos os conceitos de linhas de campo magnético e interação magnética, a partir da problematização: como diferentes materiais interagem com o campo magnético? Utilizamos o experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), com o objetivo de introduzir os conceitos básicos, estimular a curiosidade das crianças e promover investigações experimentais alinhadas à representação ativa descrita por Bruner (Moreira, 1999; Prass, 2012). Conduzimos os alunos a refletirem sobre a pergunta: Por que a bolinha muda de posição ao utilizar a tesoura de madeira? estimulando o raciocínio investigativo.

Na Aula 2 – Ímãs e campos magnéticos, apresentamos como se forma um ímã e como o campo magnético é gerado. Incentivamos a manipulação livre de materiais magnéticos e a observação de relações com objetos do cotidiano, favorecendo conexões com experiências prévias. A atividade foi planejada considerando a idade dos alunos e suas formas predominantes de representação (Moreira, 1999; Prass, 2012).

O Momento 2 é composto por três aulas de 50 minutos. Nesse momento, exploramos a classificação das propriedades magnéticas dos materiais com base em experimentos adaptados de vídeos do canal Física Universitária da UNIVESP (Marques, 2017), abordando materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos.

Consideramos esse Momento o "coração" do Produto Educacional, pois oferece oportunidades ricas para que os alunos façam conexões sensoriais e conceituais em busca da compreensão: por que os materiais não interagem da mesma forma com o ímã? Propusemos essa pergunta nas três aulas — Aula 3, Aula 4 e Aula 5 — com o intuito de promover reflexões analíticas. Enfatizamos o uso do método científico, ao compararmos sistematicamente as observações feitas nas três aulas, possibilitando a construção do conceito de propriedades magnéticas dos materiais.

O Momento 3 é composto por duas aulas de 50 minutos. Nele, exploramos a formação do campo magnético a partir da corrente elétrica. Na Aula 6 – Eletroímãs: corrente elétrica gera campos magnéticos e na Aula 7 – Experimento de Oersted, estabelecemos relações de causa e efeito entre corrente elétrica e campo magnético.

Nosso objetivo foi permitir que os alunos revisitassem conceitos estudados anteriormente, conectando-os à nova temática. Essa abordagem reforça a proposta do currículo em espiral e a ideia de potência efetiva, conforme descrito por Bruner, ao conduzir os alunos à compreensão ampliada do campo magnético gerado por corrente elétrica (Moreira, 1999).

O Momento 4, composto pelas Aulas 8 e 9, é dedicado à realização do jogo: Caça ao Tesouro Magnético.

O jogo foi desenvolvido com base nos princípios dos jogos de RPG (Andrade, 2021; Dantas De Sá E Paulucci, 2021), adaptado para fora das telas, resultando em uma atividade lúdica estruturada como uma jornada pirata em busca de um tesouro magnético. Para superar os desafios propostos, os alunos precisaram aplicar os conceitos previamente estudados em sala.

A proposta envolveu seis ilhas, cada uma representando um desafio relacionado a conceitos e problemas magnéticos distintos, contextualizados em uma narrativa envolvente. A dinâmica colaborativa estimulou o raciocínio lógico e a criatividade, exigindo dos alunos a resolução de enigmas com base nas experiências anteriores.

Os desafios foram elaborados para aumentar gradualmente a complexidade das situações-problema, buscando identificar indícios das formas de representação utilizadas pelos alunos, bem como sua economia e potência efetiva, conforme preconizado por Bruner e abordado no Capítulo 4 desta dissertação.

5.3 AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A avaliação teve como objetivo verificar indícios de aprendizagem dos conceitos abordados no Produto Educacional, além de observar se houve uma transposição didática honesta dos conteúdos, aliada ao uso do lúdico como facilitador no ensino de campo magnético no Ensino Fundamental. Buscamos compreender se, após as atividades, os alunos foram capazes de estabelecer relações com os conceitos científicos de campo magnético e propriedades magnéticas.

Realizamos a avaliação de três formas: a primeira consistiu na observação do professor durante o desenvolvimento das atividades experimentais, atenta à interação e ao diálogo dos

alunos sobre os conteúdos; a segunda envolveu o uso do Formulário de Questões (FQs), servindo como instrumento de registro das observações e experiências dos alunos, permitindo ao professor uma análise posterior mais precisa das aprendizagens; e a terceira ocorreu exclusivamente no Momento 4, nas Aulas 8 e 9, quando o professor acompanhou as equipes durante o jogo: Caça ao Tesouro Magnético. Nessa fase, observamos a evolução das equipes e sua capacidade de resolver problemas, aplicando os conteúdos em diferentes níveis de representação.

Essa abordagem avaliativa está em consonância com a proposta de currículo em espiral de Bruner, considerando suas formas de representação, potência efetiva e economia cognitiva (Moreira, 1999).

5.4 MATERIAIS ELABORADOS E SUA APRESENTAÇÃO DENTRO DO PRODUTO

O Produto Educacional que desenvolvemos contempla um conjunto de materiais didáticos integrados, organizados com o objetivo de favorecer a aprendizagem dos conceitos de campo magnético e das propriedades magnéticas dos materiais. Elaboramos esses materiais de modo a dialogar com os princípios do currículo em espiral de Bruner, com as representações cognitivas: ativa, icônica e simbólica, e com os níveis da Taxonomia de Bloom. A seguir, descrevemos cada um dos componentes e suas respectivas funções dentro do Produto Educacional. A descrição detalhada, bem como a montagem e a utilização dos materiais, encontra-se registrada no Apêndice A desta dissertação.

Os Formulários de Questões (FQs) estão inseridos no capítulo referente ao plano de aulas do Produto Educacional. Cada FQ é composto por perguntas que seguem um roteiro alinhado ao conteúdo e aos objetivos da respectiva aula. Os alunos realizam os experimentos, registram suas observações e respondem às questões, cujas respostas posteriormente analisamos enquanto professores.

Para a Aula 1, no Momento 1, utilizamos o experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998) Tesoura de Gauss, composto por uma base de madeira, um suporte em formato de Γ, linha, lã de aço, dois ímãs em formato de anel e uma tesoura de madeira com duas placas de material ferromagnético ocultas em seu interior.

Nas Aulas 4 e 5, pertencentes ao Momento 2, empregamos uma única base com um suporte em formato de Γ, linha, dois palitos de churrasco e quatro pequenos potes de vidro com rolha, papel alumínio picado e água. Montamos um sistema semelhante a uma balança de

pratos, a fim de comparar o comportamento do material paramagnético, papel alumínio, com o do material diamagnético, água. Adaptado dos vídeos da UNIVESP (Marques, 2017).

No Momento 3, durante a Aula 6, utilizamos pregos, fios condutores, pilhas do tipo D de 1,5V, clipes e um pedaço de fio enrolado em forma de solenoide. E na Aula 7, montamos um experimento com base de madeira, uma bússola, um fio de cobre e pilhas do tipo D, com o objetivo de observar a interação entre corrente elétrica e campo magnético.

Durante o Momento 4, nas Aulas 8 e 9, organizamos o jogo: Caça ao Tesouro Magnético. Para cada equipe, elaboramos um mapa com seis ilhas, cada uma com desafios específicos:
1ª Ilha: Labirinto construído com isopor e folhas de plástico transparente, esferas de ferro de 1 mm e uma caneta magnética constituída de um eletroímã em seu interior;
2ª Ilha: Três barris feitos com potes plásticos contendo, respectivamente, água – material diamagnético, prego – material ferromagnético, e papel alumínio – material paramagnético;
3ª Ilha: Um "Livro da Sabedoria" e diferentes formatos de ímãs, além de uma vasilha grande com água e uma chave submersa;
4ª Ilha: Dois quebra-cabeças com imagens discutidas em sala de aula, colados em folhas magnéticas e manipulados sobre superfície metálica;
5ª Ilha: Uma imagem de pirata sem cabelos impressa em plástico transparente contendo limalha de ferro, com um ímã em barra para a solução do desafio;
6ª Ilha: Três barquinhos de isopor, moedas de 1 real, grafite e um vidro com água, este é o mesmo da Aula 5, além de uma vasilha adicional com água.

Como forma de premiação, confeccionamos três baús, um para cada equipe, preenchidos com moedas de chocolate e uma bússola para cada aluno. Também entregamos um certificado de formatura individual como lembrança da conclusão da atividade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por objetivo apresentar o campo de aplicação do Produto Educacional desenvolvido no âmbito desta dissertação, bem como expor de forma detalhada as análises, discussões e considerações a respeito dos resultados da implementação. Buscamos identificar indícios da presença das representações cognitivas – ativa, icônica e simbólica – da estruturação em currículo em espiral, da potência efetiva e da economia cognitiva, conforme propostos por Bruner, como fundamentos para uma aprendizagem honesta, mediada por atividades lúdicas no contexto da sala de aula.

6.1 CAMPO DE APLICAÇÃO

O Produto Educacional foi aplicado em duas turmas multisseriadas atendidas por um projeto de Assistência Social denominado Associação de Proteção à Infância Vovô Vitorino, localizado no bairro Tatuquara, na região sul da cidade de Curitiba – PR. Essa instituição atende regularmente crianças em situação de vulnerabilidade social, oriundas de famílias de baixa renda, com o objetivo de promover o desenvolvimento social, intelectual e profissional por meio de projetos e oficinas realizadas no contraturno escolar, com o apoio da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR).

Nesse espaço educativo, são desenvolvidas atividades nas áreas de artes, dança, ciências/física, inglês e capoeira. Além do atendimento às crianças, a instituição também oferece oficinas para gestantes e idosos, como os projetos de artesanato, e é reconhecida por sua atuação em intercâmbios universitários, acolhendo estudantes de diversos países da América do Sul, como Colômbia, Venezuela e Peru.

As turmas são organizadas em três grupos heterogêneos, compostos por estudantes do 1º ano do Ensino Fundamental I ao 9º ano do Ensino Fundamental II. Essa organização favorece uma rica troca de saberes entre os pares, promovendo interações colaborativas que contribuem significativamente para o desenvolvimento cognitivo e social das crianças, em consonância com os pressupostos de aprendizagem cooperativa.

Ao todo, participaram do projeto 29 estudantes, distribuídos em dois turnos: 14 alunos no período da manhã e 15 no período da tarde, todos frequentando regularmente as atividades da instituição.

6.2 RESULTADOS MOMENTO 1, AULA 1

A partir daqui apresentamos a análise das respostas dos FQs dos alunos para os questionamentos da Aula 1, como também as avalições sobre o engajamento e desenvolvimento dos alunos durante as atividades experimentais e durante o jogo: Caça ao Tesouro Magnético.

Na Aula 1 os alunos ficaram imaginando o que iriam aprender, pois o professor levou para a sala duas caixas com diversos materiais.

Após a montagem do experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), os alunos ficaram impressionados ao perceberem como a bolinha de palha de aço ficou posicionada em relação ao ímã. Muitos questionavam dizendo que havia um fio invisível que puxava a bolinha, outros ainda que era mágica. Isso foi percebido em ambas as turmas.

Após terminar a montagem do experimento o professor entregou aos alunos o FQs da Aula 1 que eles iriam responder ao realizarem os experimentos.

A diversidade de alunos na sala possibilita uma troca de experiência maravilhosa, pois é possível perceber indícios das três representações de Bruner numa mesma sala, alunos que estão na representação ativa em sua maioria os alunos do 1º ano, a representação icônica como os alunos do 4º e 5º anos e a representação simbólica para os alunos do 7º ao 9º ano. Mas também traz seus desafios. Pois, os alunos maiores que são do 9º ano têm dificuldades de relacionamento e de entender que os alunos do 1º ano, por exemplo, demoram um pouco mais para responder as questões ou até mesmo para entender, pois os processos de aprendizagem e estímulos em diferentes níveis de ensino são diferentes para eles (Moreira, 1999), assim o professor teve que intervir em muitos conflitos em sala de aula principalmente com a turma da manhã que tem a maioria dos alunos entre o 7º e 9º ano.

No Momento 1, Aula 1, a Q1 – Quais materiais você consegue perceber nesse experimento?

Na sua totalidade os alunos identificaram muito bem os materiais que viam, alguns alunos chegaram até a levantar a hipótese de que havia um fio prendendo a bolinha de lã de aço ao ímã, porém, isso foi descartado quando o professor deixou que eles verificassem mais de perto o experimento.

Mesmo com idades e níveis de representação diferentes quando todos realizaram o experimento, representação ativa, (Moreira, 1999; Lefrançois, 2008; Prass, 2012) ao manusearem o experimento, os estudantes que apresentavam dúvidas quanto ao comportamento da esfera de

lã de aço puderam compreender o conceito físico de atração magnética, reconhecendo a existência de uma interação entre o ímã e o material ferromagnético.

Na Q2 – Após a montagem, como a bolinha ficou posicionada em relação ao ímã?

Alguns alunos responderam que a bolinha ficou na diagonal em relação ao ímã e 3 alunos levantaram a ideia de que havia algo embaixo do ímã fazendo com que a bolinha ficasse naquela posição.

Nesta Aula 1, com a turma da manhã encontramos maior dificuldade na execução das atividades, os alunos maiores não deixavam os menores fazerem suas observações querendo impor suas ideias, aqui temos indícios de representações diferentes e a aplicação da função dos envolvidos no caso do aluno que diante de uma situação revisa, modifica, reconstrói seus conhecimentos enquanto transfere o que aprendeu para outras situações, onde podemos identificar indícios da economia para potência efetiva (Moreira, 1999). É muito interessante as discussões em sala, pois as equipes discutiam e a diferença de idades fazia com que surgissem ideias bem diferentes que, de alguma forma, se completavam para a construção do resultado final.

Mesmo enfrentando esses desafios, na Q3 – Por que a bolinha está se comportando dessa maneira?

Mais da metade da turma respondeu que a bolinha só estava se comportando dessa maneira por causa do ímã. Ou seja, foi visível que a maioria conseguiu perceber uma relação e interação entre o ímã e os materiais que são aproximados dele.

Na Q4 – Por que ao usar a tesoura a bolinha mudou de posição?

Após o professor usar a tesoura para "simular cortar" as linhas de campo o espanto foi geral, todos os alunos ficaram boquiabertos, surpresos com o que a tesoura fez. Mudando a posição da bolinha em relação ao ímã, nessa questão quase metade dos alunos utilizaram a palavra força para descrever a interação que o ímã estava fazendo sobre a bolinha.

Na Q5 – Depois que a tesoura simula cortar algo, por que a bolinha volta a interagir como no início?

Os alunos acreditavam que a bolinha voltava a posição após usar a tesoura porque a tesoura "cortava a força do ímã" mudava a interação magnética entre o ímã e a bolinha. Aqui eles faziam uso de termos como: perdia a força, puxava. Até o fim desta Aula 1, foi possível perceber que eles estavam considerando que a tesoura tinha algo que dava ou tirava a força do ímã.

Após essa discussão, eles responderam a Q6 – A nossa mão pode fazer a mesma coisa que a tesoura? Por quê?

Então, todos tiveram a oportunidade de testar e responder a pergunta eles disseram que a nossa mão não parava a força do ímã porque não somos feitos de ferro esse termo é similar aqui a propriedades ferromagnéticas. Fatos este que só não é possível, pois possuímos propriedades diamagnéticas que quando expostas a um campo magnético menos intenso não é percebido. Neste momento, um aluno sugeriu mudar o material e colocou um pedaço de papelão que encontrou na sala, ele percebeu que também não modificava a interação, a bolinha ainda continuava sendo atraída pelo ímã.

É interessante perceber aqui, que quando damos as ferramentas e liberdade para os alunos investigarem e testarem as possibilidades (Moreira, 1999; Prass, 2012), ele passa a se interessar cada vez mais pela aula e o desejo de encontrar respostas pulsa em seus olhos.

Na Q7 – As outras bolinhas de diferentes materiais se comportaram da mesma maneira que a bolinha de aço? Por quê?

Os alunos continuaram a realizar os testes e trocaram a bolinha de lã de aço por uma bolinha de isopor e outra de madeira, constataram novamente que elas não interagiam com o ímã. Foi possível perceber indícios tanto nessa análise quanto na atividade anterior que os alunos mais velhos conseguiram fazer uma relação que a depender do material ele não interagia com o ímã, aqui definida por Bruner por representação icônica (Moreira, 1999; Lefrançois, 2008; Prass, 2012), neste caso, por meio da manipulação do experimento, eles são capazes de fazer conexões e formar significados para entender o problema.

Na Q8 – O que faz com que a bolinha se comporte dessa maneira ao aproximar do ímã?

Eles conseguiram identificar uma característica da bolinha de lã de aço que é atraída pelo ímã por causa do material que ela é constituída.

Na Q9 – Desenhe o que você acha que está atraindo a bolinha em direção ao ímã.

Nessa questão surgiram vários desenhos, a sua maioria dentro do esperado como representação de linhas entre o ímã e a bolinha. Aqui mesmo fazendo uso da imaginação pois, não é possível ver as linhas de campo magnético as crianças do 1º ano representaram algo parecido com fumaça, ou raios, as crianças do 5º ao 9º ano apresentam indícios da representação simbólica (Moreira, 1999; Lefrançois, 2008; Prass, 2012), fazendo uso da representação escrita para descrever a interação magnética entre o ímã e a bolinha.

Após os alunos responderem o FQs, eles puderam usar a tesoura para “cortar” a atração magnética feita pelo ímã na bolinha de lã de aço. Alguns logo perceberam que a tesoura era atraída pelo ímã, então, deduziram que só poderia ter algo de metal dentro da tesoura.

No fim da Aula 1, uma aluna fez uma proposição de que a mudança da posição da bolinha em relação ao ímã só aconteceu porque tinha algo escondido na tesoura que impedia o ímã de puxar a bolinha. De fato, o material ferromagnético escondido entre as placas de madeiras da tesoura ao ser colocado próximo do ímã produz o aumento das linhas de campo provocado pelo material nessa região e, como o material ocupa uma área suficiente para interromper as linhas de campo, o efeito pode ser caracterizado como um bloqueio magnético. Assim, a bolinha que está após o material ferromagnético deixa de sofrer influência do campo magnético do ímã.

6.3 RESULTADOS MOMENTO 1, AULA 2

Ainda no Momento 1, na Aula 2, principalmente na turma da manhã houve muita dificuldade na execução da aula por conta de brigas entre os mais velhos e os pequenos, perdeu-se muito tempo resolvendo conflitos e mais da metade da turma da manhã não respondeu os formulários.

Nesta Aula 2, os alunos fizeram uso de vários materiais para compreender como um ímã é constituído e como é o campo magnético produzido por ele.

O primeiro experimento consistia em aproximar o ímã de barra de alguns materiais como caneta e clipes, na Q1 – O que aconteceu nos dois casos? A caneta e o clipe se comportaram da mesma maneira ao aproximar do ímã?

Nessa questão alguns dos alunos utilizaram a palavra grudar para relacionar a atração do ímã com o material.

Quando olhamos para as respostas da Q2 – Ao aproximar as moedas do ímã, todas se comportaram da mesma maneira?

Com as respostas apresentadas na Q1 e Q2 eles conseguem fazer uma associação a respeito do tipo de material que cada objeto era feito, nesse momento uma aluna quis testar a interação com seu colar e seu anel, os colegas logo de cara disseram que iria “grudar” atrair, mais ao testar nada aconteceu, então questionamos por que não aconteceu da mesma maneira como nos clipes a turma em sua maioria respondeu que o anel e o colar não eram feitos de ferro, por isso não foi atraído pelo ímã. Aqui podemos verificar indícios da representação icônica abordada por Bruner o estudante tem a possibilidade de fazer a manipulação de objetos investigando, levantando hipóteses e quando o professor dá as ferramentas necessárias ele pode chegar nas conclusões e responder as perguntas.

Na Q3 – Descreva o que você vê na bússola, como ela é formada?

Nessa questão foi possível perceber que metade dos alunos identificaram de imediato que na bússola tinha um ímã, eles seguiram fazendo os testes solicitados pelo professor e registrando suas respostas no FQs.

Na Q4 – Ao aproximar o ímã de barra da bússola o que aconteceu?

Quase todos perceberam que a agulha da bússola mudava de posição ao aproximar do ímã. Ao observar os alunos manuseando os objetos era possível perceber que alguns deles faziam brincadeiras com os ímãs e chegavam em conclusões que o professor não havia comentado. Eles identificaram que a depender da posição que eles colocassem os ímãs próximos uns dos outros eles se afastavam, eram repelidos, ou grudavam, eram atraídos, nós reforçando que não podemos obter monopolos magnéticos após explicar aos alunos o conceito de polos magnéticos.

Na Q5 – Ao mudar o ímã de posição o que aconteceu com a agulha da bússola?

Quando eles aproximaram o ímã da bussola, quase todos perceberam que a agulha da bússola mudou de direção, um aluno nesse momento conseguiu fazer a relação que se o norte da bússola estava apontando para o ímã esse lado do ímã só poderia ser o sul, porque os lados de polos diferentes se atraem e os lados de polos iguais se repelem, esse comentário foi feito por um aluno do 8º ano. Vemos aqui que ele faz representação de conceitos do currículo em espiral para resolver uma questão que ainda nem tinha sido proposta.

A partir da Q6 - Ao girar a bússola em cima do ímã de barra o que aconteceu?

Tivemos muita discussão e conflitos, eles começaram a brigar muito e muitos não responderam a atividade e apresentaram muito mais dificuldade de compreensão. Contudo, alguns alunos comentaram que o ponteiro da bússola estava apontando sempre para a mesma posição, mesmo que a bússola fosse girada.

Na Q7 – Como ficou a configuração (o desenho) da limalha no ímã de barra? Foi igual ao seu desenho da aula anterior?

Após eles colocarem limalha sobre a folha com ímã de barra, poucos conseguiram perceber que a limalha formava um padrão em volta do ímã com uma maior concentração de fragmentos nas extremidades dos polos, mesmo com os problemas, após o professor explicar novamente a configuração do campo magnético, alguns conseguiram compreender como estava a configuração da limalha em relação aos polos do ímã. Nessa questão, eles tiveram a oportunidade de voltar na Q9 da Aula 1 para comparar o desenho que eles fizeram da interação do ímã com a bolinha. Eles perceberam que as linhas que eles desenharam eram parecidas com o padrão de configuração da limalha. Aqui mais uma vez há indícios que os alunos atingem a economia

descrita por Bruner onde os eles conseguiram buscar as informações contidas em sua mente para verificar uma nova representação dando indícios também a potência efetiva (Moreira, 1999; Prass, 2012).

Nas questões Q8 – Como ficou o desenho na limalha de ferro no ímã em formato (U)?, Q9 – Elas são parecidas com o ímã de barra? e Q10 – Como a limalha se comportou no ímã de anel?

Eles seguiram testando a limalha nos outros formatos de imã e comparando suas configurações, eles perceberam que alguns ímãs se atraiam pela face lateral, ímã de anel e outros pelas pontas, ímã de U, quando colocaram a limalha perceberam que a configuração era de forma diferente a depender do ímã.

Na Q11 – O que há parecido entre os três ímãs?

Eles perceberam que a limalha formava um padrão ao redor de cada ímã.

Então nas perguntas Q12 – O que você consegue perceber ao afastar a bolinha a uma determinada distância do ímã? E Q13 – Existe diferença na interação da bolinha quando ela está bem próxima do ímã e quando ela está mais distante?

Aqui, após testarem a bolinha perto e longe do ímã, eles conseguiram fazer a relação de distância e força magnética, quase metade dos alunos perceberam que a força de atração diminui quando afastamos a bolinha do ímã. Nesse momento percebemos indícios do uso do currículo em espiral e a potência efetiva, sugerido por Bruner, feito por um aluno que fez uma associação muito interessante, a saber: ele comentou que se colocarmos mais ímãs juntos vamos fazer a força de atração aumentar, então, o professor os deixou testarem e eles viram que realmente era possível aumentar a intensidade magnética juntando vários ímãs. Aqui o aluno buscou conceitos vistos anteriormente sobre o campo magnético associou-o a um estágio mais elevado de conhecimento analisando uma situação que ainda não tinha sido explorada por eles.

6.4 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 3

Com os FQs em mãos, no Momento 2, Aula 3, trabalhamos a propriedade ferromagnética dos materiais, os estudantes foram respondendo a Q1 – Por que alguns objetos são atraídos pelo ímã e outros não? Pergunta que trazia uma retomada do que foi visto e analisado na Aula 2, do Momento 1.

Várias respostas surgiram e eles puderam trocar observações e relembrar os experimentos da aula anterior. As respostas foram variadas, para alguns, porque são de ferro, ou de alumínio, para outros, porque tem ferro ou não tem.

Então, quando o professor os questionou na Q2 – Você consegue perceber alguma relação entre os materiais que são atraídos pelo ímã e os que não são?

Sobre essas relações muitos disseram que os materiais que eram atraídos ou eram de ferro ou tinham ferro, e os que não eram atraídos não tinha ferro, aqui eles estavam se referindo que materiais ferromagnéticos eram atraídos pelo ímã enquanto materiais que não tem propriedades ferromagnéticas não são.

Na Q3 – Ao aproximar o prego dos clipes o que aconteceu? Houve interação?

Todos responderam que não houve interação e consideraram isso porque o prego não é um ímã.

Na Q4 – Após colocar o prego no ímã e depois aproximar dos clipes o que aconteceu?

Eles ficaram impressionados ao realizarem o experimento que pelo simples fato de aproximarmos um material ferromagnético como o prego de um ímã, o prego passa a interagir com outros materiais se comportando como um ímã temporário.

Na Q5 – Por que o prego se comportou dessa maneira?

Muitos alunos disseram que o prego pegou a força do ímã e por isso atraia os clipes. É interessante consideramos aqui que mesmo sem o formalismo científico ainda formado, as crianças conseguem expressar muito bem as interações com suas explicações “pegar a força” para expressar que o prego por ser de material ferromagnético está magnetizado temporariamente pelo ímã.

Na Q6 – Depois de separar o prego do ímã, o prego continuou se comportando como antes? Houve diferença?

Após as explicações sobre os conceitos de campo magnético os alunos, principalmente os mais velhos conseguiram fazer a relação da palavra “puxa” com Magnetismo, a partir daqui era possível perceber a palavra Magnetismo ou campo magnético aparecer com mais frequência em suas respostas. Aqui podemos considerar indícios da representação simbólica e potência efetiva de Bruner (Moreira, 1999), onde os alunos que anteriormente foram apresentados ao conceito de campo magnético passam a se utilizar dele para explicar a interação ente o ímã e o prego.

6.5 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 4

Na Aula 4 do Momento 2, trabalhamos os materiais paramagnéticos. Iniciando a aula, montamos o experimento da haste com o frasco contendo papel alumínio, após as discussões sobre as interações que ocorreram na Aula 3 do Momento 2, os alunos foram responder a Q1 – O que você percebe ao aproximar o ímã do frasco contendo papel alumínio?

Muitos disseram que seria "puxado", atraído, outros que seria afastado, repelido, contudo, quando o experimento da haste foi realizado por eles, perceberam que o papel alumínio estava sendo atraído pelo campo magnético do ímã, no entanto, a intensidade era menor. É possível perceber que a experimentação aguça nos alunos o desejo de aprender, ela cria novas possibilidades para resolver problemas, e em suas mentes não existem limites de ideias, hipóteses ou soluções. Era bonito vê-los ali, testando e observando os resultados.

Na Q2 – O papel alumínio se comportou da mesma maneira que o prego ao aproximar do ímã?

Quase todos os alunos conseguiram perceber que a atração que o papel alumínio estava sofrendo era diferente da atração com os clipes. Eles perceberam que era mais fraca, menos intensa, definindo assim uma característica dos materiais paramagnéticos. Aqui vemos mais uma vez indícios do currículo em espiral e da potência efetiva descrito por Bruner (Moreira, 1999), os alunos de posse de conceitos anteriores fizeram conexões com situações vivenciadas anteriormente por eles para chegar a uma conclusão.

Na Q3 – Ao mudar a polaridade do ímã houve diferença na interação?

Ao testarem, eles perceberam que mesmo ao mudar o polo do ímã a interação não muda, ou seja, a interação só vai depender da propriedade do material que está próximo do campo magnético.

Na Q4 – O que é preciso para que haja interação entre o ímã e os materiais paramagnéticos?

Aqui os alunos do 1º e 2º ano passaram a utilizar a palavra campo magnético para se referir a interação que ocorre entre o material e o ímã. Antes eles associavam a palavra "força" ou "puxa" para relacionar capo magnético.

Foi possível perceber mais efetivamente a partir dessa aula que a utilização de diferentes níveis de representação do mesmo conteúdo possibilita ao aluno uma melhor aprendizagem sobre o conteúdo.

6.6 RESULTADOS MOMENTO 2, AULA 5

Na aula 5, do Momento 2 eles realizaram experimento para observar a interação entre materiais diamagnéticos.

Montamos novamente outra haste no suporte agora com água no frasco e os alunos inicialmente foram levados a responder a Q1 – O que irá acontecer ao aproximar o ímã do frasco com água?

Muitos disseram que não iriam acontecer nada porque a água não possui ferro, ou papel alumínio, ou seja, não era ferromagnética nem paramagnética. Ao testarem, eles perceberam que a água que estava dentro do frasco estava se afastando do ímã, eles conseguiram entender que a água também interagia com o ímã só que de maneira diferente dos materiais anteriores.

Na Q2 – Ao mudar a polaridade do ímã a água mudou sua interação?

Perceberam que não faria diferença mudar a polaridade do ímã a interação continuava a mesma, a água se afastava do campo magnético.

Essa Aula 5 foi bem rápida e eles puderam testar a interação da água com os outros ímãs, na Q3 – Ao utilizar o ímã de ferrite os materiais se comportaram da mesma maneira?

Todos os alunos perceberam que o ímã de ferrite não interage com a água por ter um campo magnético fraco, o campo magnético do ímã de neodímio é intenso o suficiente para interagir com água, então, alguns alunos do 8º e 9º ano comentaram que tudo poderia interagir com um ímã, desde que fosse um ímã com um campo magnético muito intenso.

6.7 RESULTADOS MOMENTO 3, AULA 6

No Momento 3 os alunos foram levados a analisar como o campo magnético está orientado ao redor do ímã por meio da corrente elétrica.

Na Q1 – Ao aproximar o prego dos clipes o que aconteceu?

Todos os alunos responderam de diferentes maneiras que os clipes não eram atraídos pelo prego. Alguns, porque o prego não possuía um campo magnético como um ímã, ou que o prego não era um ímã.

Então, o professor ligou os fios a pilha e eles responderam a Q2 – Ao encostar o prego enrolado ao fio de cobre houve interação magnética com os clipes?

Em sua maioria os alunos perceberam que os clipes eram atraídos pelo prego, eles acreditavam que era a “energia” da pilha que fazia os clipes serem atraídos. Então o professor

explicou como surgia o campo magnético ao redor do fio quando é atravessado por uma corrente elétrica. No ímã de barra, a magnetização é permanente, ou seja, o campo magnético está sempre presente. Isso o diferencia do eletroímã, que só possui campo magnético quando há passagem de corrente elétrica pelo fio condutor. Já os chamados ímãs temporários são materiais com propriedades ferromagnéticas que, ao serem expostos a um campo magnético externo, adquirem magnetização por indução. Enquanto estão sob a influência desse campo, comportam-se como ímãs, mas perdem essa propriedade ao afastarem-se da fonte de magnetização.

Ao responderem a Q3 – Ao aproximar o prego dos clipes com o fio ligado à pilha houve mudança na interação?

Sim, todos conseguiram perceber a interação dos clipes com o prego quando estava ligado à pilha.

Na Q4 – O que mudou em relação ao prego na primeira etapa do experimento?

Os alunos perceberam a relação de atração dos clipes com o fato do prego estar enrolado com fio de cobre e este ligado a pilha, sendo percorrido por uma corrente elétrica. Essa corrente gerou um campo magnético ao redor do fio, transformando o dispositivo: prego e fio conectado a bateria, em um imã temporário, ou seja, em um eletroímã. Foi essa mudança que fez com que os clipes fossem atraídos: a presença da corrente elétrica criou um campo magnético ao redor do fio semelhante ao de um ímã comum.

Com a possibilidade de rever o mesmo conteúdo apresentado de diferentes maneiras para ser explorado pelo aluno por meio do currículo em espiral, os alunos são capazes de contextualizar cada vez melhor e amadurecer suas respostas, na Q5 – Por que o prego só se comporta como um ímã quando está ligado a pilha? Em sua maioria, os alunos utilizavam dos formalismos campo magnético para explicar a interação que o prego fazia ao aproximá-lo dos clipes.

Antes de responder a próxima questão o professor pediu que eles testassem a interação da bobina sem o prego no centro. Veja que as diferentes possibilidades apresentadas pelo professor, faz com que os alunos tenham a possibilidade de chegar na resposta esperada e apropriada para as interações magnéticas, ou pelo menos apresentar indícios de que a aprendizagem está acontecendo. Então na Q6 – Ao aproximar a bobina ligada sem o prego dos clipes houve interação?

Eles responderam que atraia os clipes com menos intensidade, a maioria dos alunos perceberam que o prego é necessário para melhorar o campo magnético e aumentar a força de atração. Uma vez que os campos magnéticos de cada espira se somam, quando os fios estão

ligados à pilha criando um campo magnético mais intenso e concentrado dentro do núcleo de ferro.

O prego, por ser ferromagnético, conduz com mais eficiência as linhas de campo magnético e aumenta sua densidade, tornando o conjunto mais eficiente.

Na Q7 – Houve diferença na atração dos clipes nas três situações?

Essa foi a questão com maior número sem resposta, quase metade dos alunos. Ainda assim, foi possível observar que os demais alunos conseguiram estabelecer a relação entre o fechamento do circuito. Ao ligar o fio à pilha, e o surgimento de um campo magnético ao redor do fio condutor.

6.8 RESULTADOS MOMENTO 3, AULA 7

Na Aula 7 do Momento 3, os alunos analisaram o experimento que traz a verificação de Oersted, após a montagem do experimento na Q1 – Como estava a agulha da bússola antes de ligar o fio a pilha? e na Q2 – O que aconteceu com a agulha da bússola após ligar o fio a pilha?

Para responder essas duas questões, primeiramente com o fio desligado. Eles observaram a posição da agulha da bússola, quando os fios foram ligados a pilha, todos os alunos perceberam que a agulha da bússola mudou de posição, como quando aproximamos um ímã da bússola nas aulas dos Momentos 1 e 2.

Na Q3 – Por que a agulha da bússola se comportou assim?

Mais da metade dos alunos perceberam que ao ligar o fio na pilha surgiu um campo magnético no fio que passou a interagir com a bússola fazendo uma relação com o experimento da Aula 6.

Na Q4 – Você consegue perceber uma relação da bússola quando foi aproximada de um ímã nas aulas anteriores e agora quando o fio é ligado?

Novamente, mais da metade dos alunos conseguiram perceber havia o surgimento do campo magnético quando o fio estava ligado, pois a agulha da bússola mudava de posição para se alinhar com o campo magnético que surgiu ao redor do fio ligado a pilha, da mesma forma que ela se alinha quando está próxima de um ímã.

Na Q5 – O que surge ao redor do fio ligado à pilha?

Todos os alunos conseguiram responder que o campo magnético surge ao redor do fio quando está ligado à pilha.

Na Q6 – Você consegue perceber relação entre a eletricidade e o Magnetismo? Como?

Aqui, esperávamos que os alunos chegassem à conclusão de que podemos criar ímãs temporários a partir da corrente elétrica, muitos responderam que o ímã não precisa de energia, porém, o prego precisava. Essa questão os deixou bem confusos, vale ressaltar que mesmo com a dificuldade de interpretação da pergunta, muitos alunos conseguiram explicar que o eletroímã necessita de energia elétrica para funcionar e ter um campo magnético que possa interagir com materiais ferromagnéticos.

Os alunos perceberam a relação entre a atração dos clipes e o fato de o prego estar enrolado com fio condutor e conectado a uma pilha. Pois, ao fechar o circuito elétrico, a corrente passou a circular pelo fio, gerando um campo magnético ao seu redor. Como o fio estava enrolado em espiras ao redor do prego, que é um material ferromagnético, os campos magnéticos das espiras se somaram e foram concentrados no núcleo metálico, intensificando o efeito. Assim, o conjunto formado pelo prego, o fio e a pilha transformaram-se em um eletroímã. Esse campo magnético, semelhante ao de um ímã comum, foi o responsável por atrair os clipes. No entanto, diferentemente dos ímãs permanentes, o eletroímã só mantém seu campo enquanto houver passagem de corrente elétrica.

6.9 RESULTADOS MOMENTO 4, AULA 8 E AULA 9

O Momento 4, composto pelas Aula 8 e Aula 9, foi o momento mais esperado por todos, o jogo: Caça ao Tesouro Magnético.

Faremos aqui a análise do jogo que foi distribuído em 6 ilhas para a Caça ao Tesouro Magnético. Nestas aulas, Aulas 8 e 9, eles não tinham o FQs para as respostas, mas produziram um livro e as análises foram feitas pelo professor que os acompanhou durante toda a execução da atividade, com o apoio de uma ficha para registro do tempo que foi desenvolvido, para que no final fosse feita a classificação das equipes e premiações.

As esquipes se mostraram dispostas a ganhar o jogo, levando com muita seriedade os desafios em cada ilha, foram bem atentas as regras e cumpriram com rapidez o jogo.

Na 1ª Ilha – Ilha das interações, eles conseguiram resolver o enigma do labirinto, salvando todos os piratas, porque reconheceram o eletroímã, em forma de caneta, que não foi apresentado nas regras do jogo. Eles sabiam que precisariam de um ímã para interagir com as bolinhas de ferro que estavam no labirinto e, assim, finalizar o desafio. Foi quando, então, os alunos ligando o eletroímã conseguiram cumprir a atividade no tempo esperado.

Na 2ª Ilha – Ilha das características, foi visível a preocupação entre uns colegas que queriam logo resolver o enigma e outros que queriam resolver de maneira correta para não perderem moedas. Uma aluna iria colocar o papel alumínio no barril diamagnético quando sua colega a impediu, pedindo para pensar nas aulas que elas tiveram em sala, então conversaram por alguns instantes e lembraram da interação de repulsão da água e de atração do papel alumínio, conseguindo assim resolver o enigma corretamente. Aqui mais uma vez notamos indícios da aprendizagem por meio do uso do currículo em espiral, potência efetiva e economia onde os alunos têm a oportunidade de rever um conteúdo aplicado a uma situação diferente vivenciada em sala, (Moreira, 1999; Prass, 2012). Duas equipes não tiveram paciência para analisar, estavam mais preocupados com o tempo para resolver mais rápido e erraram as respostas dessa ilha.

Na 3ª Ilha – Ilha do Conhecimento, os alunos se depararam com diferentes tipos de ímãs e rapidamente concluíram que precisariam consultar o livro fornecido para obter pistas. O desafio consistia em retirar uma chave submersa em uma vasilha com água sem tocá-la diretamente. Utilizando o conhecimento prévio sobre Magnetismo, todos os grupos resolveram o enigma ao perceber que poderiam utilizar os ímãs para atrair a chave metálica por meio do campo magnético. Três equipes identificaram que os ímãs disponíveis individualmente apresentavam força magnética insuficiente e, então, decidiram combiná-los para aumentar a intensidade do campo magnético.

Nesse momento, foi possível observar indícios claros da construção do conhecimento com base nos três níveis de representação cognitiva propostos por Bruner: representação ativa, icônica e simbólica. Inicialmente, os alunos envolveram-se com a manipulação prática dos materiais, representação ativa, passando pela identificação e exploração do problema por meio de ações concretas. Em seguida, adaptaram estratégias e relacionaram o fenômeno à experiência anterior, representação icônica. Por fim, identificaram a necessidade de intensificar o campo magnético, demonstrando compreensão abstrata do conceito, representação simbólica. O episódio também revelou traços da economia cognitiva, conforme descrita no currículo em espiral de Bruner (Moreira, 1999; Prass, 2012), ao evidenciar a reutilização de conhecimentos previamente adquiridos para solucionar um problema inédito.

Na 4ª Ilha – Ilha das possibilidades, eles foram bem rápidos na resolução do quebra-cabeça, uma equipe infelizmente não conseguiu resolver, eles não seguiram as regras do livro, estavam muito preocupados em terminar logo. As equipes que conseguiram resolver a tempo explicaram muito bem sobre as linhas de campo magnético, assim também como a relação entre eletricidade e o Magnetismo, estes usaram muito bem as dicas do livro e apresentaram aqui

prenúncios da potência efetiva de Bruner ao serem capazes de explicar com propriedade científica para as crianças menores os desenhos e interações magnéticas que estavam sendo apresentadas nas imagens.

Na 5ª Ilha – Ilha das tempestades magnéticas, eles fizeram muito bem a relação da aula do campo magnético para resolver o enigma. Utilizando o ímã para configurar com a limalha o cabelo e a barba do pirata e finalizar o desafio.

Na 6ª Ilha – Ilha do tesouro magnético, eles entenderam muito bem a proposta e viram que com o ímã de ferrite não seria possível concluir o jogo, pois precisavam de um ímã com o campo magnético mais intenso, para interagir com os barquinhos. Então, o professor entregou o ímã de neodímio e eles resolveram a interação magnética dos materiais, concluindo as etapas do jogo fazendo assim a relação de interação de cada material dos barquinhos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho que desenvolvemos com as turmas do Ensino Fundamental, considerando o desejo genuíno de aprender demonstrado pelas crianças, aliado à proposta da aprendizagem por descoberta de Bruner e ao uso de abordagens lúdicas, permitiu-nos identificar diversos indicadores de aproveitamento dos conceitos relacionados ao Magnetismo. Tendo como ponto de partida a compreensão do campo magnético e sua interação com diferentes tipos de materiais, buscamos contextualizar o ensino de Física de maneira simples, prática e eficaz para os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental.

Notamos que definições e conceitos inicialmente associados a expressões como "puxa", "gruda", "força" ou até mesmo "mágica" foram progressivamente substituídos por termos científicos como "força magnética", "campo magnético", "atração" e "repulsão" ao longo das aulas. Ao proporcionar aos alunos vivências experimentais, observamos que passaram a estabelecer conexões que ultrapassam a simples memorização de definições ou fórmulas. Considerando o nível de desenvolvimento cognitivo das crianças envolvidas, optamos por não introduzir o formalismo matemático referente ao campo magnético. No entanto, especialmente durante o Momento 4, nas Aulas 8 e 9, com o jogo: Caça ao Tesouro Magnético, foi possível constatar que os alunos construíram noções intuitivas sobre força, intensidade e interação magnética.

Essas noções emergiram com clareza nas respostas aos desafios do jogo, que funcionou como instrumento avaliativo lúdico dos conteúdos explorados. Tal abordagem está em consonância com o currículo em espiral proposto por Bruner, que defende a reapresentação dos mesmos conceitos em diferentes níveis de complexidade e representação. Dessa forma, esperamos que, ao chegarem ao Ensino Médio, os estudantes sejam capazes de estabelecer relações entre as noções de campo magnético desenvolvidas nesta fase e os formalismos matemáticos que encontrarão posteriormente.

Para trabalhos futuros, pretendemos adaptar o Produto Educacional para o Ensino Médio, com o intuito de apoiar professores e alunos na aprendizagem dos conceitos de campo magnético e das propriedades magnéticas dos materiais. Também planejamos desenvolver uma versão do produto para ambiente virtual, considerando a aceitação positiva de jogos digitais por crianças e jovens. Um jogo em formato de quiz ou desafios online, baseado na estrutura de RPG, poderá ser planejado e implementado. Além disso, vislumbramos a possibilidade de revisar e organizar todo o material com vistas à publicação de um artigo acadêmico que relate

a experiência e, eventualmente, inclua depoimentos dos alunos e professores envolvidos na aplicação do produto.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

ARTIGO 3º. BRASIL. Lei nº 14.826, de 20 de março de 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14826.htm. Acesso em: 26 set. 2024.

AZEVEDO, Lucas M.; RAMOS, Eugenio M. F.; BENETTI, Bernadete. **Ensino de física e jogos de cartas: o lúdico como recurso didático na formação de professores.** Revista de Enseñanza de la Física, v. 33, n. 2, 2021. Disponível em: https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35273/35414. Acesso em: 26 set. 2024.

BASSANI, Douglas; SANTOS, Rosemar Ayres dos. **Tecnologias digitais para o ensino de física: eletricidade e magnetismo no Ensino Médio.** A Física na Escola, v. 21, n. 1, p. 220711–1, 2023. DOI: 10.59727/fne.v21i1.60. Disponível em: https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/60. Acesso em: 26 set. 2024.

BERTUNCELLO, Julia Marta Zamarchi; BORTOLETO, Edivaldo. **Curiosidade e prazer de aprender: o papel da curiosidade na aprendizagem criativa.** Criar Educação, Criciúma, v. 6, n. 2, jul./nov. 2017.

BRINATTI, A. M. et al. **O Castelo de Snell: uma proposta de sala de aula invertida e atividade baseada em games para a formação continuada de professores de Física da Educação Básica.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CURRÍCULO, AVALIAÇÃO, FORMAÇÃO E TECNOLOGIAS EM EDUCAÇÃO, 3., 2021, Porto. Anais... Porto: CAFTe, 2021. v. 1, p. 282–283.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 26 set. 2024.

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente**: Lei n.º 8.069, de 13 de julho de 1990. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm. Acesso em: 26 set. 2024.

CALDAS, Renata L. et al. **Proposta de ensino por meio de unidades de ensino potencialmente significativa (UEPS) sobre magnetismo.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 14, n. 3, 2019.

CARDOSO, Maykon Dhonnes de Oliveira; BATISTA, Letícia Alves. **Educação infantil: o lúdico no processo de formação do indivíduo e suas especificidades.** Revista Educação Pública, v. 21, n. 23, 22 jun. 2021. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/22/educacao-infantil-o-ludico-no-processo-de-formacao-do-individuo-e-suas-especificidades. Acesso em: 26 set. 2024.

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

CHIARELLA, Tatiane et al. **A pedagogia de Paulo Freire e o processo ensino-aprendizagem na educação médica.** Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbem/a/jg9jPgnZRrqBy7WTDdrpFcn/. Acesso em: 26 set. 2024.

COLCHESTER, William G. **De Magnete – Sobre o ímã, corpos magnéticos também, e sobre o grande ímã a Terra uma nova fisiologia.** Tradução para o inglês por S. P. Thompson, 1900. Disponível em: https://www.gutenberg.org/files/33810/33810-h/33810-h.htm. Acesso em: 27 set. 2024.

D'AGRELLA FILHO, Manoel Souza. **A física do magnetismo.** Disponível em: https://www.iag.usp.br/~eder/campo_magnetico.pdf. Acesso em: 26 set. 2024.

DANTAS DE SÁ, Clayton; PAULUCCI, Laura. **Desenvolvimento de um sistema de RPG para o ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, e20210005, 2021.

DE MESQUITA, U. N.; SOUZA, P. R. P. **Um olhar sobre o ensino de física: o lúdico como instrumento facilitador no processo de ensino e aprendizagem.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 9, p. 61823–61843, 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-094.

FARIA, Rubens N.; LIMA, Luiz Felipe C. P. **Introdução ao magnetismo dos materiais.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

FERNANDES JUNIOR, A. S.; ARCANJO FILHO, M. **Experimentos de baixo custo em eletricidade e magnetismo para o ensino médio.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 8, p. 56679–56689, 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv8n8-121.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo.** v. 3. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HENISCH, Ademir Krepki; SILVA, Jeremias Borges da. **O eletromagnetismo e a física moderna através de atividades experimentais.** Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 8).

HEWITT, Paul G**. Física conceitual [recurso eletrônico].** 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

INSTITUTO DE FÍSICA DA UFRGS. **Um cientista não nasce pronto. O desejo de ser um. Sim!** Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/einstein/menino.html. Acesso em: 15 jul. 2024.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Hans Christian Oersted.** Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/hans-christian-oersted.htm. Acesso em: 6 jan. 2025.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **O jogo e a educação infantil.** 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2007.

KOSSAKOWSKI, C. S. **Uma proposta lúdica para o ensino de eletromagnetismo: a construção de um jogo de tabuleiro com os licenciandos em Física.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 16, n. 1, p. 166–186, jan.–abr. 2023. DOI: https://doi.org/10.3895/rbect.v16n1.13497.

KRAWCZYK, Norberto Roberto; SANTOS, Luciana Maria. **Formação de professores: desafios contemporâneos.** 2. ed. Campinas: Papirus, 2020.

LABAS, Marlon; CÁSSARO, Fábio Augusto Meira. **Do magnetismo à lei da indução eletromagnética de Faraday.** Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 3). 86 p. Il. e-book.

LEFRANÇOIS, Guy R. **Teorias da aprendizagem.** Tradução de Vera Magyar; revisão técnica de José Fernando B. Lomônaco. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

LIMA, Fábio Adriano de. **A construção do saber em ciências: a experimentação no processo de ensino-aprendizagem.** Ciências & Cognição, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2005.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.

MENDONÇA, Mônica de; ARAÚJO, Fátima; COSTA, Juliana. **O lúdico como prática pedagógica no processo de ensino-aprendizagem no ensino fundamental.** Revista Multidisciplinar Científica Conhecimento em Ação, v. 4, n. 1, p. 20–38, jan.–jun. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Centauro, 2001.

OLIVEIRA, Carlos Eduardo de. **A importância da experimentação no ensino de ciências: contribuições para uma aprendizagem significativa.** Revista Educação Pública, v. 20, n. 27, 2020. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/27/a-importancia-da-experimentacao-no-ensino-de-ciencias-contribuicoes-para-uma-aprendizagem-significativa. Acesso em: 26 set. 2024.

PAIVA, Joaci Alves de. **A importância da ludicidade no processo de aprendizagem.** Revista Educação Pública, v. 21, n. 2, fev. 2021. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/2/a-importancia-da-ludicidade-no-processo-de-aprendizagem. Acesso em: 26 set. 2024.

PARANÁ. **Secretaria de Estado da Educação. Currículo da Rede Estadual Paranaense – CREP.** Curitiba: SEED, 2021. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/Pagina/Curriculo-da-Rede-Estadual-Paranaense-CREP. Acesso em: 30 set. 2024.

PENHA, Késsia da Silva; RIBEIRO, Clarissa Brígida. **O uso de jogos didáticos como ferramenta de ensino na educação básica.** Revista Educação Pública, v. 20, n. 13, abr. 2020. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/13/o-uso-de-jogos-didaticos-como-ferramenta-de-ensino-na-educacao-basica. Acesso em: 26 set. 2024.

PIAGET, Jean. **A linguagem e o pensamento da criança.** 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

RAMOS, Ana Paula; RAMOS, João Victor; PESSOA, Lucas Henrique; PORTO, Marina de Souza. **O ensino de conceitos de Magnetismo com uso de prototipagem Arduino.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 123–137, jan./mar. 2024. Disponível em: https://www.rbef.org.br/article/view/xxxxx. Acesso em: 14 set. 2024.

RAMOS, Rodrigo Oliveira. **O pensamento pedagógico de Paulo Freire e a BNCC.** Revista Educação Pública, v. 20, n. 8, mar. 2020. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/8/o-pensamento-pedagogico-de-paulo-freire-e-a-bncc. Acesso em: 26 set. 2024.

SANTOS, Manoel Felix Pessoa dos; RODRIGUES, Kátia Calligaris. **Metodologia ativa em cinco passos: Magnetismo.** Formiga (MG): Editora MultiAtual, 2023. 80 p. Il. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/738960/2/Metodologia%20Ativa%20em%20cinco%20passos%20Magnetismo.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

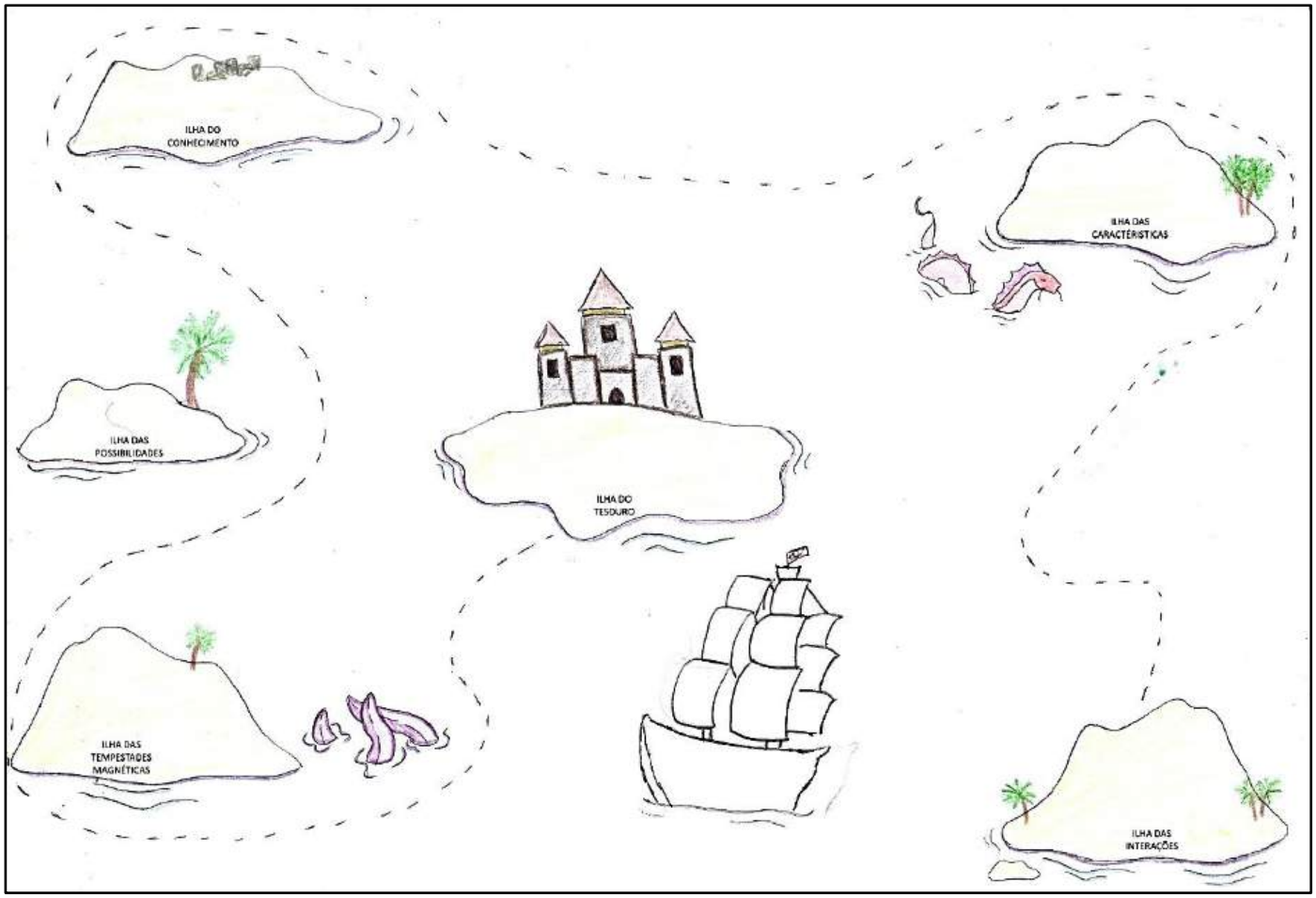
SILVA, Adriano de Oliveira. **Jogos didáticos no ensino de física: um estudo sobre a aplicação de jogos como ferramentas pedagógicas.** Revista Educação Pública, v. 21, n. 12, jun. 2021. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/12/jogos-didaticos-no-ensino-de-fisica-um-estudo-sobre-a-aplicacao-de-jogos-como-ferramentas-pedagogicas. Acesso em: 26 set. 2024.

SILVA, Francisco Sérgio da; SALOMÃO, Francisco Carlos Carneiro Soares; RÊGO, Fellipe dos Santos Campelo; RIBEIRO, Thiago Soares; MAIA, José Robson. **Ensino de eletromagnetismo no 9º ano do Ensino Fundamental por meio de uma sequência didático-experimental com o olhar da aprendizagem significativa.** Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 1-28, out./dez. 2023. Disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1342/1066. Acesso em: 14 jul. 2024.

SILVA, Luiz Cezar da; SILVA, Eduardo Silva. **Ensino de física com experimentação e interdisciplinaridade: estudo de caso com turmas do 9º ano.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 15, n. 3, p. 102–120, set.–dez. 2022. DOI: https://doi.org/10.3895/rbect.v15n3.12725.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

APÊNDICE A - UMA JORNADA RUMO ÀS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS



UMA JORNADA RUMO ÀS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS

Antonio Pereira dos Santos

André Maurício Brinatti

André Vitor Chaves de Andrade

Ponta Grossa

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 35

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA JORNADA RUMO ÀS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS

ANTONIO PEREIRA DOS SANTOS
ANDRÉ MAURÍCIO BRINATTI
ANDRÉ VITOR CHAVES DE ANDRADE

Ponte Grossa
2025.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) Professor(a):

O presente Produto Educacional, intitulado: Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais, que ora lhe é apresentado foi pensado e desenvolvido para professores do Ensino Fundamental I e II sobre o ensino e a aprendizagem do campo magnético e as propriedades magnéticas dos materiais. Ele foi estruturado de modo a proporcionar aos estudantes uma descoberta sobre os conceitos que envolvem campo magnético e o magnetismo dos materiais. Ele contém: a Unidade Didática com 4 Momentos, divididos em 9 Aulas, o respectivo Planejamento com o plano de unidade e planos de aula; Formulário de Questões (FQs); texto de apoio ao professor com conceitos sobre magnetismo e campos magnéticos; texto de montagem dos aparatos experimentais. Na Unidade Didática temos a sequência de aulas que leva as alunas e os alunos a vivenciarem a aprendizagem por descoberta por Bruner (Moreira, 1999; Prass, 2012) por meio da busca de relações entre as atividades e conceitos estudados em sala, fazendo transposições de conteúdos sobre os níveis de representação ativa, icônica e simbólica, ou seja, respeitando os níveis de ensino de cada estudante, passando pela economia até atingir a potência efetiva relacionadas ao domínio de conhecimento, usando do currículo em espiral em todas os momentos da sequência didática, e que culmina com o jogo: Caça ao Tesouro Magnético, uma competição lúdica e saudável, que possibilita ganho de conhecimento sobre campo magnético e as propriedades magnéticas dos materiais. Então, temos a esperança que esse Produto Educacional inspire professoras e professores a explorarem novas possibilidades de ensino, integrando ludicidade, investigação e experimentação ao processo de aprendizagem, e que se sintam convidados a utilizá-lo, adaptá-lo e recriá-lo em suas práticas pedagógicas como um recurso dinâmico e transformador do ensino de Física.

Os autores.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema da Estrutura e da Organização do Produto Educacional.....10
Figura 2 - Representação das linhas de campo.....18
Figura 3 - Aparato da Base da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) 22
Figura 4 - Aparato da Base da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) 58
Figura 5 - Representação das linhas de campo magnético entre dois ímãs de barra em duas situações: atração magnética (a) e repulsão magnética (b).....60
Figura 6 - Representação dos ímãs em formato de: barra (a), u (b), c (c) e anel (d).....61
Figura 7 - Ímã em formato de folha (a), ímã de folha com limalha (b).....61
Figura 8 - Representação do campo magnético terrestre, polos magnéticos e polos geográficos da Terra.....62
Figura 9 - Orientação do campo magnético de um ímã em barra, usando bússolas. Aqui foi considerado apenas o campo magnético ao redor do ímã.....64
Figura 10 - Representação das linhas de campo magnético em um ímã de barra com o uso de limalha de ferro (a) e vetorial por meio das linhas de campo e campo magnético (b).....65
Figura 11 - Representação das linhas de campo com o uso da limalha de ferro: vista lateral – anel (a) e U (c), vista de cima anel (b) e U (d).....66
Figura 12 - Representação dos polos magnéticos de um ímã de barra: antes de ser partido(a), após ser partido e sem levar em consideração a interação magnética entre os pedaços do ímã (b).....67
Figura 13 - Eletroímã.....68
Figura 14 - Representação esquemática de um solenoide e as linhas de campo no interior do mesmo.....69
Figura 15 - Aparato montado para ilustrar o experimento de Oersted.....71
Figura 16 - Esquema da montagem representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) representando as Superfícies Gaussianas I e II.....72

Figura 17 - Representação das linhas de campo magnético do ímã de barra com o uso da limalha de ferro.....73
Figura 18 - Representação do spin do elétron em dois estados possíveis.....75
Figura 19 - Água que está dentro do frasco de vidro é repelida pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.....77
Figura 20 - Papel alumínio que está dentro do frasco de vidro é atraído pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.....78
Figura 21 - Representação do processo de magnetização de um prego, material ferromagnético, com o uso de um imã de barra, campo magnético externo, e na ampliação
representação microscópica dos domínios magnéticos: antes do processo (a) e depois do processo (b).....81
Figura 22 - Aparato da Base e Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) 82
Figura 23 - Molde para a Tesoura de Gauss.....83
Figura 24 - Partes da Tesoura de Gauss com a liga de ferro entre eles.....84
Figura 25 - Aparato da Tesoura de Gauss.....84
Figura 26 - Aparato da Base da Tesoura de Gauss.....85
Figura 27 - Aparato para materiais paramagnéticos e diamagnéticos.....86
Figura 28 - Aparato Experimento de Oersted.....88
Figura 29 - Labirinto magnético.....89
Figura 30 - Caneta magnética.....90
Figura 31 - Barris.....91
Figura 32 - Livro da Sabedoria Piratiana.....92
Figura 33 - Quebra-cabeça ímã de barra da 4ª ilha.....95
Figura 34 - Quebra-cabeça experimento de Oersted da 4ª ilha.....96
Figura 35 - Retrato Pirata.....97
Figura 36 - Barco paramagnético.....98
Figura 37 - Partes do baú.....99
Figura 38 – Partes do baú, montagem.....99
Figura 39 - Baú.....100
Figura 40 - Mapa do Tesouro Magnético.....102
Figura 41 - Certificado Pirata Cientista. 103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela de avaliação para o professor.....41
Quadro 2 - Custos dos materiais.....101

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....7
2 ESTRUTURA E PLANEJAMENTO.....9
2.1 PLANO DE UNIDADE.....11
2.2 PLANOS DE AULA.....15
3 FORMULÁRIOS DE QUESTÕES (FQs).....42
4 A FÍSICA DO MAGNETISMO.....56
4.1 A CURIOSIDADE COMO MOTIVADOR DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA.....56
4.2 DEFINIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$.....57
4.3 CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$ A PARTIR DE UMA CORRENTE ELÉTRICA.....66
4.4 LEI DE GAUSS.....71
4.5 PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS.....73
4.5.1 Diamagnetismo.....76
4.5.2 Paramagnetismo.....77
4.5.3 Ferromagnetismo.....80
5 MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS.....82
6 CUSTOS.....100
7 MAPA DO TESOURO E CERTIFICADO.....100
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....103
REFERÊNCIAS.....104

1 INTRODUÇÃO

O bem inesgotável e mais precioso da humanidade é o conhecimento. Fazer ciência transcende os limites de uma sala de aula, por tais circunstâncias que foi elaborado a proposta de aulas sobre o magnetismo para o ensino fundamental I e II. As series iniciais tem grande impacto na transformação da vida de uma criança, por esse motivo e pela ausência de materiais voltados para esse contexto que se buscou a elaboração, desenvolvimento, aplicação e análise do Produto Educacional: Uma jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais.

Na visão abordada por Paulo Freire: "A educação tem caráter permanente. Não há seres educados e não educados. Estamos todos nos educando. Existem graus de educação, mas estes não são absolutos". (Freire, 2001, p. 35).

Nesta perspectiva de visão abordada por Paulo Freire, iniciamos nosso discurso e a construção deste trabalho, que tem por objetivo apresentar, orientar e auxiliar professores e alunos do Ensino Fundamental I e II, numa abordagem voltada à descoberta dos conceitos relacionados ao magnetismo dos materiais. Considerando que a educação é um processo contínuo e permanente, compreendemos como essencial o aprendizado diário de professores e estudantes, em uma constante espiral de desenvolvimento. Educar, nesse contexto, é desejar mais para poder oferecer mais.

Foi a partir dessa compreensão que elaboramos a proposta de desenvolver uma sequência de aulas com caráter lúdico, com o propósito de alcançar os corações de crianças que, por natureza, são pequenas cientistas. Como pressuposto norteador deste trabalho, nos baseamos também nas ideias de Jerome Bruner, que afirma ser possível ensinar qualquer conteúdo em qualquer etapa do desenvolvimento infantil, desde que sejamos honestos quanto aos nossos objetivos e estratégias (Moreira, 1999). Por que, então, não transpor conteúdos tradicionalmente presentes no final do Ensino Médio, como os conceitos do 3º ano, para as séries iniciais?

A escolha pelo tema aqui abordado surgiu da curiosidade, que reconhecemos como uma característica intrínseca às crianças, e do desejo de promover um aprendizado ativo. Conforme nos orienta Bruner, a criança deve se sentir parte integrante do processo de construção do próprio conhecimento. Por isso, perguntamo-nos: por que não utilizar essa predisposição natural em favor do ensino de Física, introduzindo conceitos de magnetismo no Ensino Fundamental I e II?

Como objeto de aprofundamento, optamos por trabalhar o conceito de campo magnético e as propriedades magnéticas dos materiais, conteúdos raramente abordados ao longo do ensino básico, e que geralmente são tratados apenas no 3º ano do Ensino Médio. O tema do magnetismo está respaldado nos documentos norteadores da Educação Básica brasileira, especialmente no Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP), dentro da unidade temática "Matéria e Energia", que contempla o estudo dos materiais, suas transformações e as fontes de energia. A essa abordagem se soma a perspectiva construtivista de Bruner, que valoriza o aluno como protagonista na construção do conhecimento, princípio também defendido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que propõem a experimentação e a investigação como estratégias centrais para a aprendizagem.

Para facilitar a compreensão, organizamos o Produto Educacional em cinco capítulos: este capítulo introdutório e mais quatro.

No segundo capítulo, apresentamos a estrutura do planejamento, composta pelo Plano de Unidade e pelos Planos de Aula.

No terceiro capítulo, inserimos os Formulários de Questões (FQs). Nesse capítulo, disponibilizamos o material que orienta as atividades, incluindo o questionário que os alunos utilizarão durante as aulas, com espaço destinado aos seus registros. Optamos por redigir os FQs e todos os textos de uso dos alunos em CAIXA ALTA, com o intuito de promover a inclusão na leitura, considerando que a maioria dos alunos no ensino fundamental I e II leem com mais facilidade nesse formato. Os FQs estão em branco, pois são destinados aos alunos. As respostas para o professor estão integradas ao desenvolvimento de cada Plano de Aula descrito na seção 2.2, sendo sinalizadas como Resposta do Professor (RP), posicionada após cada pergunta.

No quarto capítulo, desenvolvemos o estudo sobre o campo magnético e as propriedades magnéticas dos materiais conforme tratados na Unidade Didática, respectivos Plano de Unidade e Planos de Aula. No quinto capítulo, apresentamos a montagem dos aparatos dos experimentos e dos outros aparatos utilizados em cada aula dos 4 Momentos da Unidade Didática.

2 ESTRUTURA E PLANEJAMENTO

Este capítulo tem por finalidade apresentar a estrutura do Produto Educacional por nós desenvolvido para o estudo do campo magnético e das propriedades magnéticas dos materiais no Ensino Fundamental.

Nosso planejamento contempla uma Unidade Didática organizada em 4 Momentos distintos, que se complementam com o objetivo de promover a compreensão conceitual do magnetismo e de suas propriedades, com o uso do lúdico, à luz da proposta de aprendizagem por descoberta, conforme delineada por Bruner.

Tais Momentos foram concebidos para estimular o desenvolvimento cognitivo dos estudantes por meio de uma perspectiva investigativa e construtivista. Buscamos garantir que os alunos transitem pelos três modos de representação descritos por Bruner — ativo, icônico e simbólico — ao longo de cada atividade. Em cada etapa, priorizamos estratégias que favoreçam a motivação para a aprendizagem, promovam a economia cognitiva e fortaleçam a potência afetiva, elementos fundamentais à construção do conhecimento em um currículo em espiral (Moreira, 1999; Prass, 2012).

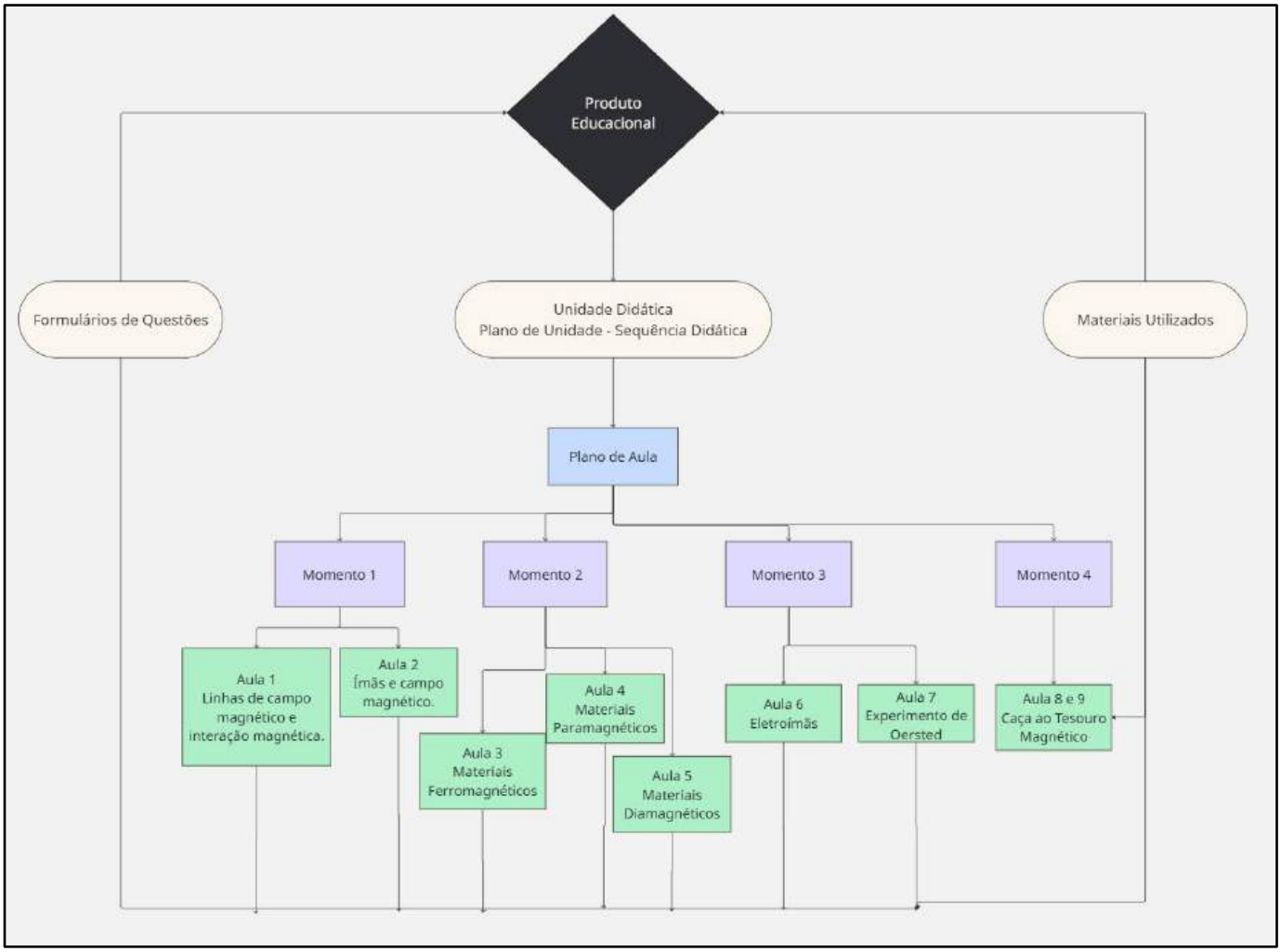
Durante todas as aulas, os estudantes são convidados a realizar experimentos guiados por roteiros elaborados e descritos dentro de cada plano de aula. Esses roteiros têm o propósito de conduzi-los à investigação ativa, à formulação de hipóteses e à elaboração de conclusões, sempre com o suporte mediador do professor.

Ao todo, estruturamos sete aulas experimentais que servem de base para as duas aulas finais, organizadas sob a forma de um jogo denominado Caça ao Tesouro Magnético. Nessas aulas de culminância, os alunos são desafiados a aplicar os conhecimentos construídos ao longo da sequência, realizando uma transposição conceitual para situações inéditas e instigantes. Essa proposta visa proporcionar uma experiência, que mobilize os aspectos cognitivos da aprendizagem, respeitando a idades dos alunos, e reafirmando os níveis de representação — ativa, icônica e simbólica — conforme proposto por Bruner (Moreira, 1999).

A seguir, apresentamos a estruturação completa do Produto Educacional, composta pelo Plano de Unidade e pelos Planos de Aula que o integram em todas as suas etapas. O Plano de Unidade foi sistematizado com o intuito de favorecer a aprendizagem

por descoberta, respeitando os diferentes níveis de desenvolvimento dos estudantes. A sequência está distribuída em quatro Momentos, totalizando nove aulas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema da Estrutura e da Organização do Produto Educacional



Fonte: o autor.

O Momento 1 é composto por duas aulas introdutórias. Na Aula 1, trabalhamos os conceitos iniciais de campo magnético e interação magnética a partir da adaptação do experimento conhecido como Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), além de introduzirmos a proposta das aulas para os alunos, explicando que eles fariam um curso de formação para piratas cientistas que ao final iriam fazer uma Caça ao Tesouro Magnético. Na Aula 2, conduzimos os alunos à compreensão da orientação do campo magnético ao redor de

um ímã de barra, utilizando o experimento com limalha de ferro como recurso visual e investigativo.

O Momento 2 abrange três aulas que têm por objetivo explorar as propriedades magnéticas dos materiais. Na Aula 3, abordamos o ferromagnetismo; na Aula 4, o paramagnetismo; e, por fim, na Aula 5, o diamagnetismo. Para essas atividades, realizamos adaptações didáticas baseadas em experimentos de três vídeos do canal Física Universitária, da UNIVESP, que tratam das diferentes propriedades magnéticas (Marques, 2017).

O Momento 3 é composto pelas Aulas 6 e 7, nas quais propomos aos alunos a compreensão da relação entre magnetismo e eletricidade. Por meio de atividades práticas, demonstramos que é possível gerar um campo magnético utilizando corrente elétrica em um fio condutor. Essa abordagem permite aos estudantes perceber a interdependência entre os fenômenos elétricos e magnéticos, ampliando sua compreensão sobre o eletromagnetismo.

Por fim, no Momento 4, encerramos nosso Produto Educacional com uma proposta lúdica e integradora que é o jogo: Caça ao Tesouro Magnético, desenvolvido nas Aulas 8 e 9. Nessas aulas, desafiamos os alunos a participarem de uma aventura investigativa na qual precisam resolver situações-problema relacionadas ao magnetismo e às propriedades magnéticas dos materiais. Cada ilha do jogo é concebida de forma a estimular os alunos a transitar pelos três modos de representação cognitiva — ativa, icônica e simbólica — conforme proposto por Bruner (Moreira, 1999), dentro de uma perspectiva de currículo em espiral atrelado aos objetivos da taxonomia de Bloom.

2.1 PLANO DE UNIDADE

PLANO DE UNIDADE

Unidade temática: Magnetismo e propriedade magnética dos materiais
Colégio/Escola:_____
Disciplina: Física para o Ensino Fundamental
Professor(a): Antonio Pereira dos Santos (autor)
Ano/Semestre 2024/2 (primeira aplicação)
Carga Horária 9h/aulas

COMPETÊNCIAS: De acordo com a Base Comum Curricular (Brasil, 2018)

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Entretanto, vale a observação de que essa competência possivelmente não seja completamente atingida na aplicação da atividade, mas ela é almejada.

HABILIDADES: De acordo com a Base Comum Curricular (Brasil, 2018)

(EF02CI01) Identificar de que materiais (metais, madeira, vidro etc.) são feitos os objetos que fazem parte da vida cotidiana, como esses objetos são utilizados e com quais materiais eram produzidos no passado.

(EF02CI02) Propor o uso de diferentes materiais para a construção de objetos de uso cotidiano, tendo em vista algumas propriedades desses materiais (flexibilidade, dureza, transparência etc.).

(EF05CI01) Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.

(EF07CI01) Discutir a aplicação, ao longo da história, das máquinas simples e propor soluções e invenções para a realização de tarefas mecânicas cotidianas.

Entretanto, vale a observação de que as habilidades citadas não sejam completamente atingidas na aplicação da atividade, mas elas também são almejadas. De qualquer forma, podemos ter a perspectiva de que elas sejam alcançadas parcialmente, a saber: EF02CI01, buscar trabalhar o reconhecimento dos materiais que compõem objetos do cotidiano, com ênfase nos metais e suas propriedades magnéticas; EF05CI01, focar especificamente na resposta dos materiais à força magnética e permitir aos alunos observar, na prática, como diferentes objetos interagem com o campo magnético; EF07CI01, introduzir o uso de dispositivos simples, como o eletroímã que envolve princípios físicos, porém sua aplicação histórica e a proposição de soluções para tarefas mecânicas cotidianas podem ser tratadas apenas de forma inicial e superficial.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial adotado foi a aprendizagem por descoberta de Bruner, onde o professor dá as possibilidades e ferramentas para que a descoberta seja alcançada pelo aluno propiciando-lhe a verificação dos conteúdos em vários níveis de representação, respeitando sua idade e nível de compreensão, que lhe possibilite apresentar evidências para atingir a economia e potência afetiva de conhecimento. relacionadas ao domínio de conhecimento, usando do currículo em espiral em todas os momentos da sequência didática (Moreira, 1999; Lefrançois, 2008; Prass, 2012).

OBJETIVO GERAL

Promover, junto aos alunos do Ensino Fundamental I e II, a construção dos conceitos básicos de magnetismo e campo magnético, suas propriedades e aplicações na vida cotidiana, por meio de atividades lúdicas e investigativas fundamentadas na teoria de ensino de Bruner apoiado na taxonomia de Bloom, e também a aplicação desses conhecimentos em situações concretas, a análise de fenômenos relacionados ao magnetismo e, progressivamente, a criação de soluções simples e representações próprias com base nas experiências vivenciadas, promovendo uma aprendizagem ativa e contextualizada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconhecer, por meio de experimentações lúdicas e investigativas, diferentes materiais quanto à sua capacidade de serem magnetizados, como também padrões e características comuns.
- Compreender o conceito de campo magnético e sua geração, com base em experimentos práticos realizados durante as atividades propostas.
- Explorar, por meio de atividades práticas e interativas, as interações entre ímãs e diferentes objetos magnetizáveis.
- Investigar as aplicações dos campos magnéticos na tecnologia e na vida cotidiana, relacionando os conhecimentos construídos nas experiências às situações reais e funcionais.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1.1 Linhas de campo magnético e interação magnética

1.2 Ímãs e campo magnético

1.3 Materiais ferromagnéticos

1.4 Materiais paramagnéticos

1.5 Materiais diamagnéticos

1.6 Eletroímãs: corrente elétrica gera campo magnético

1.7 Experimento de Oersted

1.8 Caça ao Tesouro Magnético

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Ocorre de forma continuada sendo:

- Qualitativa considerando a participação e interação dos alunos durante as aulas, experimentos e na atividade final que ocorre por meio do jogo: Caça ao Tesouro Magnético.
- Quantitativa por meio dos registros feitos pelos alunos em cada Formulário de Questões (FQs), que eles receberão no início de cada aula.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA E RECOMENDADA

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

FARIA, Rubens N.; LIMA, Luiz Felipe C. P. **Introdução ao magnetismo dos materiais.** São Paulo: Livraria da Física, 2005.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo.** Vol. 3. 10. ed. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual [recurso eletrônico].** 12. ed. Tradução: Trieste Freire Ricci. Revisão técnica: Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MARQUES, Gil da Costa. **Materiais diamagnéticos – Física Universitária.** UNIVESP, 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ej_Gyzpe3Cs. Acesso em: 20 jun. 2025.

MARQUES, Gil da Costa. **Materiais ferroelétricos – Física Universitária.** UNIVESP, 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Oh14tL18qWE. Acesso em: 20 jun. 2025.

MARQUES, Gil da Costa. **Materiais paramagnéticos – Física Universitária.** UNIVESP, 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mz4GGxE06vE. Acesso em: 20 jun. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

PRASS, Alberto Ricardo. Teorias de aprendizagem. [S.l.]: ScriniaLibris.com, 2012.

2.2 PLANOS DE AULAS

MOMENTO 1, PLANO DE AULA 1

IDENTIFICAÇÃO[1]

Colégio/Escola:_____

Disciplina: Física para o Ensino Fundamental

Professor: Antonio Pereira dos Santos (autor)

Ano/Semestre: 2024/2 (primeira aplicação)

Carga horária: 1 aulas (50 min)

ASSUNTO: Linhas de campo magnético e interação magnética.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Definir por meio dos experimentos os conceitos básicos relacionados ao campo magnético.
- Despertar por meio da experimentação a curiosidade das crianças sobre os fenômenos magnéticos.
- Investigar os efeitos dos fenômenos magnéticos por meios dos experimentos.

[1] Este cabeçalho, não será repetido nos planos seguintes.

1. Introdução

O professor antes de iniciar a aula explica aos alunos que eles irão fazer uma viagem rumo ao conhecimento do magnetismo. As aulas serão como uma formação para se tornarem "Piratas Cientistas" — personagens positivos — que, com base em conhecimentos sobre magnetismo, desvendariam enigmas em busca de um tesouro nas duas aulas finais.

2. Desenvolvimento

Na Aula 1, o professor deve entregar aos alunos o FQs que deverá ser respondido ao longo das aulas, leva também o experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998) desmontado junto com os demais materiais descritos no item 4 Recursos e faz a montagem na frente dos alunos ao mesmo tempo que os questiona:

Q1. Quais materiais você consegue perceber nesse experimento?

RP. Madeira, ímã, linha, lã de aço.

O professor então monta a Tesoura de Gauss conforme descrito na seção 5.1 deste Produto Educacional, e continua questionando os alunos:

Q2. Após a montagem, como a bolinha ficou posicionada em relação ao ímã?

RP. A bolinha foi atraída na direção do ímã.

Q3. Por que será que a bolinha está se comportando dessa maneira?

RP A bolinha está sendo atraída porque ela é feita de material ferromagnético e está próxima do campo magnético do ímã.

Nesse instante, o professor deve explicar aos alunos que a bolinha está sendo atraída pelo ímã porque existe algo que interage entre o ímã e a bolinha de lã de aço, e que não podemos ver nem sentir essa propriedade magnética, o professor explica que nós também temos propriedades magnéticas.

O professor então, explica aos alunos que possui uma tesoura que é capaz de modificar essa interação e mudar a posição da bolinha, a tesoura fica guardada até então.

O professor mostra aos alunos que a tesoura é feita de madeira, mas é muito especial, pois é capaz de interagir com o experimento.

Ao passar a tesoura simulando que está “cortando algo”. O professor explica que sua tesoura é capaz de fazer essa modificação na interação entre os objetos.

Nesse instante, espera-se que os alunos fiquem surpresos, pois a bolinha deixará de ser atraída pelo ímã.

Após essas observações, eles retornam ao FQs e respondem:

Q4. Por que ao utilizar a tesoura a bolinha mudou de posição?

RP. A tesoura modificou a interação magnética entre o ímã e a bolinha.

Q5. Depois que a tesoura simula cortar algo, por que a bolinha volta a interagir como no início?

RP. Porque a tesoura modificou a interação por um momento enquanto estava entre a bolinha e o ímã, ao retirar a tesoura a interação magnética volta a acontecer.

Q6. A nossa mão pode fazer a mesma coisa que a tesoura? Por quê? Pedir que os alunos testem a possibilidade.

RP. Não, a nossa mão não pode interagir da mesma maneira porque nossa mão não é feita de material ferromagnético.

Pedir que os alunos testem outros materiais para verificar se modificam a interação da mesma maneira que a tesoura.

Os alunos devem testar outras bolinhas de materiais diferentes que serão levados pelo professor, bolinha de isopor, de madeira, de vidro, de papel alumínio.

Q7. As outras bolinhas de diferentes materiais se comportaram da mesma maneira que a bolinha de aço? Por quê?

RP. Não. Porque as bolinhas não são feitas de material ferromagnético como a primeira.

Q8. O que faz com que a bolinha se comporte dessa maneira ao aproximar do ímã?

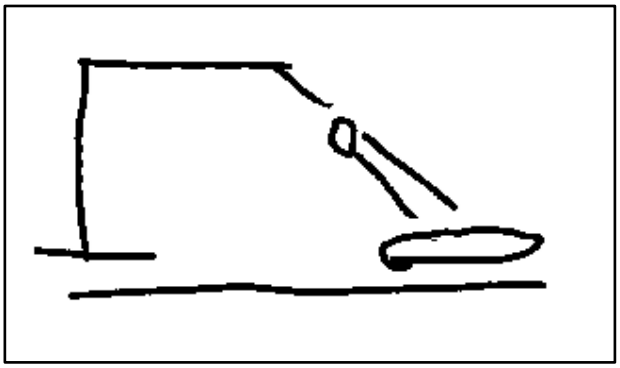
RP. Porque materiais ferromagnéticos são fortemente atraídos pelos ímãs, pois possuem domínios magnéticos mais alinhados.

Como os alunos conseguem identificar que há uma força que interage entre o ímã e o material ferromagnético da bolinha de aço eles são convidados imaginar e desenhar o que acham que atraí a bolinha de aço.

Q9. Desenhe o que você acha que está atraindo a bolinha em direção ao ímã.

RP. Desenho esperado Figura 2.

Figura 2 - Representação das linhas de campo



Fonte: o autor.

Ao final da aula, os alunos são levados a testarem a tesoura usada pelo professor a fim de identificar a interação que ela provoca e concluir suas observações sobre o que estava modificando a interação da bolinha com o ímã.

3. Avaliação

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   - Aparato da Base e Tesoura de Gauss.
   - Verificar na Montagem dos Experimentos descrito na secção 5.1.
   - Bolinha de isopor, de madeira e papel alumínio.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 1, PLANO DE AULA 2

ASSUNTO: Ímãs e campo magnético.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Listar por meio das anotações as propriedades básicas dos ímãs.

- Explicar por meio dos FQs como os ímãs interagem com diferentes materiais.
- Comparar por meio dos experimentos os campos magnéticos de diferentes tipos de ímãs.

1. Introdução

Antes de iniciar a aula o professor deve providenciar uma mesa com todos os objetos e experimentos que serão utilizados durante as 7 aulas inclusive a Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998) da Aula 1, materiais descritos no item 4. Recursos.

Nesta Aula 2 os alunos são apresentados ao conceito de ímã e como são formadas as linhas de campo magnético.

Ao iniciar a aula o professor deixa que os alunos se aproximem da mesa com os materiais e experimentos e manuseei-os, orientando-os para tomarem cuidado. Essa liberdade faz com que os alunos questionem o que cada objeto na mesa pode fazer, interagindo os ímãs com os materiais presentes, dando a oportunidade aos alunos de criarem hipóteses.

Após essa interação, os alunos retornam as mesas e o professor distribui os materiais que serão utilizados para o próximo momento de acordo com o desenvolvimento, os materiais estão descritos no recurso.

2. Desenvolvimento

Os alunos com o FQs em mãos seguem as orientações do professor:

- Aproxime um ímã de barra da caneta e depois do clip de papel.

Q1. O que aconteceu nos dois casos? A caneta e o clip se comportaram da mesma maneira ao aproximar do ímã?

RP. Não. A caneta não interagiu com o campo magnético do ímã por que ela não é feita de material ferromagnético, mas os clipes foram atraídos pelo campo magnético do ímã por serem de material ferromagnético.

- Agora aproxime o ímã das moedas

Q2. Ao aproximar as moedas do ímã, todas se comportaram da mesma maneira?

RP. Sim, todas as moedas foram atraídas pelo ímã, pois todas são feitas de material ferromagnético.

- Pegue a bússola e deixe-a parada sobre a mesa.

Q3. Descreva o que você vê na bússola, como ela é formada?

RP. É formada por uma agulha magnética apoiada sobre um eixo central apontando sempre para o norte geográfico da Terra.

- Aproxime um ímã de barra da bússola.

Q4. Ao aproximar o ímã de barra da bússola o que aconteceu?

RP. Ao aproximar o ímã, a agulha da bússola mudou de posição. Se alinhando ao campo magnético do ímã.

- Agora mude o ímã de posição.

Q5. Ao mudar o ímã de posição o que aconteceu com a agulha da bússola?

RP. A agulha da bússola mudou de posição também segundo o campo magnético do ímã.

- Agora gire a bússola em cima do ímã.

Q6. Ao girar a bússola em cima do ímã de barra o que aconteceu?

RP. A agulha magnética da bússola mudou de direção, pois estava alinhada ao campo magnético do ímã.

O professor, neste momento, deve explicar que o ímã é constituído de dois polos magnéticos denominados de polo norte e polo sul e que eles não podem ser separados.

Ímãs são materiais que possuem propriedades magnéticas capazes de atrair e repelir materiais com propriedades magnéticas e outros ímãs. E que foram descobertos há mais de 2000 anos pelos chineses que revolucionaram a navegação com a criação da bússola.

O professor explica que os ímãs podem ser classificados em três tipos principais. Os ímãs permanentes são aqueles que mantêm suas propriedades magnéticas por longos períodos. Os ímãs temporários adquirem propriedades magnéticas apenas por um curto período, geralmente quando estão sob a influência de um campo magnético externo, perdendo essa capacidade logo em seguida. E os eletroímãs produzem um campo magnético apenas quando há a passagem de corrente elétrica por um fio enrolado em torno de um núcleo metálico, como o ferro, sendo muito utilizados em dispositivos e na indústria.

O professor deve explicar ainda que ao aproximar ímãs de mesmo polo eles se repelem e aproximando ímãs de polo diferentes eles se atraem.

Neste momento, o professor deve entregar aos grupos um ímã de barra sem identificação de polos e uma bússola os alunos devem usar a bússola para identificar os polos do ímã em barra.

- Aproxime a bússola do ímã em barra e identifique o polo do ímã anotando em um papel e colando nas extremidades do ímã de barra.

O professor, então, explica a relação dos ímãs com as bússolas e a relação entre a atração magnética do planeta Terra.

Os alunos serão convidados a relembrar o experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), realizado na aula anterior, para compreender o conceito de interação magnética. Será explicado que a força que atrai a bolinha de lã de aço para o ímã é resultado dessa interação, que ocorre devido à presença de um campo magnético ao redor do ímã. Embora invisível, esse campo pode ser representado graficamente por linhas de campo magnético, que indicam a direção e o sentido. Essas linhas formam curvas fechadas ao redor do ímã. Essa representação ajuda a visualizar a estrutura do campo magnético, mesmo que ele não possa ser visto diretamente.

Os alunos devem realizar o próximo experimento das linhas de campo para compreender e identificar a formação das linhas.

Experimento limalha:

Os grupos receberão um ímã de barra, um pouco de limalha de ferro e uma folha de sulfite.

Os alunos devem colocar a folha de sulfite em cima do ímã de barra e colocar limalha de ferro sobre o papel.

Devem observar o comportamento da limalha sobre o papel e a interação com o ímã e responder o FQs.

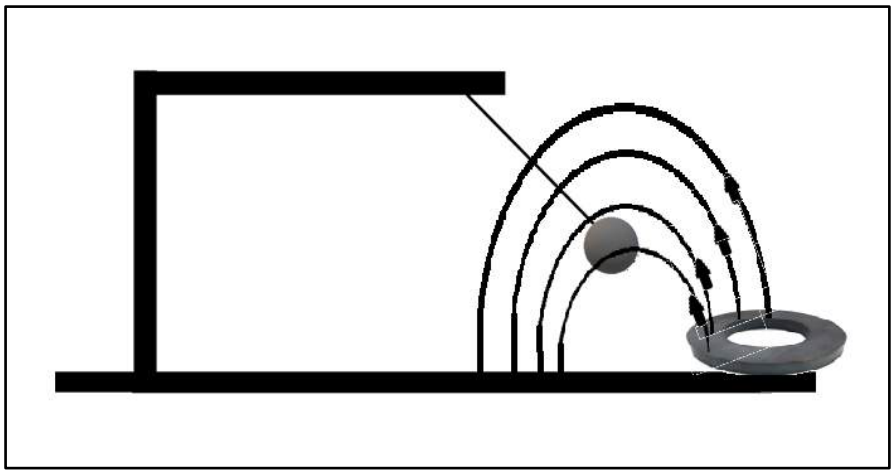
Q7. Como ficou a configuração (o desenho) da limalha no ímã de barra? Foi igual ao seu desenho da aula anterior?

RP. A limalha forma linhas fechadas ao redor do ímã traçando um padrão de linhas de campo magnético no espaço ao seu redor.

O professor explica a formação das linhas de campo e pede que os alunos observem se o desenho que eles fizeram na Aula 1 se parece com a orientação vista na limalha sobre o papel.

Apresentar no quadro aos alunos a configuração das linhas de campo e sua orientação, conforme a Figura 3.

Figura 1 – Aparato da Base da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura).



Fonte: Pimentel, 1998.

Após compararem os desenhos e discutirem sobre as linhas de campo magnético, os alunos devem agora repetir o experimento da limalha usando o ímã em forma de U e responder o FQs.

Q8. Como ficou o desenho na limalha de ferro no ímã em formato U?

RP. A limalha formou linhas fechadas ao redor do ímã traçando um padrão de linhas de campo magnético no espaço ao seu redor representando uma maior concentração nas extremidades onde o campo magnético é mais intenso.

Q9. São parecidas com as do ímã de barra?

RP. Sim. A limalha segue o padrão circular ao redor do ímã, traçando o padrão das linhas de campo onde se mostram mais intensas na superfície do ímã.

O professor continua orientando os alunos a realizarem os experimentos.

- Testem agora com o ímã de anel

Q10. Como a limalha se comportou no ímã de anel?

RP. A limalha formou um padrão circular ao redor do ímã traçando um padrão de linhas de campo magnético no espaço formando linhas fechadas ao seu redor a partir dos planos da face do ímã.

Q11. O que há parecido entre os três ímãs?

RP. A limalha formou um padrão circular ao redor dos ímãs traçando um padrão de linhas de campo magnético no espaço e formaram linhas fechadas ao seu redor a depender do plano de face de cada ímã.

O professor, neste momento, traz novamente o experimento da Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998) da Aula 1 e os alunos devem fazer os seguintes testes:

- Deixe a bolinha mais próxima do ímã, depois segurando a bolinha pela linha vá afastando devagar.

Q12. O que você consegue perceber ao afastar a bolinha a uma determinada distância do ímã?

RP. A intensidade do campo magnético vai diminuindo sobre a bolinha à medida que ela é afastada do ímã.

Q13. Existe diferença na interação da bolinha quando ela está bem próxima do ímã e quando ela está mais distante?

RP. Sim. Quando está mais perto a intensidade do campo magnético é maior e menor quando está mais longe do ímã.

Explicamos aos alunos que a intensidade do campo magnético é maior nas proximidades dos polos do ímã, onde há uma maior concentração de linhas de campo. Destacamos que, à medida que a bolinha ou qualquer objeto magnético, se afasta do ímã, a intensidade do campo diminui, pois, as linhas de campo tornam-se mais espaçadas. Ressaltamos ainda que essas linhas representam a direção e o sentido do campo magnético, formando trajetórias contínuas que se completam entre os polos, sem jamais se cruzarem.

3. Avaliação

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   Os materiais abaixo estarão dispostos sobre uma mesa para que os alunos possam manuseá-los antes das atividades dessa aula.

   - Ímãs diferentes tamanhos e formatos
   - Bússola
   - Eletroímã
   - Bolinhas de diferentes materiais: plástico, vidro, alumínio, aço e madeira
   - Solenoide, bobina, prego, água, clips de papel, caneta, moedas, pilhas de 1,5V e 9V

- Fio de cobre, limalha de ferro, papel sulfite, materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos
- Aparato da Base da Tesoura de Gauss
- Verificar na Montagem dos Experimentos descrito na secção 5.1

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 2, PLANO DE AULA 3

ASSUNTO: Materiais ferromagnéticos.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Compreender a partir dos experimentos realizados, as características que definem os materiais ferromagnéticos.
- Executar experimentos simples que permitam observar e interpretar o comportamento dos materiais ferromagnéticos.
- Comparar experimentalmente os materiais ferromagnéticos com outros tipos de materiais (por exemplo, não ferromagnéticos).

1. Introdução

Nessa Aula 3 do Momento 2, abordaremos as características dos materiais ferromagnéticos.

O professor deve providenciar previamente para os grupos os materiais descritos nos recursos deste plano de aula.

2. Desenvolvimento

Relembrando o experimento da Aula 2, Momento 1 o professor orienta os alunos a testarem novamente a interação entre os objetos que eles irão receber nessa aula.

O professor distribui o material para os grupos de alunos e pede que eles fiquem atentos as explicações para não perderem nenhuma etapa que é muito importante nesse processo.

O professor orienta:

- Antes de iniciar o experimento respondam:

Q1. Por que alguns objetos são atraídos pelo ímã e outros não?

RP. Porque alguns são ferromagnéticos. Outros materiais como alumínio não são.

Q2. Você consegue perceber alguma relação entre os materiais que são atraídos pelo ímã e os que não são?

RP. Sim, os materiais que são atraídos são ferromagnéticos e os que não são não possuem propriedades ferromagnéticas.

Aprendemos na aula anterior como um ímã é constituído. Os ímãs também são classificados entre permanentes, temporários e eletroímãs.

Os alunos seguem a orientação do professor para realizar o experimento:

- Peguem o prego e o aproxime dos clips de papel e respondam o FQs:

Q3. Ao aproximar o prego dos clipes o que aconteceu? Houve interação?

RP. Não aconteceu nada. Porque o prego não possui campo magnético como um ímã.

- Agora coloque o prego no ímã e depois aproxime o prego dos clipes.

Q4. Após colocar o prego no ímã e depois aproximar dos clipes o que aconteceu?

RP. Os clipes foram atraídos pelo prego por causa do campo magnético intenso do ímã.

Q5. Por que o prego se comportou dessa maneira?

RP. Porque ao aproximar o prego do ímã, os domínios magnéticos em seu interior se alinharam com o campo magnético do ímã tornando o prego um ímã temporário.

O professor segue as orientações:

- Retire o prego do ímã e teste novamente com os clips.

Q6. Depois de separar o prego do ímã, o prego continuou se comportando como antes? Houve diferença?

RP. Sim. O prego continuou com o campo magnético só que de forma menos intensa e foi diminuindo até voltar ao padrão anterior a exposição ao campo magnético do ímã, ou seja, desmagnetizado.

O professor deve explicar que esses materiais que são fortemente atraídos pelos ímãs são classificados como materiais ferromagnéticos, pois possuem em sua composição

ferro, níquel ou cobalto que são elementos químicos que interagem muito bem quando aproximados de um campo magnético.

O professor deve reforçar que o fato dos outros materiais não terem interagido com ímã não significa que eles não sejam magnéticos, ou seja, não exibam propriedades magnéticas, o que acontece é que materiais como plástico, vidro, madeira não são ferromagnéticos por não conter ferro, níquel e cobalto em sua composição ou por terem outras propriedades magnéticas.

3. Avaliação

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   - Prego de 12 cm.
   - Ímã de barra e neodímio.
   - Clipes para papel.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 2, PLANO DE AULA 4

ASSUNTO: Materiais paramagnéticos.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Compreender a partir dos experimentos realizados, as características que definem os materiais paramagnéticos.
- Executar experimentos simples que permitam observar e interpretar o comportamento dos materiais paramagnéticos.
- Comparar experimentalmente os materiais paramagnéticos com outros tipos de materiais (por exemplo, não paramagnéticos).

1. Introdução

Ao iniciar a Aula 4 o professor realiza a montagem do aparato de material paramagnético.

2. Desenvolvimento

O professor relembra aos alunos o que aconteceu entre a interação do ímã e o prego na Aula 3 do Momento 2. E após distribuir o FQs, lembra também aos alunos que existem ímãs que possuem o campo magnético muito forte como os ímãs de neodímio e que eles devem tomar cuidado ao manusear. Os alunos devem, então, aproximar o ímã de neodímio do frasco com papel alumínio e responder:

Q1. O que você percebe ao aproximar o ímã do frasco com papel alumínio?

RP. O alumínio é atraído pelo campo magnético do ímã.

Q2. O papel alumínio se comportou da mesma maneira que o prego ao aproximar do ímã?

RP. Não. Ele está sendo atraído com uma menor intensidade magnética.

Após isso o professor deixa que os alunos testem o experimento mudando a polaridade do ímã.

Q3. Ao mudar a polaridade do ímã houve diferença na interação?

RP. Não. O alumínio continuou sendo atraído pelo ímã com a mesma intensidade, mesmo mudando o polo.

O professor, então, explica que nos materiais paramagnéticos, os "ímãs internos" dos átomos estão todos bagunçados, apontando para direções diferentes. Por isso, eles não são atraídos com força por um ímã. Quando colocamos um campo magnético perto deles, esses momentos magnéticos tentam se alinhar, mas só um pouquinho e por pouco tempo. Assim, a atração é bem fraca e desaparece logo depois que o campo magnético é retirado.

E os alunos seguem respondendo o FQs.

Q4. O que é preciso fazer para que haja interação entre o ímã e os materiais paramagnéticos?

RP: Os materiais paramagnéticos por não possuírem magnetização precisam ser expostos a campos magnéticos externos para que ocorra o alinhamento dos domínios magnéticos com o campo.

3. Avalição

Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   Verificar no capítulo 5 Montagem dos Experimentos.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 2, PLANO DE AULA 5

ASSUNTO: Materiais diamagnéticos.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Identificar por meio do experimento materiais diamagnéticos.
- Associar por meio do experimento como os materiais diamagnéticos reagem a um campo magnético.
- Comparar por meio do experimento as propriedades dos materiais diamagnéticos com outros tipos de materiais magnéticos (paramagnéticos e ferromagnéticos).

1. Introdução

O professor inicia a Aula 5, comentando sobre mais uma propriedade magnética chamada de diamagnetismo.

O professor monta o aparato de material diamagnético contendo água dentro dos frascos.

2. Desenvolvimento

Os alunos aproximam o ímã de neodímio do frasco com água e respondem o FQs:

Q1. Ao aproximar o ímã do frasco com água ela se comportou como o prego ou como o papel alumínio?

RP. Não. A água foi repelida pelo campo magnético do ímã.

Q2. Ao mudar a polaridade do ímã a água mudou sua interação?

RP. Não. Mudando o polo do ímã a água continua sendo repelida.

O professor deve explicar que a água é um material diamagnético, ou seja, apresenta uma leve repulsão quando está próxima de campos magnéticos muito intensos. Isso acontece porque, nos materiais diamagnéticos, os átomos se organizam de um jeito que cria uma pequena força contrária ao campo magnético aplicado, fazendo com que sejam empurrados para longe dele.

Os alunos devem ser orientados a testar com outros ímãs além do neodímio.

Q3. Ao utilizar o ímã de ferrite os materiais se comportaram da mesma maneira?

R. Sim. A interação magnética ocorreu, mais foi observado que o ímã de ferrite possui um campo magnético mais fraco do que o ímã de neodímio.

O professor encerra a Aula 5 explicando que a água tem propriedades magnéticas repulsivas quando é aproximada de um campo magnético e materiais que possuem essa característica são classificados como diamagnéticos e que nós seres humanos possuímos também esta propriedade magnética, ou seja, exibe o diamagnetismo.

3. Avalição:

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   Verificar no capítulo 5 Montagem dos Experimentos.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 3, PLANO DE AULA 6

ASSUNTO: Eletroímã – corrente elétrica gera capo magnético.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Identificar visualmente as informações básicas sobre eletroímãs.

- Demonstrar experimentalmente o processo de criação de um campo magnético.
- Investigar por meio do experimento os fatores que afetam o campo magnético de um eletroímã.

1. Introdução

Iniciando o Momento 3, na Aula 6, os alunos irão testar o eletroímã de diferentes maneiras. O professor distribui previamente os materiais descritos nos recursos e o FQs aos alunos à medida que explica os conceitos desta aula.

O professor relembra aos alunos que os ímãs podem ser classificados em duas categorias: ímãs permanentes e ímãs temporários. Os ímãs permanentes são aqueles que mantêm suas propriedades magnéticas por um longo período, mesmo na ausência de um campo magnético. E os ímãs temporários perdem essa propriedade com mais facilidade, deixando de interagir magneticamente após certo tempo ou quando o campo que os magnetizou é removido. Esse conceito foi trabalhado anteriormente na Aula 3 do Momento 2 deste Produto Educacional.

2. Desenvolvimento

Nesta aula vamos compreender que é possível utilizar materiais para criar um ímã.

O professor após distribuir os materiais aos grupos de alunos, os orienta a executarem as atividades seguintes e responderem o FQs:

- Aproximem o prego dos clipes.

Q1. Ao aproximar o prego dos clipes o que aconteceu?

RP. Não houve interação, pois o prego não está magnetizado.

- Enrole o fio de cobre no prego e aproxime ele dos clipes.

Q2. Ao encostar o prego enrolado ao fio de cobre houve interação magnética com os clipes?

RP. Não aconteceu nada.

O professor então faz a montagem e liga o prego enrolado no fio à pilha.

Q3. Ao aproximar o prego dos clipes com o fio ligado à pilha houve mudança na interação?

RP. Ao ligar o fio na pila, os clipes foram atraídos pelo prego.

Q4. O que mudou em relação ao prego na primeira etapa do experimento?

R. Os clipes só foram atraídos por que o prego estava ligado a pilha.

Q5. Por que o prego só se comporta como um ímã quando está ligado a pilha?

RP. Porque ao ligar o fio à pilha uma corrente elétrica passa a percorrer o fio que faz surgir um campo magnético ao redor.

Agora o professor orienta os alunos a testarem somente a bobina ligada sem o prego.

Q6. Ao aproximar a bobina ligada sem o prego dos clipes houve interação?

RP. Não. Precisa do prego para que o campo magnético fique mais uniforme, direcional e intenso no interior das espiras.

Q7. Houve diferença na atração dos clipes nas três situações?

RP. Sim, o campo magnético surgiu após a passagem da corrente elétrica pelo fio e para que o campo magnético ficasse mais intenso é necessário um núcleo de ferro na espira.

O professor, então, questiona os alunos se é possível tornar qualquer material um ímã?

- Pedir que eles testem outros materiais da mesa, como vidro, plástico, madeira.

O professor encerra a aula reforçando aos alunos que o eletroímã é um dispositivo capaz de gerar um campo magnético a partir da passagem de corrente elétrica por um fio condutor enrolado em torno de um núcleo de ferro. Destaca, ainda, que os eletroímãs são amplamente utilizados no cotidiano, estando presentes em diversos equipamentos como motores elétricos, por exemplo.

3. Avaliação

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   Verificar no capítulo 5 Montagem dos Experimentos.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 3, PLANO DE AULA 7

ASSUNTO: Experimento de Oersted.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Identificar por meio do FQs os elementos principais do experimento de Oersted.
- Relacionar por meio do experimento o surgimento de campos magnéticos.
- Comparar os resultados por meio do experimento com os campos magnéticos dos ímãs.

1. Introdução

Ao iniciar a Aula 7, o professor relembra como o campo magnético surge quando um fio é percorrido por corrente elétrica vista na Aula 6.

2. Desenvolvimento

O professor apresenta para os alunos o experimento de Oersted

Os alunos devem colocar a bússola no experimento com o fio de cobre desligado da bateria, observá-la após alguns segundos, logo depois ligar o fio a pilha e responder o FQs.

Q1. Como estava a agulha da bússola antes de ligar o fio a pilha?

RP. A agulha da bússola estava apontando para o norte geográfico.

Q2. O que aconteceu com a agulha da bússola após ligar o fio a pilha?

RP: A agulha mudou de direção em relação ao norte geográfico.

Q3. Por que ela se comportou assim?

RP. Ao passar corrente elétrica pelo fio, surgiu um campo magnético ao redor do fio que interage com a agulha da bússola fazendo ela se opor ao campo magnético terrestre.

Q4. Você consegue perceber uma relação da bússola quando foi aproximada de um ímã nas aulas anteriores e agora quando o fio é ligado?

RP. Sim. O ponteiro da bússola muda de posição para alinhar com o campo magnético do ímã assim como quando ligamos o fio à pilha. Criou-se um campo magnético a partir de uma corrente elétrica.

Q5. O que surge ao redor do fio ligado à pilha?

RP. Surge um campo magnético ao redor do fio pelo movimento da corrente elétrica.

Q6. Você consegue perceber relação entre a eletricidade e o magnetismo? Como?

RP. Sim. Com a corrente é possível criar ímãs temporários.

Antes de finalizarmos essa aula, contaremos a história do Pirata Diamagnético aos alunos para deixá-los por dentro da aventura que eles irão vivenciar nas Aulas 8 e 9.

Capitão Dia Magnético em busca do tesouro magnético

Há muito tempo, em uma era em que os mares eram dominados por bravos piratas, havia um capitão como nenhum outro. Seu nome era Capitão Dia Magnético, conhecido não apenas por sua destreza na arte da pirataria, mas também por sua incrível habilidade com o magnetismo.

Capitão Dia Magnético não era como os piratas comuns. Enquanto outros buscavam apenas riquezas e glória, ele tinha um coração generoso, um espírito aventureiro e cientista. Sua jornada o levou até uma ilha misteriosa, repleta de enigmas e segredos ocultos.

Ao explorar a ilha, Capitão Dia Magnético descobriu que os antigos habitantes da região haviam deixado pistas e desafios que só poderiam ser resolvidos com o conhecimento do magnetismo. Com seus instrumentos especiais e seus amigos piratas, ele decifrava os enigmas magnéticos, desvendando os mistérios da ilha.

Em sua jornada, Capitão Dia Magnético enfrentou tempestades furiosas, batalhas contra outros piratas gananciosos e armadilhas engenhosas deixadas pelos antigos habitantes da ilha. Mas com sua inteligência e compaixão, ele sempre encontrava uma maneira de superar os desafios.

Com o passar do tempo, Capitão Dia Magnético ganhou a confiança dos habitantes da ilha, que o ajudaram em sua busca pelo tesouro escondido. Juntos, eles exploraram cavernas escuras, ruínas antigas e selvas perigosas, sempre confiando no conhecimento do magnetismo para guiá-los.

Finalmente, após muitas aventuras e provações, Capitão Dia Magnético e sua equipe encontraram o tesouro perdido. Mas em vez de guardar toda a riqueza para si mesmo, ele compartilhou com os habitantes da ilha, ajudando a melhorar suas vidas e a comunidade como um todo.

E assim, o nome de Capitão Dia Magnético ficou marcado na história não apenas como um grande pirata, mas como um herói que usou seu conhecimento e habilidade para fazer o bem e inspirar outros a seguirem o mesmo caminho.

3. Avaliação

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

4. Recursos

   Verificar no capítulo 5 Montagem dos Experimentos.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

   Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

MOMENTO 4, PLANO DE AULA 8 E 9

ASSUNTO: Uma aventura pirata de caça ao tesouro magnético.

REFERENCIAL TEÓRICO: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES: Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

OBJETIVOS:

- Identificar e classificar, por meio do jogo, diferentes materiais de acordo com sua interação magnética (ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos).
- Relacionar os fenômenos magnéticos estudados ao longo das aulas com as etapas da Caça ao Tesouro Magnético, aplicando os conceitos já explorados de forma contextualizada.
- Aplicar corretamente os conhecimentos sobre interação magnética durante o jogo, utilizando-os na resolução de problemas propostos na Caça ao Tesouro Magnético.
- Explicar com clareza e segurança, durante a realização das atividades, os fenômenos magnéticos envolvidos em cada etapa do jogo, promovendo a troca de conhecimentos entre os participantes.
- Comparar as diferentes interações magnéticas observadas no jogo, analisando como esses fenômenos estão presentes no cotidiano.
- Elaborar estratégias colaborativas para alcançar os objetivos propostos no jogo, utilizando o raciocínio lógico, a experimentação e os conceitos de magnetismo de forma integrada.

1. Introdução

Neste Momento 4, nas Aulas 8 e 9, os alunos serão levados a fazer uma reflexão de tudo que aprenderam até aqui, sobre as diferentes maneiras de utilização do ímã e como diferentes materiais interagem com o campo magnético do ímã.

O professor, então, separa os grupos e avisa aos alunos que hoje é o grande dia da formatura deles. Após todas essas aulas de formação para se tronarem piratas cientistas, eles deverão participar de um jogo: Caça ao Tesouro Magnético, que está dividido em 6 etapas.

O professor deve apresentar aos alunos a função de cada tripulante da embarcação pirata, fazendo a divisão que cada aluno irá representar segundo seu perfil ou escolha.

O navio pirata só consegue desbravar mares e conquistar seus tesouros porque tem uma tripulação muito eficiente, ágil, inteligente e pronta para enfrentar qualquer desafio, utilizando de conceitos e habilidades que são características importantes de um pirata cientista. Então, para que nossa aventura comece, escolha seu personagem de acordo com suas características ou habilidades.

Tripulantes: cada navio tem vários elementos científicos muito importantes para o bom funcionamento do navio quer esteja em tempo calmo ou enfrentando tempestades. O tripulante está pronto para ajudar no que for preciso.

Capitão: o(a) capitão(capitã) deverá ser escolhido(a) entre o grupo, sendo responsável por guiá-los durante todo o percurso de formação de piratas cientistas.

Imediato: pessoa responsável por coletar as recompensas do grupo para ser utilizada em momento oportuno.

Mestre do navio: o mestre tem a função de guiar os membros fazendo a leitura correta do mapa e das pistas.

Carpinteiro: sua habilidade principal e consertar e inventar novas ferramentas.

Criado-de-bordo: sua habilidade é a criatividade em situações difíceis.

Pirata Experiente: é o professor(a) que seguirá junto com a equipe, analisando seu desempenho, contabilizando o tempo e julgando algumas respostas apresentadas por eles na 4ª e 6ª ilha.

Tripulação formada! Então, peguem seus mapas, bússola e vamos a caça ao Tesouro!

Eles deverão seguir o roteiro descrito no desenvolvimento que será apresentado pelo professor que os acompanhará durante toda a atividade, uma sequência que irá testar os conhecimentos adquiridos por eles ao longo dessa jornada.

É importante que o professor deixe determinado na aula anterior quem representará cada personagem.

2. Desenvolvimento

Após dividir os grupos e fazer o sorteio da ordem de realização do jogo

O professor lembra que enquanto ele acompanha o primeiro grupo na Caça ao Tesouro Magnético fazendo a avaliação os outros dois grupos ficarão na sala com a outra professora confeccionando o Livro dos Piratas da sua equipe.

Abaixo segue o texto de orientação para o professor.

Caça ao Tesouro Magnético

Instruções do jogo:

Inicialmente a turma está dividida em 3 equipes.

Cada equipe começará o desafio com um pote com 10 moedas.

Os desafios deverão ser resolvidos em 5 minutos.

Se a equipe resolver o desafio e ainda sobrar tempo. A equipe ganhará uma moeda para cada minuto que sobrou.

Se o tempo acabar a equipe perde uma moeda para cada minuto passado a mais. E o professor revela o enigma.

Ao conseguir pegar o baú a equipe não abrirá até as outras equipes fazerem o mesmo desafio.

No final será contabilizado o tempo gasto pela equipe e as moedas que eles conseguiram ao longo do desafio.

Ganha, quem fizer em menos tempo e tiver mais moedas.

O professor acompanhará a equipe durante todo o desafio para avaliar suas respostas e desempenho durante a atividade.

As duas esquipes que inicialmente não estão participando do jogo, ficarão com a professor(a) regente confeccionando o Livro dos Piratas da sua equipe, proposto como atividade final de fichamento. O professor(a) regente é um outro professor que possa auxiliar nesta etapa da aplicação do Produto Educacional.

Quando a primeira equipe tiver terminado o jogo, esta irá confeccionar seu livro com a professor(a) regente, enquanto outro grupo acompanha o professor para começar a resolver o desafio.

Após as três equipes terem resolvido os desafios e contabilizar o tempo, saberemos qual equipe ganhou o 1º lugar, 2º lugar e 3º lugar para fazer a Formatura dos Piratas.

Nesse momento, eles abrirão os baús e resgatarão o tesouro de sua equipe.

Abaixo temos a descrição de cada desafio em cada Ilha. Essa descrição deve ser lida pelo professor que os acompanhará em cada ilha, durante todo o jogo

1ª ILHA – ILHA DAS INTERAÇÕES:

Nesta ilha, toda sua tripulação foi presa num labirinto muito difícil por piratas maus que os impedem de avançar em busca do tesouro magnético.

Você capitão deve usar sua ferramenta magnética para tirar as bolinhas do labirinto tomando o cuidado para não ficarem presos em armadilhas de piratas maus e, assim, libertar seus amigos do labirinto. Ao concluir a atividade em tempo hábil, o navio pirata: Garante 2 moedas. Se não conseguir sair do labirinto perde 2 moedas.

2ª ILHA – ILHA DAS CARACTERÍSTICAS:

Após vencer o temido labirinto, os piratas pegam seu navio em direção a próxima ilha. Ao chegar na segunda ilha, piratas maus acabam prendendo o Imediato na caverna da caveira.

O restante dos tripulantes deve resolver o mistério da ilha: encontrar os objetos paramagnéticos, ferromagnéticos e diamagnéticos na ilha e separá-los em seus barris corretos.

Nesta ilha encontram-se 6 objetos. Sendo: 2 paramagnéticos, 2 diamagnéticos e 2 ferromagnéticos, vocês deverão encontrá-los e colocá-los em seus barris corretos. Ao resolver o enigma corretamente, o navio pirata ganhará 2 moedas e libertará o Imediato da mão dos piratas maus. Se a resposta estiver errada, o navio pirata perde 2 de suas moedas e avança sem o imediato.

3ª ILHA – ILHA DO CONHECIMENTO:

Ao chegar na 3ª ilha, se vocês tiverem conseguido recuperar seu companheiro Imediato, vocês terão mais facilidade em solucionar os problemas que encontrarão. Ao chegar na 3ª ilha, vocês devem folear o Livro da Sabedoria Piratiana. Neste livro, encontram-se

pistas e respostas para os enigmas e desafios das próximas ilhas. Mas, para abrir o livro, vocês precisam encontrar a chave.

Vocês vão encontrar materiais que poderão ser utilizados nessa busca.

Com o livro aberto, o enigma resolvido, e as pistas garantidas. Vocês conquistam mais 2 moedas.

Lembrem-se sempre de pedir ajuda ao mestre do navio para saber para onde deverão ir.

4ª ILHA – ILHA DAS POSSIBILIDADES:

Os piratas maus estão em busca do mesmo tesouro que vocês e, para isso, eles irão fazer de tudo para atrapalhar a sua caçada. Metade de sua tripulação foi presa por piratas maus e vocês devem ajudar a resgatá-los.

Com essa solução do enigma você também liberta o Imediato que ficou preso na 2ª ilha, caso vocês não tenham conseguido libertá-lo.

Nesta ilha, os piratas devem trabalhar todos juntos para conseguirem resolver o enigma na montagem dos quebra-cabeças. Paciência, atenção e companheirismo são fundamentais nesta ilha. Você já está na metade do caminho.

Regra: nem tudo o que parece é ao montar o quebra-cabeça.

Após resolver o enigma, vocês terão uma regra importantíssima nessa ilha, será a responsabilidade de um pirata mais experiente explicar para os novatos, alunos que não são alfabetizados, e para o Imediato os fenômenos que encontraram no quebra-cabeça.

Nesta ilha, há um Pirata Experiente, o professor, que irá julgar a explicação que os piratas darão sobre as interações magnéticas que estão acontecendo na ilha. Ele julgará se vocês avançarão para próxima ilha ou não.

Concluindo o desafio, o navio pirata ganha mais 2 moedas

Se o Pirata Experiente julgar incompleta a explicação eles perderão 2 moedas.

5ª ILHA – ILHA DAS TEMPESTADDES MAGNÉTICAS:

Após vencer os desafios anteriores, vocês se direcionam para a próxima ilha. Mas, nos mares turbulentos, seu navio enfrenta uma violenta e furiosa tempestade. Os ventos estão muito fortes que todos os cabelos e barba dos piratas foram arrancados. Com seus poderes magnéticos, sua tarefa para avançar de ilha e conquistar moedas será arrumar os cabelos e barbas dos piratas.

Vocês terão um retrato para realizar a tarefa. Sejam rápidos e fiquem atentos!

Tarefa concluída garante 2 moedas.

Não concluída, perde 2 moedas.

6ª ILHA – ILHA DO TESOURO MAGNÉTICO:

Chegando na ilha do tesouro, os piratas terão que resolver mais um enigma e de forma mais rápida possível.

Vocês encontrarão 3 barquinhos para atravessar o rio que separa vocês da caverna onde está o tesouro.

Vocês deverão levar os barquinhos ao outro lado no menor tempo possível, identificando se a interação entre o material do barco e o ímã é de atração ou repulsão e classificar os materiais em ferromagnético, paramagnético ou diamagnético. Ao concluir o desafio, vocês podem, enfim, desfrutar do tesouro magnético que acabam de conquistar.

Mas, atenção! Ele será aberto apenas quando as outras equipes resolverem o mesmo desafio concluindo o jogo.

A seguir, temos os objetivos dos desafios propostos em cada ilha, os quais são colocados em cada ilha para facilitar a interação e a compreensão por parte dos estudantes. Esses objetivos também podem ser escritos no quadro de cada sala, de forma visível, orientando os alunos na realização das atividades propostas. Os textos estão redigidos em caixa alta com o propósito de facilitar a leitura, considerando as diferentes etapas de desenvolvimento e os níveis de alfabetização dos alunos envolvidos.

JOGO:

1ª ILHA

OBJETIVO: NO MENOR TEMPO POSSÍVEL, LEVAR AS BOLINHAS QUE REPRESENTAM SUA TURMA DE PIRATAS ATÉ O FIM DO LABIRINTO, SE PREOCUPANDO EM NÃO DEIXAR NINGUÉM PARA TRÁS. TOME CUIDADO, SE VOCÊ PERDER ALGUM TRIPULANTE PARA PIRATAS MAUS VOCÊ TERÁ DUAS ESCOLHAS. VOLTAR AO INÍCIO OU DEIXAR SEU COMPANHEIRO PARA TRÁS. CUIDADO COM O TEMPO!

2ª ILHA

OBJETIVO: VOCÊS DEVEM ENCONTRAR OS OBJETOS NA ILHA, DEPOIS DEVEM ENTRAR NUM CONSENSO PARA CLASSIFICÁ-LOS E COLOCÁ-LOS EM SEUS BARRIS CORRETOS.

3ª ILHA

OBJETIVO: ENCONTRAR A CHAVE PARA ABRIR O LIVRO E CONSEGUR RESOLVER OS PRÓXIMOS ENIGMAS.

4ª ILHA

OBJETIVO: RESOLVER O QUEBRA-CABEÇA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL.

UMA TAREFA IMPORTANTE NESSA ILHA É QUE UM PIRATA DEVERÁ EXPLICAR OS FENÔMENOS QUE SÃO VISTOS NO QUABRA-CABEÇA PARA OUTRO PIRATA.

5ª ILHA

OBJETIVO: COMPLETAR O RETRATO O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL.

6ª ILHA

PARABÉNS, VOCÊ CHEGOU NO DESAFIO FINAL.

OBJETIVO: LEVAR OS BARCOS AO OUTRO LADO DO RIO NO MENOR TEMPO POSSÍVEL IDENTIFICANDO SUAS INTERAÇÕES MAGNÉTICAS E SUAS PROPRIEDADES FERROMAGNETISMO, PARAMGNETISMO E DIAMAGNETISMO.

O professor deve providenciar a impressão das quatro perguntas abaixo para cada equipe e, também, deixar um lápis acessível para a equipe responder na 6ª ilha.

1) PARA O BARQUINHO COM GRAFITE, ASSINALE A ALTERNATIVA CORRETA.

O GRAFITE PODE SER CLASSIFICADO COMO:

( ) FERROMAGNÉTICO

( ) DIAMAGNÉTICO

( ) PARAMAGNÉTICO

2) PARA O BARQUINHO COM PAPEL ALUMÍNIO, ASSINALE A ALTERNATIVA CORRETA.

O PAPEL ALUMÍNIO PODE SER CLASSIFICADO COMO:

( ) FERROMAGNÉTICO

( ) DIAMAGNÉTICO

( ) PARAMAGNÉTICO

3) PARA O BARQUINHO COM A MOEDA, ASSINALE A ALTERNATIVA CORRETA.

A MOEDA PODE SER CLASSIFICADA COMO:

( ) FERROMAGNÉTICO

( ) DIAMAGNÉTICO

( ) PARAMAGNÉTICO

4) APÓS LEVAR OS BARCOS PARA O OUTRO LADO, RELACIONE AS INTERAÇÕES CORRETAMENTE.

( )FERROMAGNÉTICO

( )PARAMAGNÉTICO

( )DIAMAGNÉTICO

1. SÃO FRACAMENTE ATRAÍDO PELO CAPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ.
2. SÃO REPELIDOS PELO CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ.
3. SÃO FORTEMENTE ATRAÍDOS PELO CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ.

No Quadro 1 apresentamos uma tabela para ser utilizada pelo professor para marcar o tempo durante todo o jogo de cada equipe.

Quadro 1 - Tabela de avaliação para o professor

Equipe_____

ILHA	TEMPO	DURAÇÃO	SALDO	DÉFICT	MOEDAS
1ª ILHA	5:00 min				
2ª ILHA	5:00 min				
3ª ILHA	5:00 min				
4ª ILHA	5:00 min				
5ª ILHA	5:00 min				
6ª ILHA	5:00 min				
TOTAL	30:00 min				

Fonte: o autor.

3. Avaliação

A avaliação acontece durante toda a aula, em dois aspectos: avaliação qualitativa, a partir das observações e comentários feitos pelos alunos na interação com os experimentos, no interesse e na interação entre os alunos; a avaliação quantitativa deve ser feita por meio das perguntas respondidas na última ilha e pela confecção dos livros pelos alunos durante toda a aula.

4. Recursos:

- FQs
- Labirinto e caneta magnética
- Barris e objetos ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos
- Livro da Sabedoria Piratiana
- Quebra cabeça magnético
- Retrato pirata
- Barcos e baús do tesouro

Orientação de montagem dos jogos das 6 ilhas estão no capítulo 5 Montagem dos experimentos.

5. Bibliografia Consultada e Recomendada

Verificar no Plano de Unidade descrito na seção 2.1.

3 FORMULÁRIOS DE QUESTÕES (FQs)

Neste capítulo, apresentamos os Formulários de Questões (FQs), que têm por finalidade orientar e esclarecer aspectos relacionados à execução de cada etapa, experimento e avaliação desenvolvidos ao longo das aulas que compõem este Produto Educacional. Utilizamos os FQs como principal instrumento de avaliação quantitativa aplicada aos alunos, bem como como fonte de coleta de dados para análise por parte do professor. Nesta seção, disponibilizamos os FQs sem as respostas, com o intuito de viabilizar seu uso direto pelos estudantes. As respectivas respostas encontram-se detalhadas no Plano de Aula, como RP (Resposta Provável) descrito na seção 2.2 deste trabalho.

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 1

TEMA: LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO E INTERAÇÃO MAGNÉTICA

EXPERIMENTO TESOURA DE GAUSS

Q1. QUAIS MATERIAIS VOCÊ CONSEGUE PERCEBER NESSE EXPERIMENTO?

_____

_____

_____

Q2. APÓS A MONTAGEM, COMO A BOLINHA FICOU POSICIONADA EM RELAÇÃO AO ÍMÃ?

_____

_____

_____

Q3. POR QUE QUE A BOLINHA ESTÁ SE COMPORTANDO DESSA MANEIRA?

_____

_____

_____

Q4. POR QUE AO UTILIZAR A TESOURA A BOLINHA MUDOU DE POSIÇÃO?

_____

_____

_____

Q5. DEPOIS QUE A TESOURA SIMULA CORTAR ALGO, POR QUE A BOLINHA VOLTA A INTERAGIR COMO NO INÍCIO?

_____

_____

_____

Q6. A NOSSA MÃO PODE FAZER A MESMA COISA QUE A TESOURA? POR QUÊ?

_____

_____

_____

Q7. AS OUTRAS BOLINHAS DE DIFERENTES MATERIAIS SE COMPORTARAM DA MESMA MANEIRA QUE A BOLINHA DE AÇO? POR QUÊ?

_____

_____

_____

Q8. O QUE FAZ COM QUE A BOLINHA SE COMPORTE DESSA MANEIRA AO APROXIMAR DO ÍMÃ?

_____

_____

_____

Q9. DESENHE O QUE VOCÊ ACHA QUE ESTÁ ATRAÍNDO A BOLINHA EM DIREÇÃO AO ÍMÃ.

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 2

TEMA: ÍMÃS E CAMPOS MAGNÉTICOS

Q1. O QUE ACONTECEU NOS DOIS CASOS? A CANETA E O CLIP SE COMPORTARAM DA MESMA MANEIRA AO APROXIMAR DO ÍMÃ?

_____

_____

_____

Q2. AO APROXIMAR AS MOEDAS DO ÍMÃ, TODAS SE COMPORTARAM DA MESMA MANEIRA?

_____

_____

_____

Q3. DESCREVA O QUE VOCÊ VÊ NA BÚSSOLA, COMO ELA É FORMADA?

_____

_____

_____

Q4. AO APROXIMAR O ÍMÃ DE BARRA DA BÚSSOLA O QUE ACONTECEU?

_____

_____

_____

Q5. AO MUDAR O ÍMÃ DE POSIÇÃO O QUE ACONTECEU COM A AGULHA DA BÚSSOLA?

_____

_____

_____

Q6. AO GIRAR A BÚSSOLA EM CIMA DO ÍMÃ DE BARRA O QUE ACONTECEU?

_____

_____

_____

Q7. COMO FICOU A CONFIGURAÇÃO (O DESENHO) DA LIMALHA NO ÍMÃ DE BARRA? FOI IGUAL AO SEU DESENHO DA AULA ANTERIOR?

_____

_____

_____

Q8. COMO FICOU O DESENHO NA LIMALHA NO ÍMÃ EM FORMATO U?

_____

_____

_____

Q9. ELAS SÃO PARECIDAS COM O ÍMÃ DE BARRA?

_____

_____

_____

Q10. COMO A LIMALHA SE COMPORTOU NO ÍMÃ DE ANEL?

_____

_____

_____

Q11. O QUE HÁ PARECIDO ENTRE OS TRÊS ÍMÃS?

_____

_____

_____

Q12. O QUE VOCÊ CONSEGUE PERCEBER AO AFASTAR A BOLINHA A UMA DETERMINADA DISTÂNCIA DO ÍMÃ?

_____

_____

_____

Q13. EXISTE DIFERENÇA NA INTERAÇÃO DA BOLINHA QUANDO ELA ESTÁ BEM PRÓXIMA DO ÍMÃ E QUANDO ELA ESTÁ MAIS DISTANTE?

_____

_____

_____

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 3

TEMA: MATERIAIS FERROMAGNÉTICOS

Q1. POR QUE ALGUNS OBJETOS SÃO ATRAÍDOS PELO ÍMÃ E OUTROS NÃO?

_____

_____

_____

Q2. VOCÊ CONSEGUE PERCEBER ALGUMA RELAÇÃO ENTRE OS MATERIAIS QUE SÃO ATRAÍDOS E OS QUE NÃO SÃO?

_____

_____

_____

Q3. AO APROXIMAR O PREGO DOS CLIPES O QUE ACONTECEU? HOUVE INTERAÇÃO?

_____

_____

_____

Q4. APÓS COLOCAR O PREGO NO ÍMÃ E DEPOIS APROXIMAR DOS CLIPES O QUE ACONTECEU?

_____

_____

_____

Q5. POR QUE O PREGO SE COMPORTOU DESSA MANEIRA?

_____

_____

_____

Q6. DEPOIS DE SEPARAR O PREGO DO ÍMÃ, O PREGO CONTINUOU SE COMPORTANDO COMO ANTES? HOUVE DIFERENÇA?

_____

_____

_____

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 4

TEMA: MATERIAIS PARAMAGNÉTICOS.

Q1. O QUE VOCÊ PERCEBE AO APROXIMAR O ÍMÃ DO FRASCO CONTENDO PAPEL ALUMÍNIO?

_____

_____

_____

Q2. O PAPEL ALUMÍNIO SE COMPORTOU DA MESMA MANEIRA QUE O PREGO AO APROXIMAR DO ÍMÃ?

_____

_____

_____

Q3. AO MUDAR A POLARIDADE DO ÍMÃ HOUVE DIFERENÇA NA INTERAÇÃO?

_____

_____

_____

Q4. O QUE É PRECISO PARA QUE HAJA INTERAÇÃO ENTRE O ÍMÃ E OS MATERIAIS PARAMGNÉTICOS?

_____

_____

_____

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 5

TEMA: MATERIAIS DIAMAGNÉTICOS

Q1. AO APROXIMAR O ÍMÃ DO FRASCO COM ÁGUA ELA SE COMPORTOU COMO O PREGO OU COMO O PAPEL ALUMÍNIO?

_____

_____

_____

Q2. AO MUDAR A POLARIDADE DO ÍMÃ A ÁGUA MUDOU SUA INTERAÇÃO?

_____

_____

_____

Q3. AO UTILIZAR O ÍMÃ DE FERRITE OS MATERIAIS SE COMPORTARAM DA MESMA MANEIRA?

_____

_____

_____

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 6

TEMA: ELETROÍMÃ – CORRENTE ELÉTRICA GERA CAPO MAGNÉTICO.

Q1. AO APROXIMAR O PREGO DOS CLIPES O QUE ACONTECEU?

_____

_____

_____

Q2. AO ENCOSTAR O PREGO ENROLADO AO FIO DE COBRE HOUVE INTERAÇÃO MAGNÉTICA COM OS CLIPES?

_____

_____

_____

Q3. AO APROXIMAR O PREGO DOS CLIPES COM O FIO LIGADO À PILHA HOUVE MUDANÇA NA INTERAÇÃO?

_____

_____

_____

Q4. O QUE MUDOU EM RELAÇÃO AO PREGO NA PRIMEIRA ETAPA DO EXPERIMENTO?

_____

_____

_____

Q5. POR QUE O PREGO SÓ SE COMPORTA COMO UM ÍMÃ QUANDO ESTÁ LIGADO A PILHA?

_____

_____

_____

Q6. AO APROXIMAR A BOBINA SEM O PREGO DOS CLIPES HOUVE INTERAÇAO?

_____

_____

_____

Q7. HOUVE DIFERENÇA NA ATRAÇÃO DOS CLIPES COM RELAÇÃO AS TRÊS SITUAÇÕES?

_____

_____

_____

ESCOLA_____

ALUNO(A)_____

DATA___/___/___

FQs - MATERIAL PARA O ALUNO

AULA 7

TEMA: EXPERIMENTO DE OERSTED

Q1. COMO ESTAVA A AGULHA DA BÚSSOLA ANTES DE LIGAR O FIO A PILHA?

_____

_____

_____

Q2. O QUE ACONTECEU COM A AGULHA DA BÚSSOLA APÓS LIGAR O FIO A PILHA?

_____

_____

_____

Q3. POR QUE ELA SE COMPORTOU ASSIM?

_____

_____

_____

Q4. VOCÊ CONSEGUE PERCEBER UMA RELAÇÃO DA BÚSSOLA QUANDO FOI APROXIMADA DE UM ÍMÃ NAS AULAS ANTERIORES E AGORA QUANDO O FIO É LIGADO?

_____

_____

_____

Q5. O QUE SURGE AO REDOR DO FIO LIGADO À PILHA?

_____

_____

_____

Q6. VOCÊ CONSEGUE PERCEBER RELAÇAO ENTRE A ELETRICIDADE E O MAGNETISMO? COMO?

_____

_____

_____

4 A FÍSICA DO MAGNETISMO

Este capítulo é dedicado ao estudo do magnetismo, com ênfase nos conceitos de campo magnético e nas propriedades magnéticas dos materiais. Nosso objetivo é realizar uma transposição didática desses conteúdos, tradicionalmente abordados no Ensino Médio e no Ensino Superior, para o contexto do Ensino Fundamental I e II, de forma acessível, significativa e alinhada ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A proposta aqui apresentada busca estabelecer pontes entre a fundamentação teórica da Física e práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem por descoberta, conforme a teoria de ensino de Bruner.[2]

4.1 A CURIOSIDADE COMO MOTIVADOR DA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA

O ser humano sempre esteve em busca de novos conhecimentos para compreender a si mesmo e o mundo ao seu redor. Atualmente, conceitos físicos podem ser compreendidos com mais facilidade graças às contribuições de grandes pensadores ao longo da história. No entanto, o que torna cada descoberta verdadeiramente significativa para a aprendizagem é a curiosidade e o desejo de saber, características tão marcantes na infância (Bertuncello; Bortoleto, 2017).

Quando o professor propõe uma atividade experimental à turma, ele desperta, em cada estudante, o impulso investigativo e o encantamento diante do desconhecido. Esse tipo de abordagem favorece o desenvolvimento de uma aprendizagem mais ativa e motivada pela construção do conhecimento.

A Figura 4 apresenta o experimento: Tesoura de Gauss – uma tesoura para cortar linhas de campo magnético (Pimentel, 1998). Ao ser demonstrado em sala, ele provoca surpresa nos alunos ao apresentar a possibilidade de modificar a interação magnética entre um ímã e uma bolinha de aço. A experiência permite observar visualmente a interação entre o campo magnético e a bolinha de lã de aço, que é atraída por ser composta por um material ferromagnético. Esse fenômeno pode ser compreendido considerando que, ao ser exposta ao campo magnético do ímã, os momentos dipolares magnéticos totais efetivos

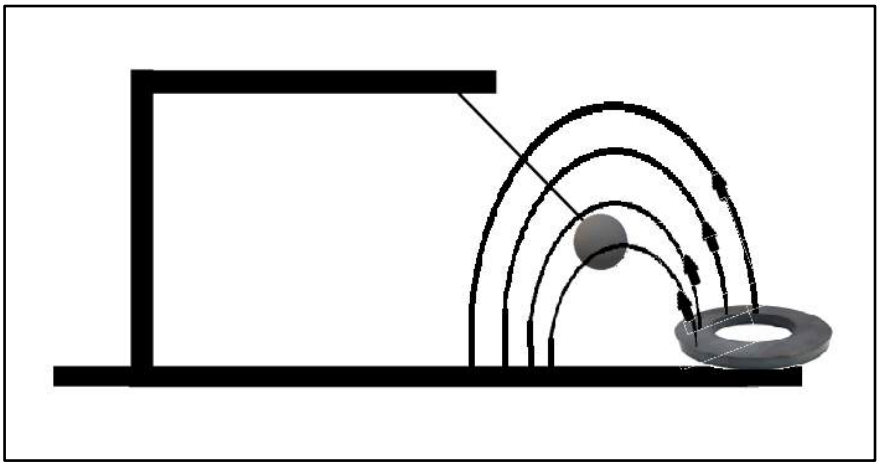
[2] Este capítulo é idêntico ao capítulo 3 da dissertação: As propriedades magnéticas no ensino fundamental I e II com o uso do lúdico e da descoberta como facilitadores da aprendizagem de autoria de Antonio Pereira dos Santos de 2025, trabalho no qual este produto educacional está vinculado.

dos domínios por toda a lã de aço que constitui a bolinha tendem a se alinhar na direção do campo. Esse alinhamento parcial gera um campo magnético induzido na bolinha, resultando em uma força de atração entre ela e o ímã.

Tal representação concreta da interação do campo magnético não apenas reforça conceitos teóricos previamente discutidos, mas também contribui para que os alunos desenvolvam um entendimento mais profundo e intuitivo do fenômeno físico.

Assim, a experimentação científica torna-se uma poderosa ferramenta pedagógica, pois conecta a teoria à prática, o conteúdo à realidade e o saber ao desejo de descobrir. É nesse contexto que a curiosidade, estimulada por experiências bem planejadas, se consolida como um pilar essencial para a aprendizagem com maior significado em física.

Figura 4 – Aparato da Base da Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura).



Fonte: adaptado de Pimentel, 1998.

4.2 DEFINIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$

A utilização de campo magnético e força magnética nos dias atuais está cada vez mais avançando, tanto nas novas tecnologias, como aparelhos mais sofisticados de transmissão de dados, imagens e sons, como também na medicina por meio de exames de imagens e utilização de campos magnéticos para obtenção de resultados cada vez mais

precisos e menos invasivos (Hewitt, 2015; Villate, 2011; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

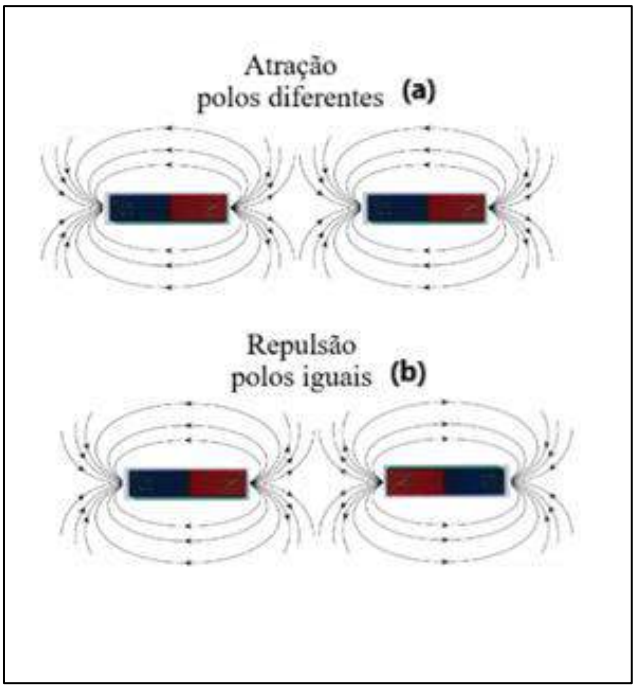
Ao abordar conceitos de magnetismo em sala de aula principalmente na educação infantil, as crianças ficam fascinadas, pois é como algo mágico que acontece. Como um ímã consegue mover um objeto sem tocar nele? As primeiras conclusões das crianças é que o professor está fazendo mágica. E aqui entra o papel fundamental da formação cientifica: levantar hipóteses, investigar, testar, comparar resultados e chegar em conclusões cientificas para explicar tal fenômeno (Alves-mazzotti e Gewandsznajder, 2002).

O termo Magnetismo é originário da Magnésia (Hewitt, 2015; Nussenzveig, 1997; Young, 2010), distrito da antiga Tessália, na Grécia, onde gregos encontraram pedras muito diferentes para a época. Essas pedras eram conhecidas por ímãs naturais, pois possuíam propriedade de atrair pedaços de ferro.

Contam-se, que camponeses trabalhando no campo, perceberam que pequenas pedras ficavam “grudadas”, atraídas, nos pregos de suas sandálias, sem entender muito bem, eles ficaram fascinados ao perceberem que a depender de como aproximavam as pedras umas das outras elas podiam se atrair ou repelir, assim foi descoberto o Magnetismo. Contudo, ao passar dos anos e com o avanço da ciência, os chineses foram os primeiros a utilizarem os ímãs na construção de bússolas para serem usadas na navegação, isso no século XII (Wikipédia, 2024; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Todo ímã possui sempre um polo norte e um polo sul dispostos nas extremidades. Quando aproximamos dois ímãs de barra por meio de seus polos diferentes (norte-sul, sul-norte), surge uma interação atrativa devido a complementaridade dos seus campos magnéticos em seus polos, Figura 5a. Contudo, ao aproximarmos polos de mesma natureza (norte-norte, sul-sul), manifesta-se uma força de repulsão devido a superposição dos campos magnéticos em seus polos, Figura 5b. Esse sistema está de acordo com a lei de interação magnética que diz que polos magnéticos de mesma polaridade se repelem, enquanto polos diferentes se atraem. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Figura 5 - Representação das linhas de campo magnético entre dois ímãs de barra em duas situações: atração magnética (a) e repulsão magnética (b).



Fonte: o autor.

Assim, a intensidade da interação magnética vai depender da distância entre os ímãs, então a interação entre os polos magnéticos dos ímãs é dada por:

$$F \sim \frac{p_1 p_2}{d^2}, \quad (1)$$

onde:

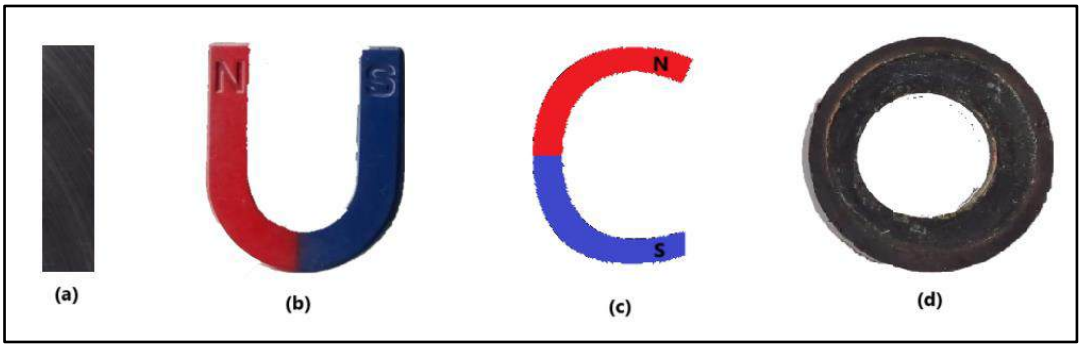
p_1 e p_2 correspondem aos módulos dos momentos magnéticos entre dois dipolos;

d representa a distância entre eles (Hewitt, 2015).

Portanto, quanto mais distante o ímã estiver de outro ímã ou de um objeto com propriedades magnéticas a intensidade de seu campo magnético será menor e quanto mais próximo estiver a intensidade do campo magnético será maior.

Além dos ímãs em formato de barra, mais comuns, existem ímãs no formato de U, C e anel, conforme apresentado na Figura 6. Estes ímãs na verdade, são ímãs de barra que foram curvados produzindo assim um campo magnético mais intenso quando deixamos os polos mais próximos, como o que é apresentado na Figura 5 (Village, 2011).

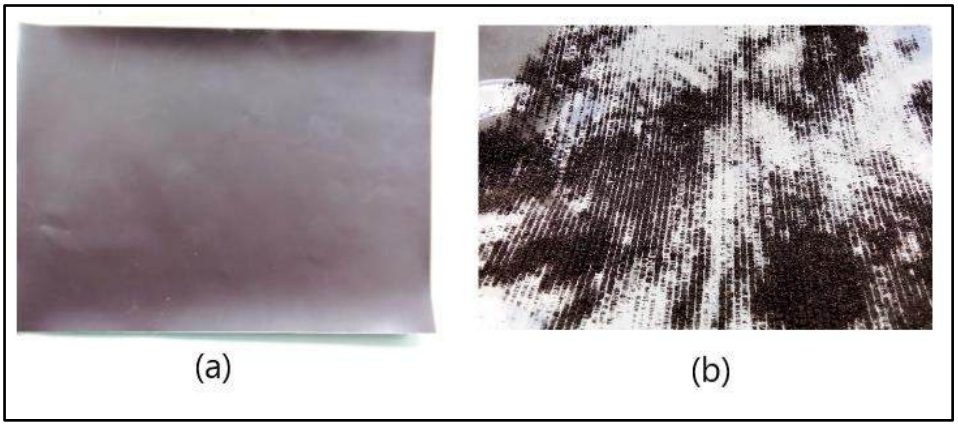
Figura 6 - Representação dos ímãs em formato de: barra (a), u (b), c (c) e anel (d).



Fonte: o autor.

Os ímãs que são utilizados em geladeiras para prender enfeites, lembretes e outros pequenos objetos têm formato de folhas, Figura 6a, seu campo magnético é formado por tiras estreitas composto por polos sul e norte que se alternam ao longo da folha em faixas paralelas, formando um padrão conhecido como multipolo (norte-sul-norte-sul...), Figura 6b. Essa orientação reduz o alcance magnético para objetos que estejam longe do ímã, mas o torna muito forte próximo a superfície, seu campo magnético é o suficiente para segurar folhas de papel contra a porta do refrigerador, mas tem um alcance muito curto em comparação a ímãs de barra, ou anel (Hewitt, 2015).

Figura 7 - Ímã em formato de folha (a), ímã de folha com limalha (b).

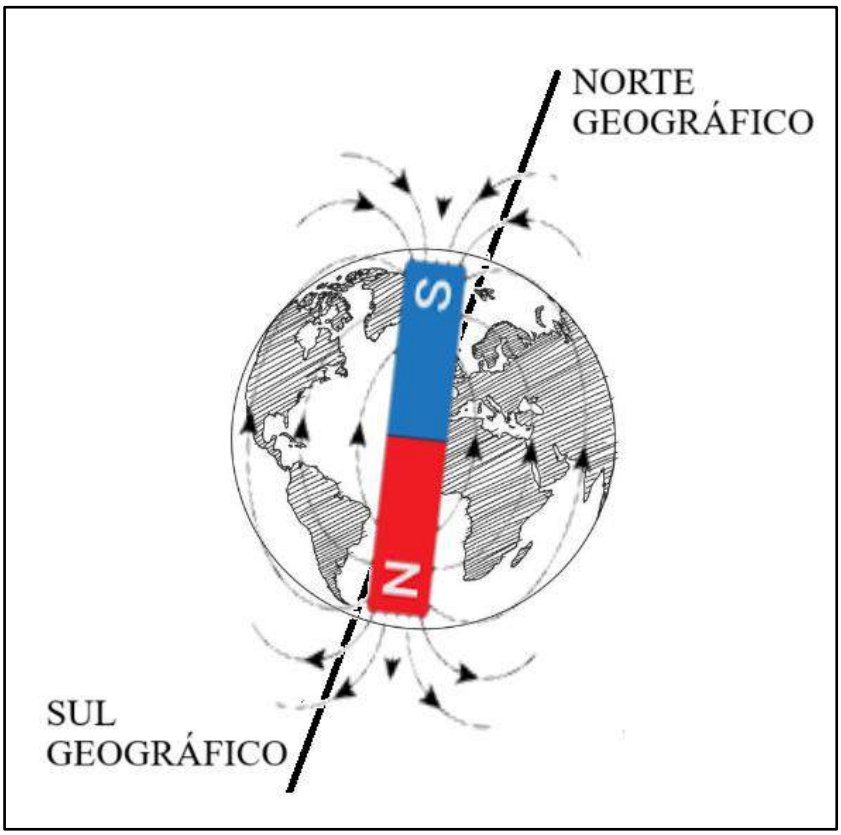


Fonte: o autor.

Com o passar dos anos e os avanços na ciência vários cientistas buscavam incansavelmente entender os fenômenos magnéticos, em 1600 o físico Willian Gilbert (Nussenzveig, 1997; Colchester, 2010), fez valiosas observações sobre o Magnetismo constatando que a Terra se comportava como um grande ímã, situação esquematizada na

Figura 8, tendo em vista as suas análises sobre os ímãs das bússolas apontarem sempre na mesma direção.

Figura 8 - Representação do campo magnético terrestre, polos magnéticos e polos geográficos da Terra.



Fonte: o autor.

Assim, a Terra também é considerada um grande ímã natural. Essa conclusão explica por que as bússolas sempre apontam aproximadamente para o polo norte geográfico. No entanto, é importante destacar que os polos magnéticos da Terra não coincidem exatamente com os polos geográficos em termos de localização. As linhas do campo magnético terrestre se configuram como se saíssem do polo sul magnético e entrassem no polo norte magnético. Isso significa que o polo norte geográfico corresponde, na verdade, ao polo sul magnético da Terra, enquanto o polo sul geográfico corresponde ao polo norte magnético, conforme ilustrado na Figura 8. De fato, o campo magnético é uma região do espaço ao redor de um ímã com propriedades que provocam forças em corpos como imãs ou materiais com propriedades magnéticas (Villate, 2011).

Assim, como o campo elétrico $\vec{E}$, o campo magnético $\vec{B}$ é uma grandeza vetorial que está associada a um ponto no espaço.

Definiremos aqui o campo magnético em termos de força magnética. Assim, a força magnética $\vec{F}_B$ que age sobre a partícula carregada em movimento é dada por:

$$\vec{F}_B = q\vec{v}\, X\, \vec{B}, \tag{2}$$

onde:

q é a carga da partícula;

$\vec{v}$ é a velocidade da partícula;

$\vec{B}$ é o campo magnético.

Ou seja, $\vec{F}_B$ é perpendicular ao plano que contém $\vec{v}$ e $\vec{B}$ e tem mesmo sentido do produto vetorial de acordo com a regra da mão direita se a carga for positiva, e sentido oposto se a carga for negativa.

Sendo assim, a partir da equação (2) o módulo da força magnética e dado por:

$$F_B = |q|vBsen\varphi, \tag{3}$$

onde:

F_B é a intensidade da força magnética que atua sobre a partícula (em newtons, N);

$|q|$ é o valor absoluto da carga elétrica da partícula (em coulombs, C);

v é a velocidade da partícula (em metros por segundo, m/s);

B é a intensidade do campo magnético (em tesla, T);

φ é o ângulo entre o vetor velocidade $\vec{v}$ da partícula e o vetor campo magnético e $\vec{B}$.

Ao analisar a Equação 3 é possível compreender que o módulo da força $\vec{F}_B$ que age em uma partícula na presença de um campo magnético $\vec{B}$ é sempre proporcional a carga q e a velocidade v da partícula.

Em determinadas condições, a força magnética $\overrightarrow{F_B}$ será nula. Isso ocorre quando a partícula carregada se move na mesma direção e sentido do campo magnético $\vec{B}$, ou

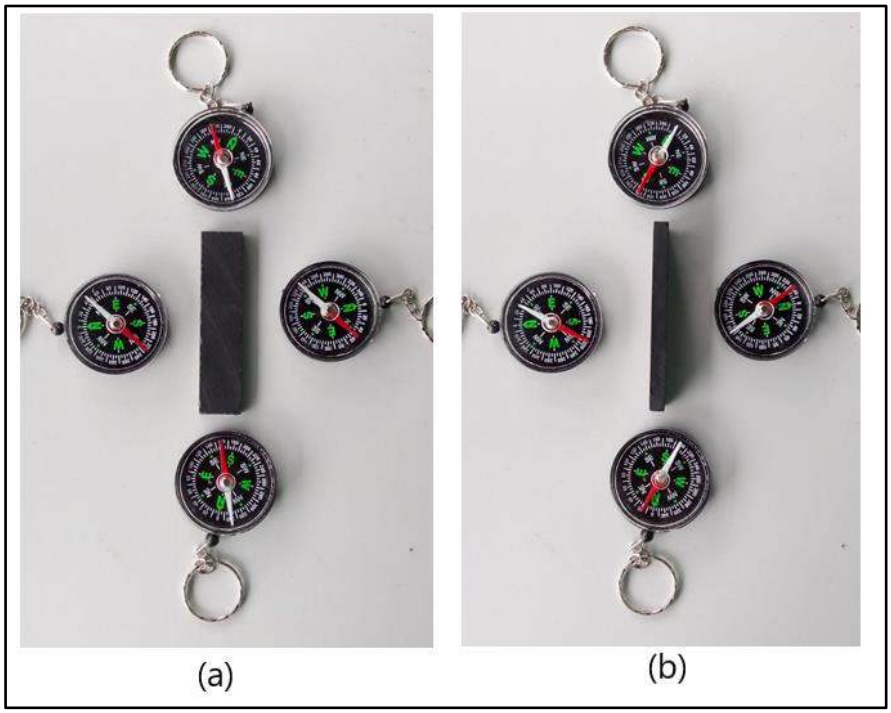
seja, quando os vetores $\vec{B}$ e $\vec{v}$ são paralelos e o ângulo entre eles é φ=0. Nessa situação, a força magnética é nula independentemente da intensidade do campo magnético.

Por outro lado, quando a partícula carregada se desloca sob a ação de um campo magnético $\vec{B}$, formando um ângulo diferente de zero em relação ao vetor velocidade $\vec{v}$, a intensidade da força magnética que atua sobre ela é dada pela Equação 3.

Entretanto, quando os vetores $\vec{B}$ e $\vec{v}$ são perpendiculares durante o movimento da carga, a força magnética atinge seu valor máximo. Nessa configuração, a partícula está sujeita à máxima intensidade de ação do campo magnético $\vec{B}$.

O comportamento do campo magnético produzido por um imã em formato de barra pode ser observado ao aproximar algumas bússolas em pontos diferentes ao redor dele, e ainda, ele colocado em duas posições distintas, como ilustrado na Figura 7. Nas situações ilustradas, é possível identificar a orientação das linhas de campo magnético, pelo sentido e direção que se orienta o polo norte de cada bússola. Deve-se considerar que na ilustração, Figura 7, não foi levado em consideração a orientação real da bússola em relação ao planeta Terra, apenas sua interação com o campo magnético do ímã de barra. Sem esquecer também que por estarem muito próximas, uma bússola pode estar interferindo no campo magnético da outra.

Figura 9 - Orientação do campo magnético de um ímã em barra, usando bússolas. Aqui foi considerado apenas o campo magnético ao redor do ímã.

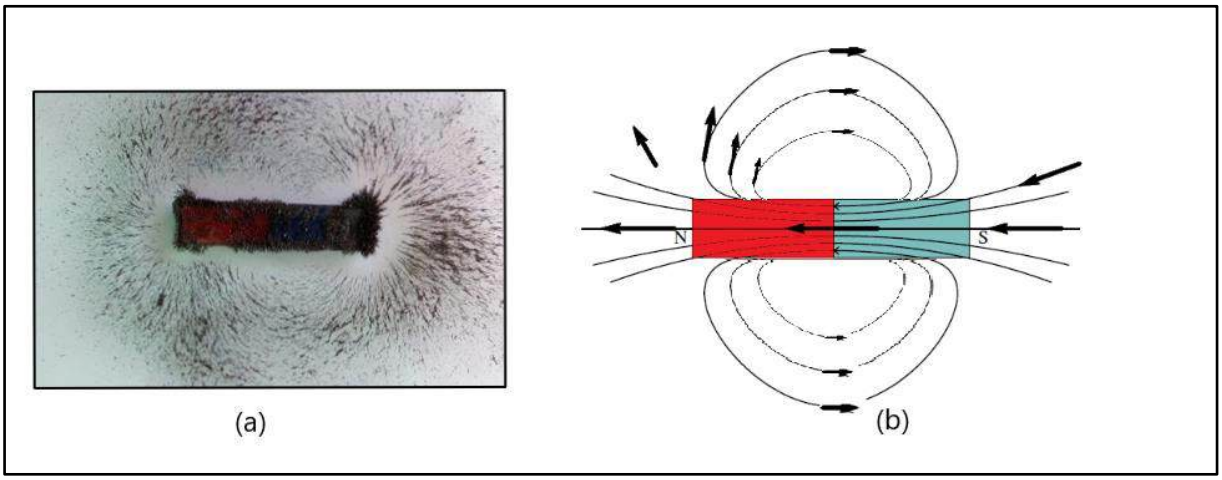


Fonte: o autor.

Na Figura 9a é possível definirmos em cada bússola um vetor de campo magnético $\vec{B}$, seguindo o sentido e orientação da bússola. Como o campo magnético é uma grandeza vetorial e sua representação é tridimensional, através da Figura 9b é possível observar que ao mudar o ímã de barra de posição as agulhas das bússolas passam a se orientar em posição diferente da Figura 9a. Isso ocorre porque no ímã de barra os polos norte e sul estão configurados sobe a área plana do ímã.

Também é possível observar a orientação das linhas de campo $\vec{B}$ ao redor de um ímã de barra utilizando limalha de ferro sobre uma folha transparente conforme a Figura 10.

Figura 10 - Representação das linhas de campo magnético em um ímã de barra com o uso de limalha de ferro (a) e vetorial por meio das linhas de campo e campo magnético (b).



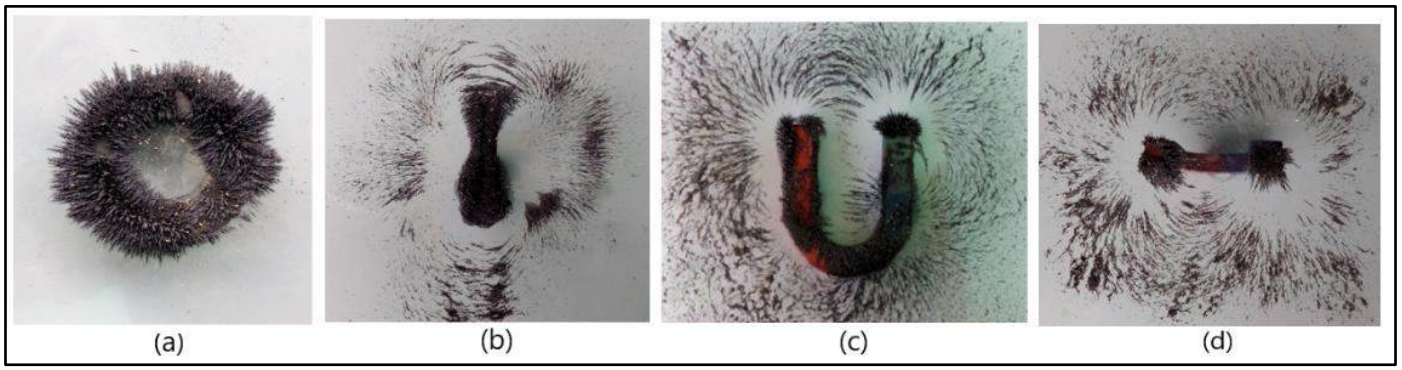
Fonte: 10(a) o autor, 10(b) adaptação Villate (2011).

Com a ajuda da limalha é possível observar uma concentração maior de fragmentos nas extremidades do ímã de barra, como ilustrado na Figura 10a, também imaginar a orientação das linhas de campo magnético, de acordo com o esquema da Figura 10b. Como há uma maior concentração de linhas nas extremidades, norte e sul, isto implica em que a intensidade do campo magnético é mais forte ou mais intensa nas extremidades dos polos, onde é possível observar um menor espaçamento entre as linhas de campo magnético, Figura 10b, e menor espaço entre os fragmentos de metal da limalha, Figura 10a. E a orientação do campo magnético em um determinado ponto será

sempre tangente a linha de campo no referido ponto, Figura 10b, e o sentido será o indicado pela linha de campo, sendo que, por conversão, as linhas de campo magnético sempre tem sentido do polo norte para o polo sul e são semelhantes as linhas de campo elétrico de um dipolo elétrico, porém, aqui existe uma diferença em relação ao campo elétrico, a saber, as linhas de campo magnético não começam no polo norte ou terminam no polo sul, elas são linhas fechadas, curvas fechadas, que passam pelos dois polos Figura 10b, preenchendo todo o espaço, mesmo que na Figura 10b, a situação não esteja bem representada. Portanto, como o ímã tem dois polos, dizemos que ele se comporta como um dipolo magnético (Villatte, 2011; Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Na Figura 11, podemos visualizar a configuração das linhas de campo magnético com o uso da limalha de ferro dos ímãs em formato de anel e em U, ambos colocados em duas posições distintas: vista lateral e vista de cima.

Figura 11 - Representação das linhas de campo com o uso da limalha de ferro: vista lateral – anel (a) e U (c), vista de cima anel (b) e U (d).



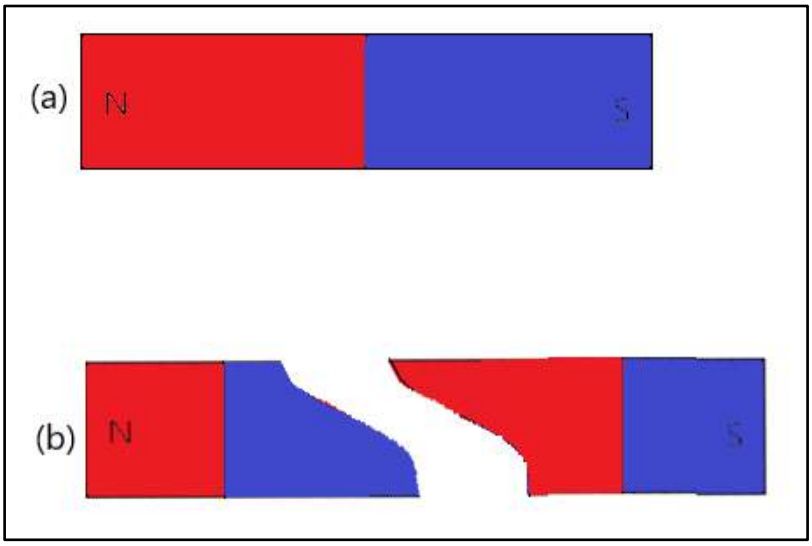
Fonte: o autor.

No ímã em forma de anel Figura 11a, observa-se uma maior concentração de fragmentos de limalha na superfície lateral, o que indica que as linhas do campo magnético estão predominantemente distribuídas ao longo dessa região. Esse comportamento também pode ser identificado no ímã em formato de U Figura 11c, onde a disposição da limalha evidencia a configuração do campo magnético ao longo da superfície do ímã. Além disso, tanto nas Figuras 11a e 11c quanto nas Figuras 11b e 11d, é possível perceber que a maioria das limalhas se orienta quase perpendicularmente às faces dos ímãs, o que demonstra o alinhamento das partículas com as linhas de campo

magnético em direção às regiões polares. Esse padrão reforça a ideia de que os polos magnéticos se localizam nas extremidades dos ímãs, onde o campo é mais intenso.

Quando uma criança está brincando com um ímã de barra e ela o deixa cair, a depender da altura em que o ímã cai, o choque no impacto pode partir o ímã de barra, esquematizado na Figura 12a, em pedaços menores, em cada pedaço menor aparecerá um polo norte e um polo sul, conforme esquematizado na Figura 12b. Isto ocorre porque é impossível obter polos separados ao partir um ímã de barra, ou mais genericamente, na natureza, devido as propriedades intrínsecas da matéria, não é possível encontrar polos magnéticos separados, ou seja, não há a existência de monopolos magnéticos. Por sua vez, ao compararmos com as cargas elétricas, cargas positivas e negativas, estas sim podem ser encontradas isoladas.

Figura 12 - Representação dos polos magnéticos de um ímã de barra: antes de ser partido(a), após ser partido e sem levar em consideração a interação magnética entre os pedaços do ímã (b).



Fonte: o autor.

4.3 CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$ A PARTIR DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

Os alunos ficam fascinados ao descobrirem que os ímãs possuem propriedades magnéticas, e, à medida que essas propriedades são compreendidas, torna-se mais fácil perceber suas aplicações no cotidiano.

Os ímãs podem ser classificados em três categorias: permanentes, temporários e eletroímãs. Os ímãs permanentes mantêm seu Magnetismo mesmo após a remoção do

campo magnético externo, sendo também conhecidos como ímãs naturais, como a magnetita. Os ímãs temporários perdem suas propriedades magnéticas quando são afastados da fonte de indução depois de um certo tempo, mas seus domínios magnéticos não retornam ao estado inicial. E por fim, os eletroímãs somente apresentam Magnetismo enquanto uma corrente elétrica percorre o fio condutor que os constitui. (Hewitt, 2015)

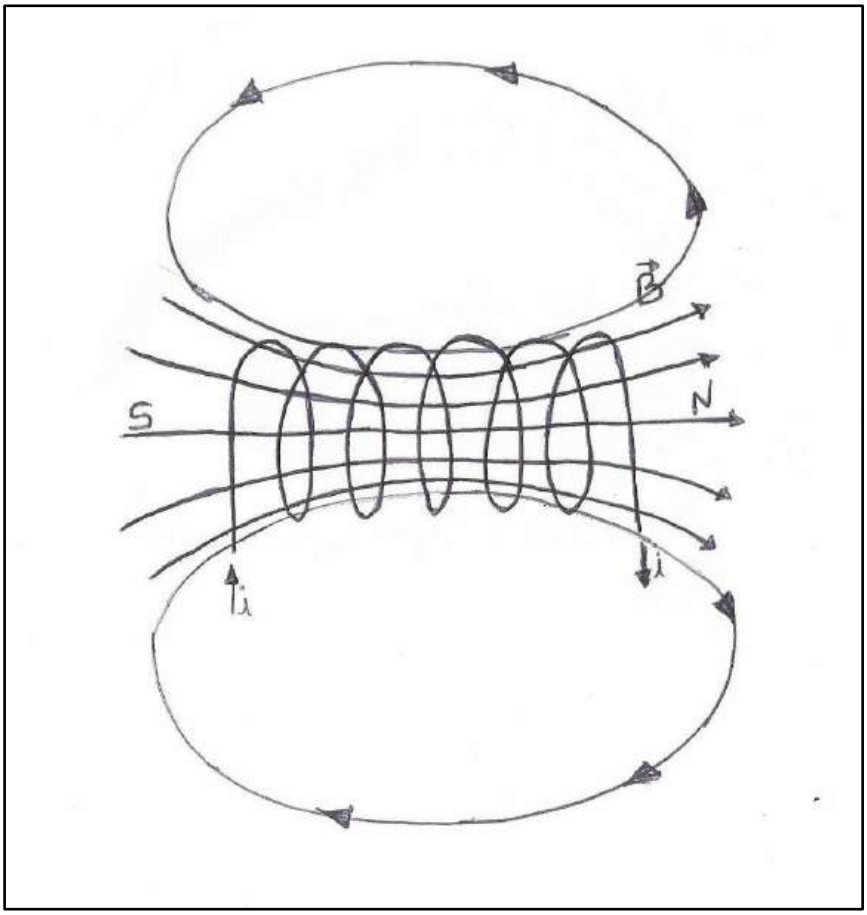
A Figura 13 ilustra um eletroímã simples, formado por um prego em torno do qual se enrola um fio condutor. Quando conectado a uma bateria, a corrente elétrica que percorre o fio gera um campo magnético induzido ao seu redor. A intensidade desse campo pode ser aumentada de duas formas: elevando a corrente elétrica que atravessa o fio ou aumentando o número de espiras ao redor do núcleo de ferro, representado, nesse caso, pelo prego (Hewitt, 2015).

Figura 13 – Eletroímã.

Fonte: o autor.

Na Figura 14, temos a ilustração do vetor campo magnético resultante $\vec{B}$ gerado por um solenoide pelo qual circula uma corrente elétrica i. Para determinar o sentido do campo magnético resultante, utiliza-se a regra da mão direita: os dedos da mão direita são dispostos no sentido da corrente elétrica que percorre as espiras, enquanto o polegar estendido indica a direção do vetor campo magnético $\overrightarrow{B}$. No interior do solenoide, esse campo é aproximadamente uniforme e orientado ao longo do eixo longitudinal, como representado na Figura 14.

Figura 14 - Representação esquemática de um solenoide e as linhas de campo no interior do mesmo.



Fonte: o autor.

Assim, usando a Lei de Ampère, o módulo do campo magnético resultante em um eletroímã é dado por:

$$B = \mu_0 in, \tag{4}$$

onde:

μ_0 é a permeabilidade magnética do meio (N/A^2);

n é o número de espiras por unidade de comprimento;

i é a corrente elétrica (A).

É possível observar na Figura 14 que o campo magnético no interior do solenoide é aproximadamente uniforme e mais intenso, o que é evidenciado pela maior densidade das linhas de campo magnético nessa região. No exterior, o campo é significativamente menos intenso e não uniforme, como indicado pelas linhas de campo mais espaçadas e divergentes.

Para calcularmos o campo magnético total no interior devemos fazer a soma de todos os campos gerados pela corrente que passa por todas as espiras (Hewitt, 2015; Halliday; Resnisck; Walker, 2016), então, de acordo com a Lei de Ampère, tem-se:

$$\oint \vec{B} \,.\, \mathrm{d}\vec{s} = \mu_0 i_{env}, \tag{5}$$

onde:

$\vec{B}$ é o vetor campo magnético;

$\mathrm{d}\vec{s}$ é um elemento de comprimento ao longo de uma curva fechada;

μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo;

i_{env} é a corrente total envolvida pela curva.

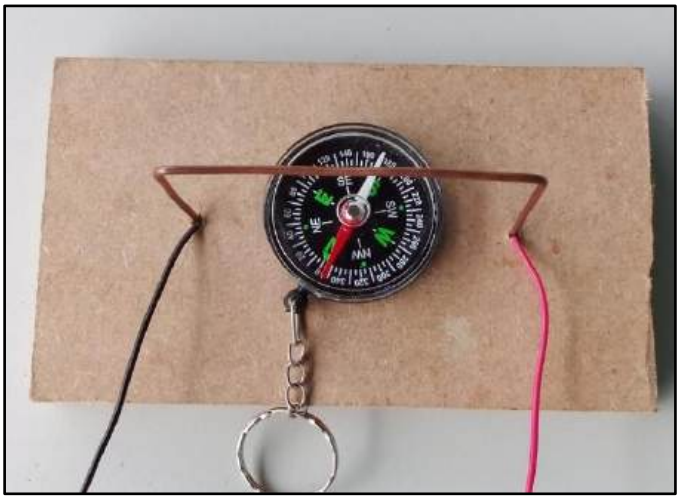
Para aplicarmos a Lei de Ampère, devemos considerar uma curva fechada, amperiana, arbitrária que envolve condutores percorridos por corrente elétrica, como no caso de uma espira. O lado esquerdo da equação representa a circulação do campo magnético ao longo dessa curva, obtida por meio do produto escalar entre o vetor campo magnético $\vec{B}$ e o vetor $\mathrm{d}\vec{s}$ de elemento de comprimento, somado ao longo de todo o percurso fechado. Como resultado, essa integral é diretamente proporcional à corrente elétrica total que atravessa a curva.

A aplicação da Lei de Ampère deve levar em consideração a regra da mão direita. Portanto, quando a corrente elétrica tiver o sentido para cima, o campo magnético será no sentido anti-horário, quando a corrente tiver o sentido para baixo, o campo magnético terá o sentido horário.

Esta relação entre carga elétrica e campo magnético foi proposta por Christian Oersted em 1820 (Hewitt, 2015; Halliday; Resnisck; Walker, 2016; Chaib e Assis, 2007) onde, ao posicionar uma bússola próximo a um circuito elétrico ligado a uma bateria, aqui mostramos no aparato montado na Figura 13, ele percebeu que a corrente elétrica alterava

a posição da agulha da bússola e quando o circuito era desligado a agulha voltava a posição normal, apontando para o polo norte geográfico. Dessa forma, Oersted concluiu que cargas elétricas em movimento geram um campo magnético, pois a deflexão da agulha da bússola só poderia ocorrer se um novo campo magnético estivesse sendo produzido, interagindo com o campo magnético terrestre. Tal conclusão de sua parte só foi possível graças ao seu incansável esforço, observação e dedicação como cientista.

Figura 15 – Aparato montado para ilustrar o experimento de Oersted.



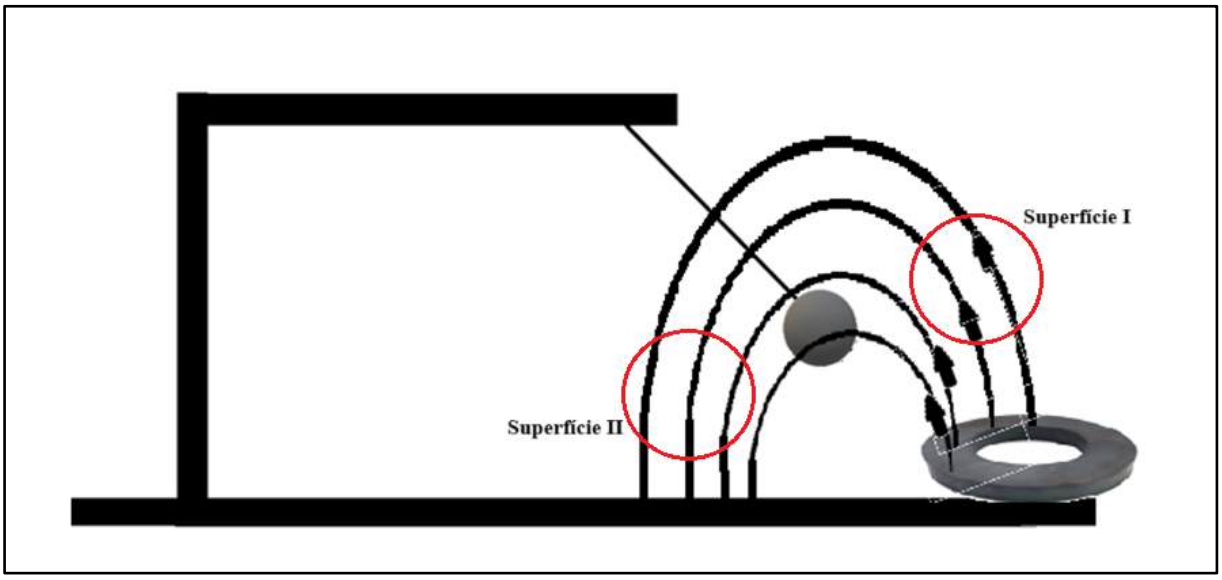
Fonte: o autor.

4.4 LEI DE GAUSS

A Lei de Gauss para campos magnéticos é um modo formal de afirmar que os monopolos magnéticos não existem. O fluxo magnético ϕ_B através de uma superfície gaussiana é zero. Dado isso, a Lei de Gauss também é válida mesmo que a superfície gaussiana não envolva todo o sistema, ou toda a fonte do campo magnético. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016). Utilizando o experimento Tesoura de Gauss (Pimentel, 1998), Figura 16, com algumas adaptações é possível propor duas superfícies gaussianas idênticas, cascas esféricas, que são representadas no sistema por duas circunferências, seção das cascas esféricas no plano do desenho, ou seja, as superfícies gaussianas I e II, então, é possível observar que a quantidade de linhas de campos magnéticos que entram e saem de cada superfície é a mesma, estabelecendo assim que o fluxo de campo magnético ϕ_B sobre qualquer uma das superfícies é igual a zero. Isto esclarece que não existem fontes ou sorvedouros de linhas de campo magnético, ou ainda, deixa claro que

não existem pontos onde as linhas começam ou terminam. É por tal razão que não há monopolos magnéticos e não é possível separar os polos de um ímã.

Figura 16 - Esquema da montagem representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura) representando as Superfícies Gaussianas I e II.



Fonte: Adaptado de Pimentel (1998).

De acordo com a Lei de Gauss para campos magnéticos, temos a seguinte equação:

$$\oint \vec{B} \,.\, d\vec{A} = 0, \tag{6}$$

onde:

$\vec{B}$ é o vetor campo magnético;

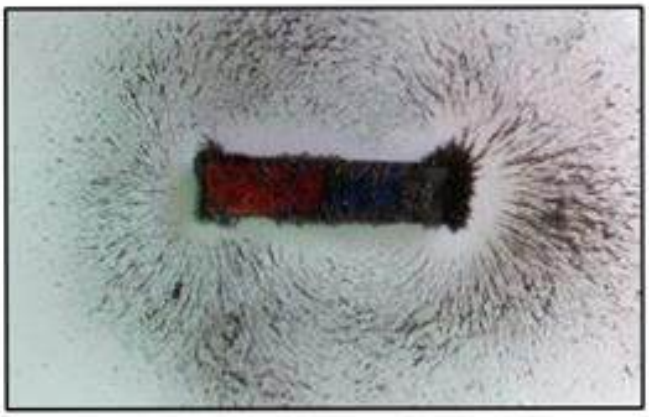
$d\vec{A}$ representa um vetor do elemento de área da superfície fechada, com direção perpendicular à superfície no ponto.

Como o resultado da Equação 6 é zero, isso significa que não existem monopolos magnéticos. Ou seja, todo campo magnético que entra em uma superfície gaussiana também sai dela Figura 16. Diferente do campo elétrico, onde cargas pontuais (monopolos elétricos) podem gerar fluxos diferentes de zero, o campo magnético sempre

forma linhas fechadas, não têm começo nem fim. Em um ímã, convencionou-se representar essas linhas como saindo do polo norte e entrando no polo sul na parte externa do ímã, mas elas continuam o trajeto pelo interior do material formando assim linhas fechadas. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

Conforme apresentado na Figura 17, a limalha de ferro quando espalhada em uma folha transparente sobre um imã em forma de barra, as raspas ou partículas que a constitui se alinham com o campo magnético do ímã formando um padrão que revela a presença e a configuração desse campo magnético.

Figura 17 - Representação das linhas de campo magnético do ímã de barra com o uso da limalha de ferro.



Fonte: o autor.

4.5 PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS

As propriedades dos materiais são classificadas em: diamagnética, paramagnética e ferromagnética.

Esse comportamento ocorre devido dois fatores ao momento orbital e momento de spin do elétron (D'agrella Filho; Faria, 2005).

Para determinar a magnetização de um material deve-se levar em consideração os estudos com base na física quântica. No entanto, para o escopo e propósito do presente trabalho, a visão que será apresentada aqui é a partir da física clássica para compreender sobre o momento angular de spin $\vec{S}$, ou simplesmente spin, e momento dipolar magnético de spin $\overrightarrow{\mu_s}$.

Todos os elétrons de um átomo apresentam dois tipos de momento magnético: o momento dipolar magnético orbital ($\vec{\mu}_{orbital}$) e o momento dipolar magnético de spin $\vec{\mu}_s$.

Esses momentos se combinam vetorialmente e são responsáveis pelas propriedades magnéticas dos materiais. O comportamento magnético de uma substância resulta, portanto, da soma vetorial de todos esses momentos dipolares magnéticos de spin e momentos dipolares magnéticos orbitais. A relação entre o momento dipolar magnético de spin e o spin do elétron é dada pela Equação 7 (D'agrella Filho; Faria, 2005).

$$\overrightarrow{\mu_s} = -\frac{e}{m}\overrightarrow{S}, \tag{7}$$

onde:

$\vec{\mu}_s$ é o vetor momento dipolar magnético de spin;

e é a carga elétrica elementar ($1{,}6.10^{-19}$ C);

m é a massa do elétron ($9{,}11.10^{-31}$ kg);

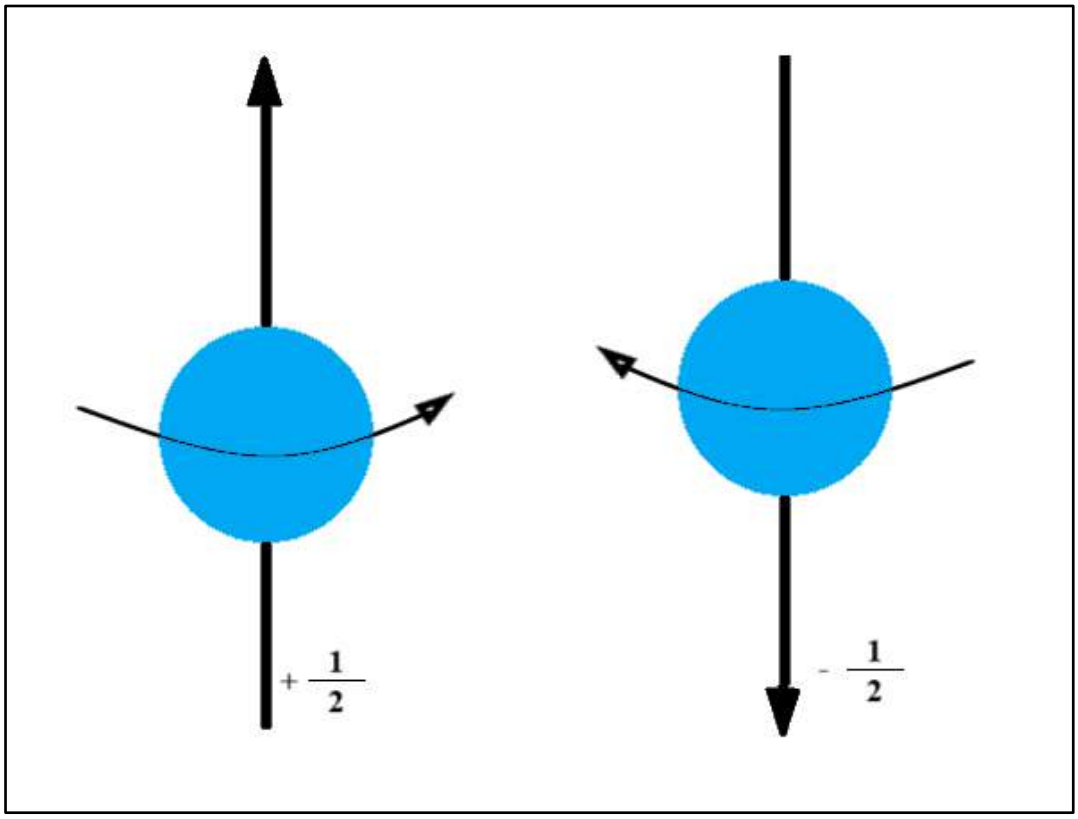
$\vec{S}$ é o vetor spin do elétron, ou momento angular de spin.

O sinal negativo indica que o vetor $\vec{S}$ e $\vec{\mu}_s$ possuem a mesma direção, porém sentidos opostos (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

É importante destacar que, no contexto da mecânica quântica, não é possível medir diretamente o vetor spin, mas apenas sua componente ao longo de um determinado eixo. Tanto essa componente quanto o módulo do spin são quantizados, ou seja, assumem apenas determinados valores discretos (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

A Figura 18 ilustra os dois possíveis estados do spin do elétron. Embora essa representação clássica, com esferas girando em torno de eixos representando elétrons girando, não corresponda ao conceito físico real de spin descrito pela mecânica quântica, ela se torna um importante recurso didático, favorecendo a compreensão conceitual e inicial por parte dos estudantes, ou seja, um ponto de partida, para que a compreensão futura seja possível.

Figura 18 - Representação do spin do elétron em dois estados possíveis.



Fonte: o autor.

A Figura 18 representa os dois possíveis estados quânticos do spin do elétron, o vetor $\vec{S}$, seja sobre a ação de em um campo magnético externo ou simplesmente tomado em uma direção de referência específica, caracterizando as duas orientações distintas de spin. Sendo spin +1/2 para valores spin para cima e -1/2 spin para baixo. Isto se deve ao fato de que o vetor $\vec{S}$ é quantizado, ou seja, a grandeza só pode assumir certos valores e discretos e, no caso do elétron, apenas estas duas possibilidades ou dois estados quânticos.

Supondo que queiramos medir a componente do spin no eixo x do sistema de coordenadas. Nessa situação, assim como nas outras componentes, S_x só poderá assumir os valores descrito pela Equação 8. (Halliday; Resnisck; Walker, 2016).

$$\vec{S}_x = m_s \frac{h}{2\pi}, \tag{8}$$

onde:

$\vec{S}_x$ é a componente do vetor spin ao longo do eixo x;

m_s é o número quântico de spin, que assume os valores $\pm\frac{1}{2}$ para elétrons;
h é a constante de Planck ($6{,}63.10^{-34}$J.s).

Pela Equação 8, quando S_x está paralelo ao eixo x, m_s=+1/2, então o spin do elétron está para cima. Quando S_x está antiparalelo ao eixo, m_s= -1/2, então o spin do elétron está para baixo.

4.5.1 Diamagnetismo

Em 1846, Michael Faraday observou que um fragmento de bismuto, ao ser posicionado próximo ao polo de um ímã, era repelido pelo campo magnético aplicado. Essa evidência experimental levou à classificação do bismuto como um material diamagnético, caracterizado pela ausência de momento magnético permanente. Contudo, ao ser submetido a um campo magnético externo, esse tipo de material desenvolve uma magnetização induzida antiparalela ao campo aplicado, o que resulta em uma força de repulsão que o afasta da região de maior densidade de fluxo magnético (D'agrella Filho; Faria, 2005).

O diamagnetismo é uma resposta fundamental e universal da matéria à aplicação de campos magnéticos, embora na maioria dos materiais seus efeitos sejam praticamente imperceptíveis, por serem suprimidos pela presença de contribuições paramagnéticas ou ferromagnéticas. Uma característica essencial do comportamento diamagnético é sua natureza transitória: a magnetização induzida cessa imediatamente com a remoção do campo externo (D'agrella Filho; Faria, 2005).

Do ponto de vista microscópico, quando um material eletricamente neutro e sem momento magnético líquido é submetido a um campo magnético externo, ocorrem perturbações nas trajetórias orbitais dos elétrons. Essas órbitas podem ser comparadas a pequenas espiras condutoras. De acordo com a Lei de Lenz, que estabelece que a corrente induzida surge em sentido oposto à variação do fluxo magnético que a gerou, essas perturbações dão origem a correntes microscópicas que geram um campo magnético induzido contrário ao campo aplicado. Esse comportamento resulta em uma fraca repulsão ao campo externo, o que caracteriza o diamagnetismo. Esse efeito ocorre em todos os materiais, mas é dominante apenas naqueles que não apresentam outros tipos de

ordenamento magnético mais fortes, como o paramagnetismo ou o ferromagnetismo. (Young, 2009; Halliday; Resnisck; Walker, 2016). Um exemplo pode ser visualizado na Figura 19, em que a água, substância diamagnética, é ligeiramente repelida ao se aproximar de um campo magnético intenso.

Figura 19 - Água que está dentro do frasco de vidro é repelida pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.

Fonte: o autor.

4.5.2 Paramagnetismo

Materiais paramagnéticos são caracterizados pela presença de momentos magnéticos atômicos ou moleculares permanentes, os quais resultam da soma dos momentos dipolares magnéticos orbital ($\vec{\mu}_{orbital}$) e de spin ($\vec{\mu}_s$) dos elétrons desemparelhados em cada átomo. Embora esses momentos individuais estejam presentes, em condições normais, ou seja, na ausência de um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$, eles se orientam aleatoriamente devido à agitação térmica, o que leva a uma magnetização líquida nula (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

Contudo, ao serem submetidos a um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$, os momentos magnéticos, que são vetores associados ao movimento de elétrons ao redor do núcleo e ao spin dos elétrons dentro dos átomos, tendem a se alinhar parcialmente com a direção desse campo, produzindo uma magnetização $\vec{M}$ que é paralela a $\vec{B}_{ext}$.

Essa resposta resulta em uma atração fraca do material em direção à região de maior intensidade do campo aplicado. Esse alinhamento, entretanto, não é completo, pois é continuamente contrabalançado pela agitação térmica, fenômeno estatisticamente descrito pela Lei de Curie ou lei de Curie-Weiss, a depender da faixa de temperatura em que o material se encontra, por exemplo, se está acima ou próximo da temperatura de Curie, que marca a transição entre diferentes estados magnéticos. E quando o campo externo é removido, os dipolos retornam ao seu estado desordenado, fazendo com que a magnetização desapareça instantaneamente, ou seja, o paramagnetismo é uma resposta não permanente ao campo (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

O termo material paramagnético é comumente utilizado para designar substâncias cuja resposta magnética resulta exclusivamente de efeitos diamagnéticos e paramagnéticos, sem manifestação de ordenamento coletivo dos momentos (Faria, 2005).

Um exemplo típico de substância paramagnética é o alumínio. Na Figura 20, mostramos o comportamento desse material, representado por papel alumínio contido em um frasco de vidro, que é levemente atraído quando exposto ao campo magnético intenso de um ímã de neodímio, evidência empírica da presença de momentos magnéticos alinháveis sob influência de $\vec{B}_{ext}$.

Figura 20 - Papel alumínio que está dentro do frasco de vidro é atraído pelo campo magnético do ímã de neodímio que está na mão do experimentador.

Fonte: o autor.

A magnetização $\vec{M}$ de um material paramagnético é definida como o momento dipolar magnético total efetivo por unidade de volume da amostra. Sua expressão escalar é dada por:

$$M = \frac{\mu_{ef}}{V}, \tag{9}$$

onde:

M é a magnetização, medida da intensidade do momento magnético por unidade de volume. No SI é A/m (ampère por metro);

μ_{ef} é o momento magnético total efetivo do corpo ou de uma amostra. Pode ser a soma dos momentos magnéticos de todos os átomos ou domínios magnetizados;

V é o volume da amostra ou do corpo magnetizado (em m^3).

Em 1895, Pierre Curie demonstrou experimentalmente que materiais ferromagnéticos, ao serem aquecidos acima de uma determinada temperatura crítica, perdem seu ordenamento magnético coletivo e passam a se comportar como materiais paramagnéticos. Esse ponto de transição é denominado temperatura de Curie (T_C) e marca a fronteira entre o comportamento ferromagnético (abaixo de T_C) e paramagnético (acima de T_C).

A desorganização térmica dos momentos magnéticos causada pelo aumento da temperatura impede o alinhamento espontâneo das regiões magnetizadas, ou domínios, característicos do estado ferromagnético.

A relação entre a magnetização $\vec{M}$, o campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$ e a temperatura T, no regime paramagnético e sob campo fraco, é descrita empiricamente pelo módulo da Lei de Curie:

$$M = C\frac{B_{ext}}{T}, \tag{10}$$

onde:

C é a constante de Curie, característica de cada material;

M é a magnetização do material;

B_{ext}é o campo magnético externo aplicado;
T é a temperatura em Kelvin.

Essa equação mostra que a magnetização é diretamente proporcional ao campo magnético aplicado e inversamente proporcional à temperatura absoluta, em kelvin, refletindo a competição entre o alinhamento dos momentos magnéticos e a agitação térmica (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

4.5.3 Ferromagnetismo

Nos materiais diamagnéticos e paramagnéticos, as interações magnéticas entre os momentos dipolares totais são, em geral, fracas e desprezíveis. No entanto, em materiais ferromagnéticos, como o ferro (Fe), o níquel (Ni) e o cobalto (Co), essas interações são intensas e fortemente correlacionadas. Esses elementos possuem uma estrutura cristalina, ou seja, um arranjo ordenado e periódico dos átomos no espaço, que favorece a interação cooperativa entre os momentos magnéticos totais de átomos vizinhos. Esse tipo de organização facilita o alinhamento paralelo espontâneo desses momentos, mesmo na ausência de um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$.

Esse alinhamento coletivo leva à formação de domínios magnéticos, que são regiões internas do material onde os momentos magnéticos estão fortemente alinhados, produzindo um campo magnético macroscópico significativo. Quando um campo magnético externo $\vec{B}_{ext}$ é aplicado, os domínios se reorganizam de modo a se alinharem na direção do campo aplicado, resultando em uma magnetização intensa. Após a remoção de $\vec{B}_{ext}$, os domínios podem manter-se parcialmente alinhados, conferindo ao material uma magnetização remanescente característica central do ferromagnetismo.

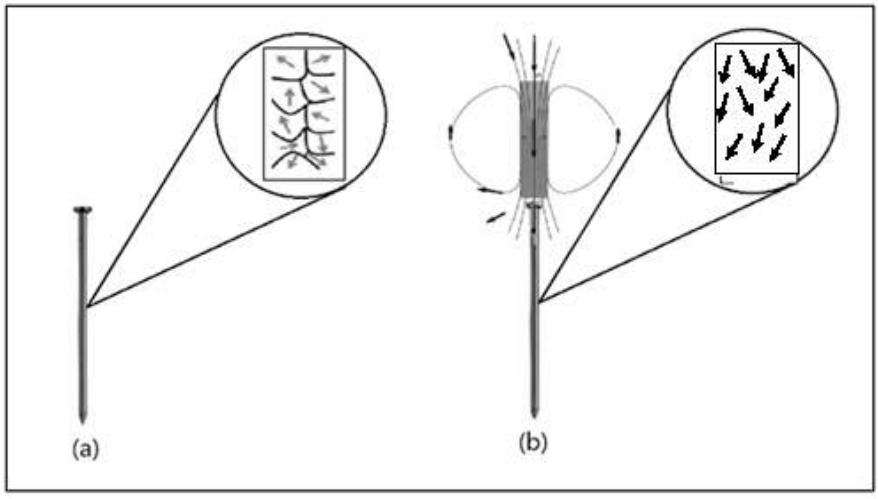
Por essa razão, materiais ferromagnéticos permanecem magnetizados mesmo após a retirada do campo externo, o que os torna essenciais na fabricação de ímãs permanentes. Embora todos os materiais ferromagnéticos também apresentem, em algum grau, propriedades diamagnéticas e paramagnéticas, o ferromagnetismo é o fenômeno dominante nesses casos, justificando a nomenclatura usual – material ferromagnético –

como sinônimo de – material magnético – (Halliday; Resnick; Walker, 2016; Faria, 2005).

Um exemplo clássico de magnetização ferromagnética ocorre ao aproximar um prego de ferro de um ímã permanente. Na ausência do campo externo, os momentos magnéticos dos domínios estão aleatoriamente orientados, como ilustrado na Figura 21a. No entanto, ao serem submetidos à ação do campo magnético do ímã, esses domínios se reorientam na direção do campo, resultando na magnetização do prego, conforme mostrado na Figura 21b. Contudo, ao afastarmos o prego novamente do campo externo seus domínios não retornam mais ao estado inicial antes da magnetização, isso ocorre devido a remanência do material que é a tendência de manter parte da magnetização.

Figura 21 - Representação do processo de magnetização de um prego, material ferromagnético, com o uso de um imã de barra, campo magnético externo, e na ampliação

representação microscópica dos domínios magnéticos: antes do processo (a) e depois do processo (b).



Fonte: o autor.

5 MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS

Neste capítulo, apresentamos a montagem dos experimentos utilizados em toda a Sequência Didática desta Unidade Didática.

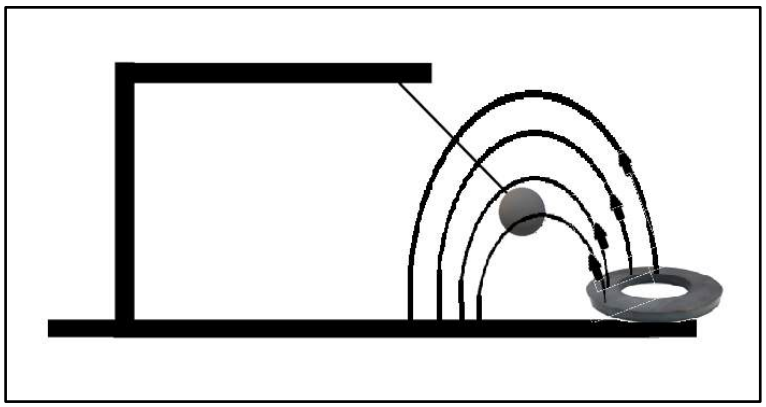
5.1 - Aparato da Base e Tesoura de Gauss

Este recurso é utilizado no Momento 1, Aula 1.

Material:

- 1 pedaço de madeira de 30 cmx15 cm;
- 2 pedaços de madeira (cabo de vassoura) um de 24 cm e outro de 15 cm;
- Linha de costura ou fio de nylon;
- Lã de aço (bombril);
- 1 Ímã de anel 10cm de diâmetro e 1 de 7cm;
- 2 pedaços de liga de ferro de 7cmx3cm (pode ser o fundo de uma lata de leite em pó);
- Pregos ou parafusos para prender;
- 1 bolinha de papel alumínio;
- 1 bolinha de isopor;
- Palitos de picolé.

Figura 22 – Aparato da Base e Tesoura de Gauss representando algumas linhas de campo, geradas pelo ímã de anel (apenas parte das linhas de campo foram representadas na figura).

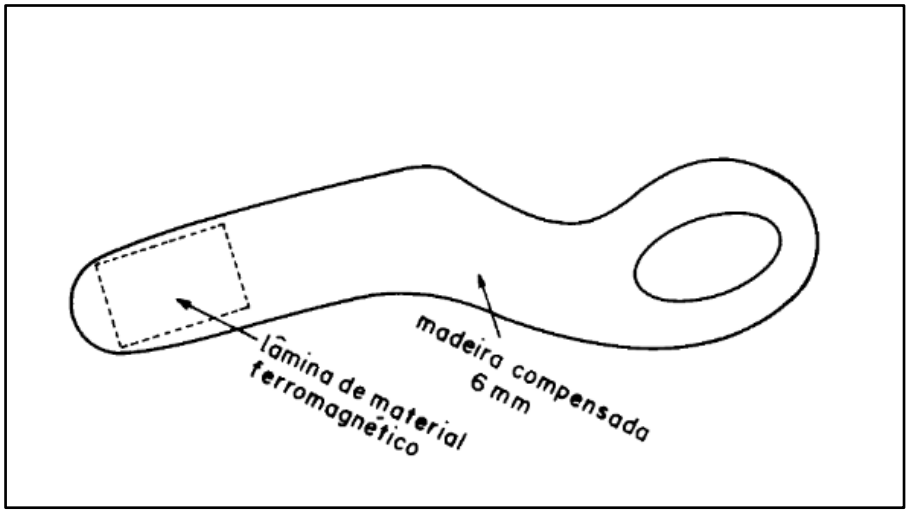


Fonte: Pimentel, 1998.

Montagem:

1. Para a montagem da tesoura existe a possibilidade de recortar o molde da Figura 23, em um pedaço de madeira tipo fundo de gaveta de armário, aqui utilizamos a medida de 24 cm para o molde. No entanto, não foi possível reproduzir o material descrito como no original, foram feitas algumas adaptações na montagem: optou-se por realizar o corte do molde da tesoura Figura 23 em uma serralheria, em material MDF de 6mm.

Figura 23 - Molde para a Tesoura de Gauss.



Fonte: Pimentel, 1998

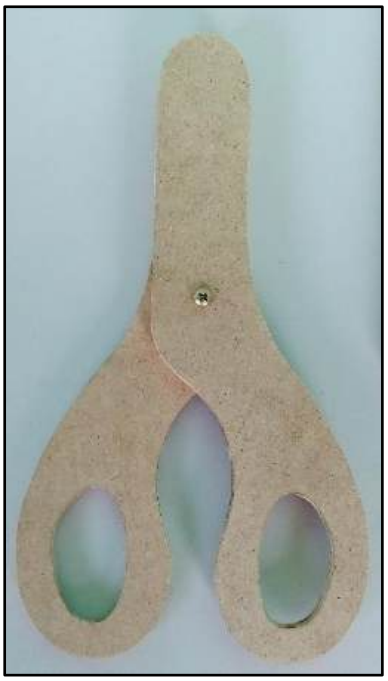
2. Com quatro moldes prontos é só fazer a montagem da tesoura. Deve-se colar duas partes da tesoura de modo que o pedaço de liga de ferro fique escondido entre as partes da tesoura. Deve-se tomar cuidado para não ficar a mostra.

Figura 24 – Partes da Tesoura de Gauss com a liga de ferro entre eles.

Fonte: o autor.

3. Após montar as partes com as ligas de ferro, deve-se juntar os dois lados da tesoura prendendo com um prego ou parafuso. Sugere-se o uso de parafuso de plástico para evitar interação com o ímã, Figura 25.

Figura 25 – Aparato da Tesoura de Gauss.

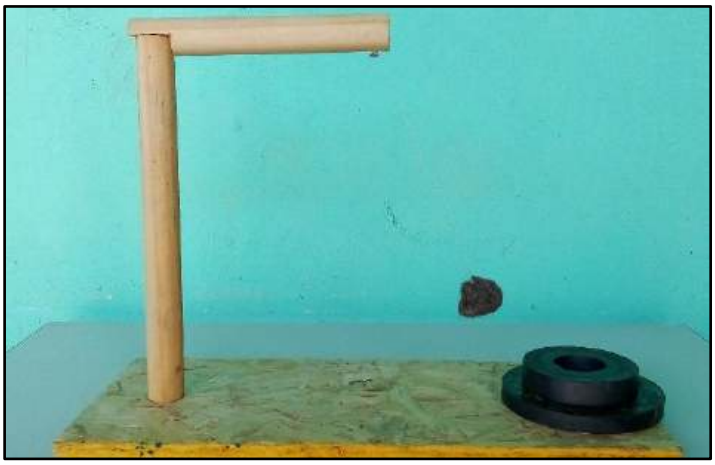


Fonte: o autor.

Montada a tesoura de Gauss, é só montar o suporte para a haste.

4. O pedaço de madeira de 30 cm x15 cm será a base, nele deve-se prender o pedaço de cabo de vassoura de 24 cm e 15 cm formando um ⌐, e prende-os na base de 30 cm. Na parte superior da madeira, deve-se prender um pedaço de linha ou nylon, e na outra extremidade, deve prender uma bolinha feita de lã de aço, conforme a Figura 8.

Figura 26 – Aparato da Base da Tesoura de Gauss.



Fonte: o autor.

5. Agora é só posicionar os ímãs de anel o maior na base e o menor em cima de modo que a bolinha fique atraída por eles, mas não encoste, conforme a Figura 8.

Aqui, utilizar uma quantidade de ímãs que produza um campo magnético intenso e suficiente. Na Figura 26 há dois imãs.

5.2 - Aparato para materiais paramagnéticos e diamagnéticos

Este recurso é utilizado no Momento 2, nas Aula 4 e Aula 5.

Materiais:

- 2 pedaços de madeira para a base de 20cmx15cm;
- 4 pedaços de madeira (cabo de vassoura) dois de 20cm e dois de 15cm;
- Palitos de churrasco;
- Cola quente;
- Pistola de cola quente;

- 4 potes de vidro pequeno com tampa;
- Papel alumínio;
- Linha ou fio de nylon;
- Pregos.

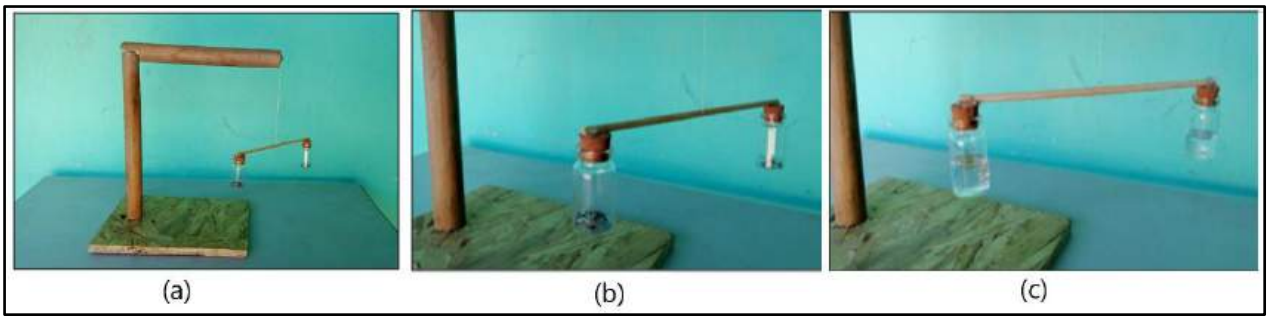
Montagem:

A montagem da base é feita da mesma forma que foi realizada para o aparato da Base e Tesoura de Gauss, do item 5.1 e passo 4.

Então, montar a parte dos potes para colocar os materiais da seguinte forma:

1. Os potes de vidro devem ser colados com cola quente nas extremidades do palito de churrasco e na tampa do pote de vidro.
2. Com os potes prontos, eles devem ser suspensos pelo fio de nylon na base, conforme Figura 27a.
3. Em um par de potes deverá ser colocado pequenos pedaços de papel alumínio de acordo com a Figura 27b. O papel alumínio deverá ser cortado em pequenos pedaços para evitar as correntes de Foucault, conhecida como correntes parasitas. Este par é utilizado no experimento de material paramagnético.
4. No outro par de potes, deverá ser colocado água para o experimento do diamagnetismo, ver Figura 27c.
5. Utilizaremos a mesma base para os dois experimentos.

Figura 27 - Aparato para materiais paramagnéticos e diamagnéticos.



Fonte: o autor.

5.3 - Aparato Eletroímã.

Este recurso é utilizado no Momento 3, na Aula 6.

Materiais:

- 5 pedaços de fio de cobre desencapado aproximadamente 15cm;
- 6 pilhas de 9V;
- 5 pregos de 12 cm;
- Fita isolante.

Montagem:

1. Enrolar o fio de cobre no prego formando uma espiral deixando duas pontas para serem ligadas a pilha.
2. Conectar os fios a pilha prendendo com fita isolante.

Atenção!

Tomar muito cuidado para as crianças não se machucarem ao conectar os fios à pilha. O professor é quem deverá fazer esse processo de ligar o fio a pilha. O efeito joule pode queimar os dedos das crianças.

5.4 - Aparato Experimento de Oersted

Este recurso é utilizado no Momento 3, na Aula 7.

Material:

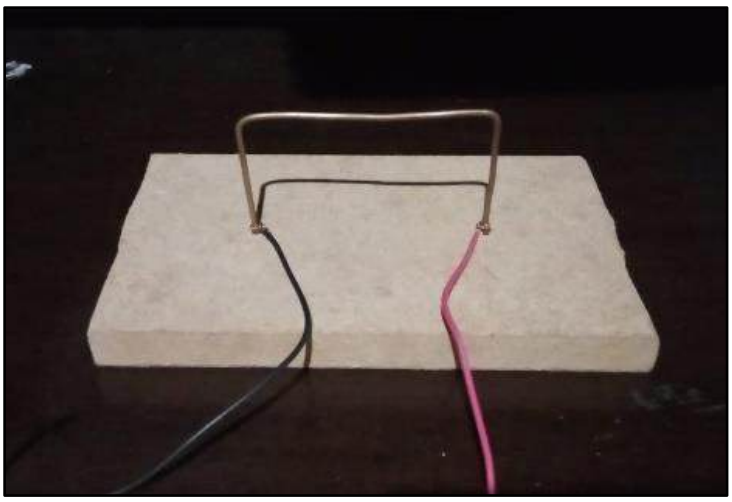
- 4 pedaços de madeira de 14cmx8cm;
- 4 bússolas;
- 4 pedaços de fio de cobre desencapados, aproximadamente 16cm;
- Alicate;
- Fios tipo pisca-pisca;
- 4 pilhas de 9V.

Montagem:

1. Os fios de cobre devem ser dobrados de modo a ter o seguinte formato Π com as extremidades bem retas, conforme apresentado na Figura 28.
2. As pontas devem ser fixadas na base de madeira e os fios presos em suas bases conforme a Figura 28.
3. A bússola deverá ficar embaixo do fio de cobre.

4. Última etapa é ligar os fios a pilha. Cuidado! O professor deve realizar essa etapa para evitar que os alunos se queimem pelo efeito joule.

Figura 28 - Aparato Experimento de Oersted.



Fonte: o autor.

5.5 - Labirinto e caneta magnética

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 1ª Ilha.

Material:

- Uma folha de isopor;
- Cola de isopor;
- Estilete;
- 4 folhas de transparência;
- Esferas de ferro de 1mm (uma esfera para cada participante da equipe).

Material caneta magnética:

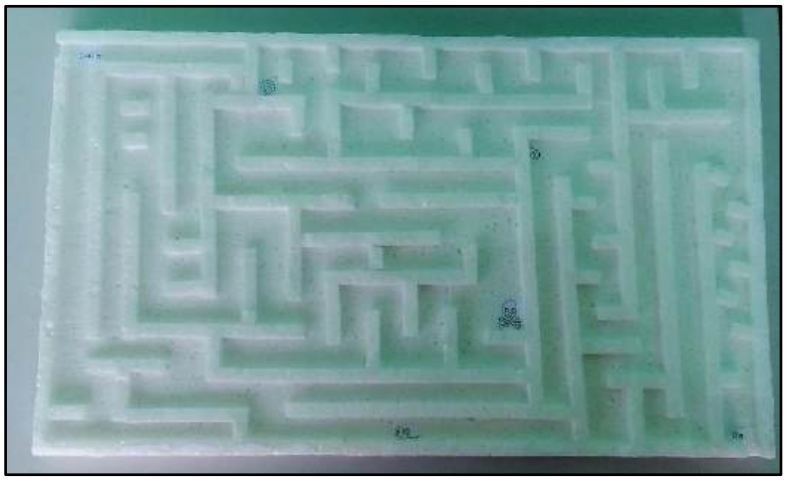
- 1 pedaço de mangueira transparente aproximadamente 17cm;
- 1 prego de 12 cm;
- 20cm de fio de cobre desencapado;
- Alicate;
- 1 interruptor;
- 1 pilha de 1,5V;

- 1 canetão de quadro branco sem uso.

Montagem do labirinto:

1. Para o labirinto usamos as seguintes dimensões: 50cm x 30 cm.
2. Nas divisórias utilizamos tiras de 1cm de altura.
3. A montagem e modelo Figura 29 fica a critério do professor.

Figura 29 – Labirinto magnético



Fonte: o autor.

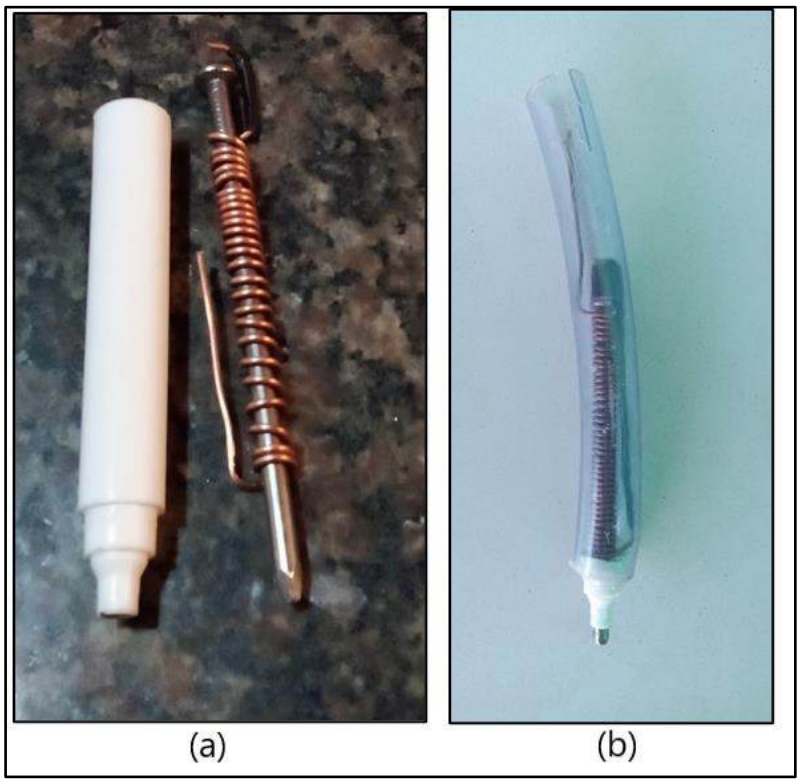
4. Após colar as tiras de isopor definido o labirinto, deve-se colar as folhas transparentes sobre o labirinto deixando duas aberturas descritas como início, onde serão colocadas as esferas, e fim, onde elas devem ser levadas usando a caneta magnética.

Montagem caneta magnética:

1. A montagem deve seguir o mesmo modelo do eletroímã, item 5.3, e conforme Figura 30a.
2. Após enrolar o fio no prego, a ponta do fio que está na parte da ponta do prego deve seguir por dentro da mangueira até a parte de cima conforma a Figura 30b.
3. Uma extremidade deve ser conectada ao interruptor e depois a pilha.
4. A ponta do prego deve ser lixada e arredondada com uma lima a fim de não machucar os alunos e nem danificar o labirinto no momento do manuseio.

5. Para fixar o prego na mangueira, foi utilizada uma ponta de canetão e colada com cola quente, conforme Figura 30a, que mostra o canetão, e Figura 30b, que mostra a montagem final.
6. Deve-se utilizar o alicate para fazer os cortes dos fios e deixá-los no tamanho correto.
7. Após montagem, deve-se realizar os testes para verificar alguma necessidade de ajuste.
8. Com os materiais prontos o professor deve deixar o labirinto e a caneta magnética em destaque na sala que representará a ilha.

Figura 30 - Caneta magnética.



Fonte: o autor.

5.6 – Barris

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 2ª Ilha.

Materiais:

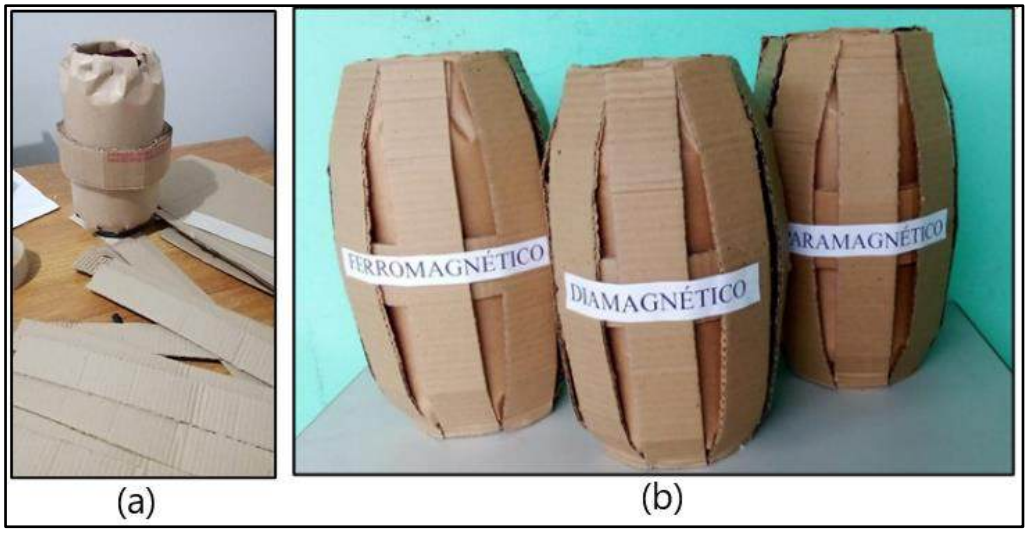
- 3 potes plásticos grandes, foram utilizados potes de whey protein;

- Papel kraft;
- Cola quente;
- Caixa de papelão (várias).

Montagem:

1. Deve-se forrar os potes com papel kraft.
2. Após cortar as tiras de papelão, deverá ser colado na lateral do pote formando um barril, conforme a Figura 31.
3. Cortar tiras de papelão de 4 cm x 3 cm, a altura das tiras deve ser ajustada com a altura do pote.
4. Deve-se fazer a impressão das palavras: FERROMAGNÉTICO, DIAMAGNÉTICO E PARAMAGNÉTICO, para serem coladas nos barris, conforme Figura 31b.
5. Com os barris prontos, o professor deve deixá-los em destaque na sala que representará a ilha. E deve esconder um prego, ferromagnético, um frasco com água, diamagnético, e uma bola de papel alumínio, paramagnético, para que os alunos façam a classificação.

Figura 31 - Barris.



Fonte: o autor.

5.7 – Livro da Sabedoria Piratiana

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 3ª Ilha.

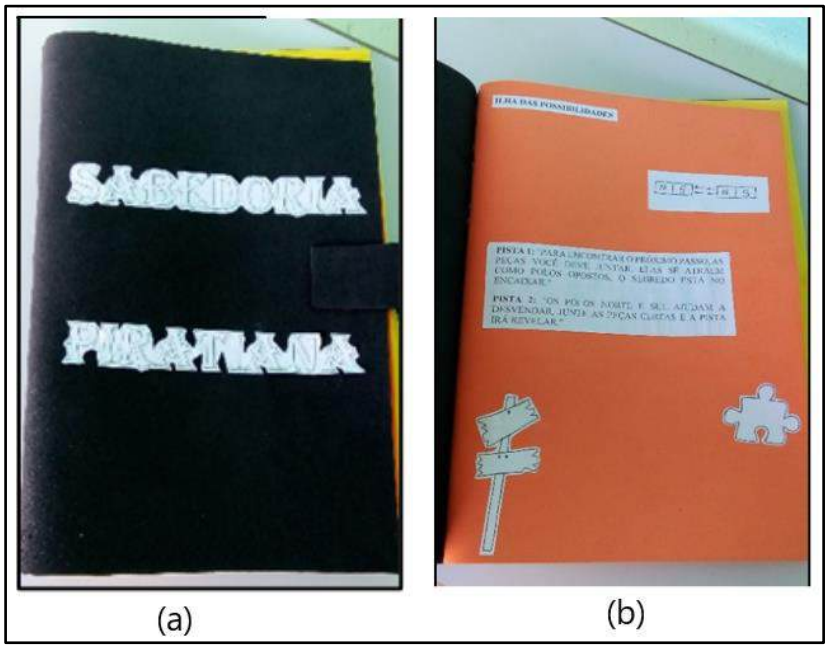
Material:

- Folhas de EVA de cores diferentes;
- Cola quente;
- Cadeado tipo de diário com a chave;
- Uma vasilha ou bacia com água (não deve ser muito rasa);
- Imãs de ferrite e neodímio;
- Um prego sem ponta;
- Uma bolinha de papel alumínio;
- Um frasco com água.

Montagem:

1. As folhas de EVA devem ser cortadas com as dimensões de duas folhas A4 juntas.
2. Deve-se colar as folhas formando um livro conforme Figura 32a.
3. Deverá ser decorado, e as pistas que estão na sequência devem ser impressas e coladas no livro conforme a Figura 32b.
4. Para finalizar, deve fechar o livro usando o cadeado.
5. O professor deve colocar o livro em destaque na sala que representa a ilha, colocar a chave dentro da vasilha com água da água que também deverá estar na sala, deixa também alguns ímãs espalhados. Os alunos seguem as orientações.

Figura 32 – Livro da Sabedoria Piratiana.



Fonte: o autor.

As pistas abaixo devem ser impressas e coladas no livro que os alunos usarão nas próximas ilhas.

ILHA DAS POSSIBILIDADES

PISTA 1: "PARA ENCONTRAR O PRÓXIMO PASSO, AS PEÇAS VOCÊ DEVE JUNTAR. ELAS SE ATRAEM COMO POLOS OPOSTOS, O SEGREDO ESTÁ NO ENCAIXAR."

PISTA 2: "OS POLOS NORTE E SUL AJUDAM A DESVENDAR, JUNTE AS PEÇAS CERTAS E O PROBLEMA IRÁ SOLUCIONAR."

ILHA DAS TEMPESTADES MAGNÉTICAS

PISTA 1: "NUVENS ESCURAS NO HORIZONTE, RELÂMPAGOS E TROVÕES. A BÚSSOLA ESTÁ GIRANDO, USE SEU ÍMÃ PARA CONTROLAR A CONFUSÃO."

PISTA 2: "NA TEMPESTADE MAGNÉTICA, A ORIENTAÇÃO É INCERTA. FIQUE ATENTO AOS SINAIS, ELES GUIARÃO SEU CAMINHO."

ILHA DO TESOURO

PISTA 1: "NEM TODOS OS MATERIAIS SE COMPORTAM IGUAL, ALGUNS SÃO ATRAÍDOS COM FORÇA TOTAL. ALGUNS SÃO TÍMIDOS, OUTROS FERVOROSOS, E OUTROS UMA SURPRESA SUTIL. DESCUBRA QUEM É QUEM E ENCONTRE O TESOURO NO FINAL."

5.8 - Quebra cabeça

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 4ª Ilha.

Material:

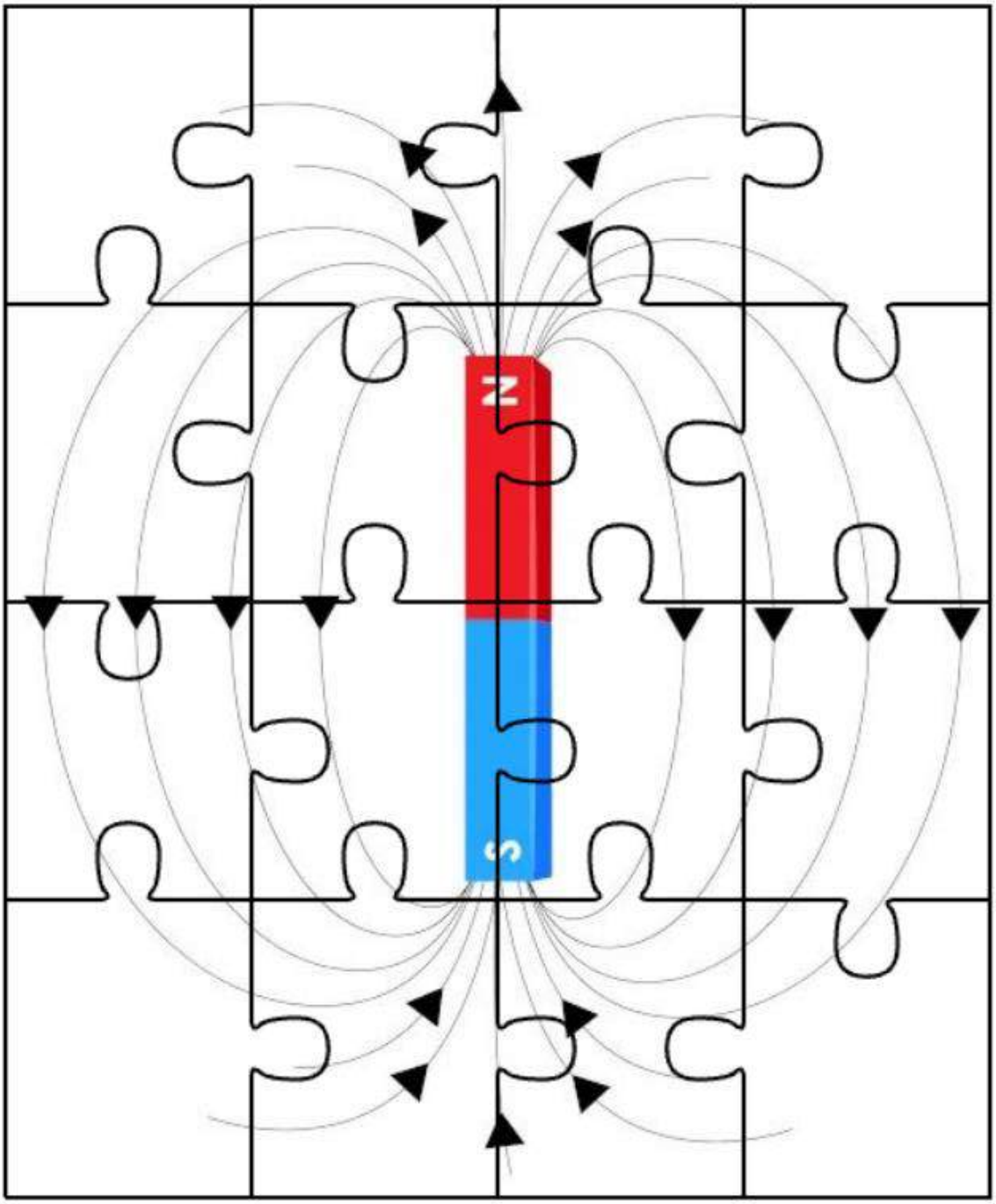
- Duas folhas de ímã adesivas;
- Tesoura;
- Imagem de campo magnético e experimento de Oersted.

Montagem:

1. Deve-se imprimir as Figuras 33 e 34 e colar no ímã de folha.

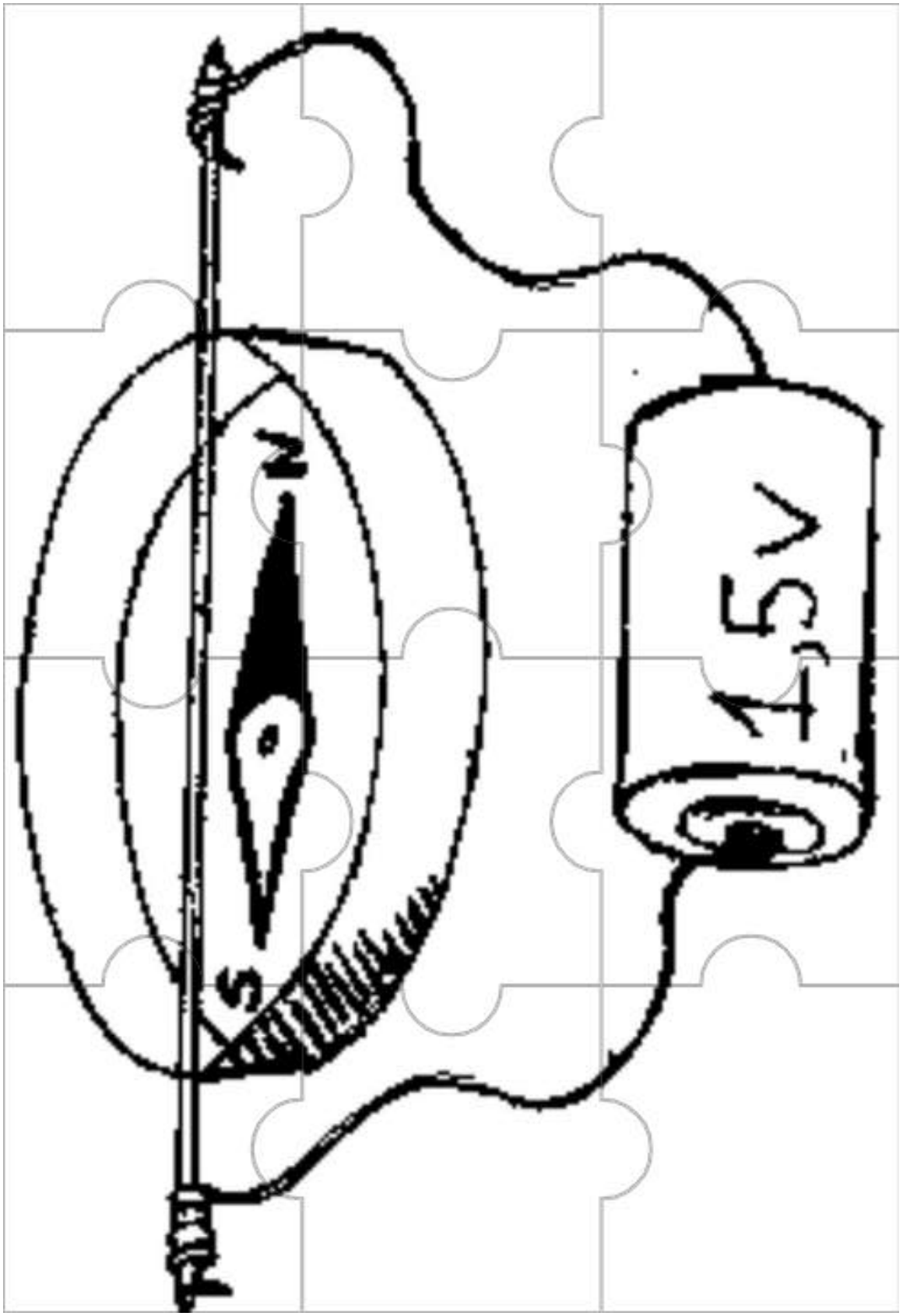
2. Recortar o quebra-cabeça.
3. Deixar embaralhado sobre uma superfície de metal, para que os alunos possam manusear durante o jogo.
4. As Figuras 33 e Figura 34 devem estar dentro do livro de pistas da ilha do conhecimento 5.7.

Figura 33 - Quebra-cabeça ímã de barra da 4ª ilha.



Fonte: Mundo Educação

Figura 34 - Quebra-cabeça experimento de Oersted da 4ª ilha.



Fonte: Univesp

5.9 – Retrato Pirata

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 5ª Ilha.

Material:

- 2 folhas transparentes;
- Desenho de pirata;
- Ímã de barra;
- Estilete;
- Tesoura;
- Cola.

Montagem:

1. O desenho do pirata deve ser passado para a folha sulfite recordando com cuidado todo o cabelo.
2. Deve-se colar uma folha transparente sobre o desenho.
3. Depois de secar, deve colar as extremidades da folha sobre outra folha de sulfite inteira, deixando a parte superior aberta.
4. Após secar, deve colocar uma quantidade de limalha de ferro pela extremidade superior que está aberta, e deve fechar colando as partes, conforme a Figura 35.

Figura 35 – Retrato Pirata.

Fonte: o autor.

5.10 – Tesouro

Este recurso é utilizado no Momento 4, Aulas 8 e 9, na 6ª Ilha.

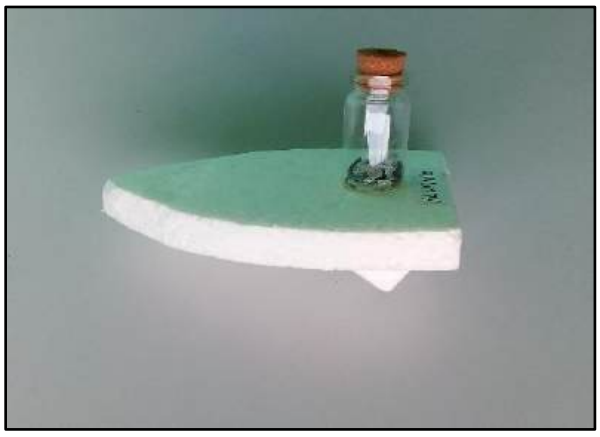
Material:

- Um pedaço de isopor;
- Cola de isopor;
- 1 moeda de 1 real;
- Grafite;
- 1 pote com papel alumínio usado na aula 3;
- 1 bacia ou vasilha grande com água;
- 1 ímã de ferrite;
- 1 ímã de neodímio;
- Papelão;
- Cola quente;
- Fita adesiva;
- 3 arames de saco de pão;
- Moedas de chocolate (duas para cada criança);
- Bússolas (uma para cada criança).

Montagem dos barquinhos:

1. Os 3 barquinhos devem ser cortados segundo a Figura 36 e colados.
2. Dimensões: 7 cm base e 11cm da base a ponta.

Figura 36 – Barco paramagnético.



Fonte: o autor.

3. Depois de secos, deve-se colar sobre cada um dos barcos a moeda, o grafite e o pote vidro com papel alumínio. De acordo com a Figura 36.
4. A bacia deve estar cheia de água e os barquinhos dentro dela.

Montagem dos baús:

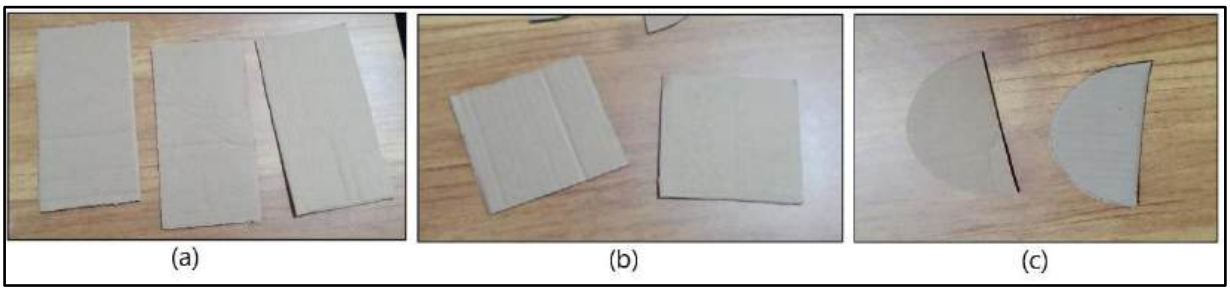
Para montar os baús, é necessário cortar os papelões nas seguintes dimensões:

3 retângulos de 20 cm x 10 cm, Figura 37a.

2 quadrados de 10 cm x 10 cm, Figura 37b.

2 semicírculos de 10 cm de base na forma de C, Figura 37c.

Figura 37 - Partes do baú.

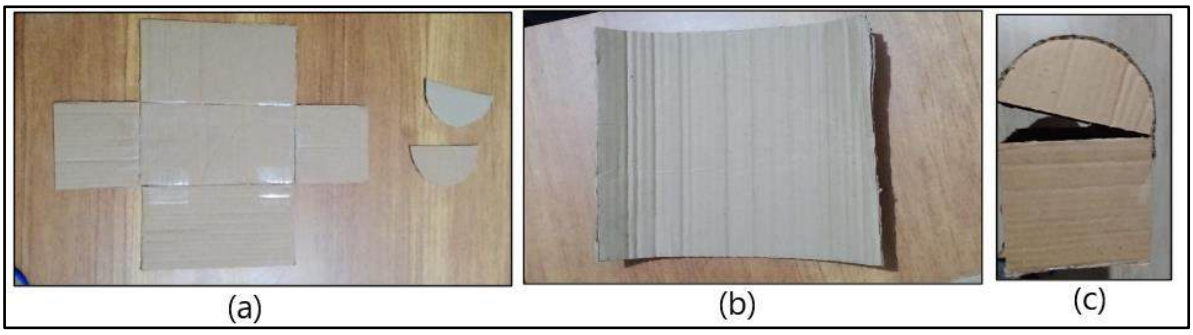


Fonte: o autor.

Após cortar as peças devem ser coladas com fita adesiva conforme a Figura 38a.

Para fazer a tampa, será necessário um quadrado 20 cm x 20 cm Figura 38b, que deverá ser curvado e colado nos semicírculos da Figura 19c, conforme Figura 38c.

Figura 38 – Partes do baú, montagem.



Fonte: o autor.

Após montagem teremos o baú como escrito na Figura 39. Você deverá fazer mais dois. Neles devem conter uma bússola e duas moedas de chocolate para cada aluno da equipe. Ele deverá ser aberto somente depois que todas os grupos participarem da atividade. Para fechar o baú, foi utilizado um arame desses de sacola de pão.

Figura 39 - Baú.

Fonte: o autor.

Na sala que representa a 6ª ilha, a bacia com água, os ímãs e os barcos devem estar em destaque para que os alunos realizem parte do desafio da ilha. Além disso, devem estar em destaque as perguntas, que estão descritas no plano de Aula 8 e 9, com o lápis para eles responderem e, somente depois disso, pegarem o baú.

6 CUSTOS

A seguir no Quadro 1, apresentamos os custos dos materiais usados para a montagem dos aparatos do Produto Educacional.

Quadro 2 - Custos dos materiais

Quantidade	Item	Valor unitário	Custo
1	Tesoura de mdf	R$ 50,00	R$ 50,00
4	Barra magnética 46 x 10 x 5 mm	R$ 4,30	R$ 17,20
4	Barra magnética com identificação de polos	R$ 14,90	R$ 59,60
4	Ferradura magnética com identificação de polo	R$ 19,20	R$ 76,80
4	Ímã de neodímio 25x15 mm - N42	R$ 37,10	R$ 148,40
1	Placa de isopor 1000x500mm	R$ 4,70	R$ 4,70
1	Cola para isopor 45g	R$ 8,50	R$ 8,50
6	Refil de cola quente	R$ 6,00	R$ 36,00
6	Folha transparência	R$ 4,00	R$ 24,00
1	Bússola 6mm	R$ 9,90	R$ 9,90
30	Bússolas 4mm	R$ 78,99	R$ 78,99
4	Pilhas D	R$ 22,00	R$ 44,00
4	Pregos 12x12mm	R$ 1,00	R$ 4,00
2	Potes de moedas de chocolate	R$ 8,00	R$ 16,00
		TOTAL	**R$ 578,09**

Fonte: o autor.

Durante a confecção dos materiais para o Produto Educacional, buscamos utilizar, sempre que possível, recursos de fácil acesso e baixo custo. No entanto, alguns dos materiais listados anteriormente não puderam ser substituídos por alternativas mais simples. Ainda assim, parte dos materiais foi obtida sem custos, graças a doações de oficinas de som automotivo, como os ímãs de anel com diâmetros de 18 cm, 12 cm e 8 cm.

7 MAPA DO TESOURO E CERTIFICADO

O mapa do tesouro, Figura 40 foi criado por Sêmily Souza dos Santos, estudante do 9º ano e filha de um dos autores deste trabalho. Apaixonada por desenhos, Sêmily colaborou de forma criativa e entusiasta com a proposta. Durante o desenvolvimento do

Produto Educacional e da dinâmica inspirada em uma caça ao tesouro por uma equipe de piratas, percebemos a necessidade de criar um mapa temático. Solicitamos, então, o apoio de Sêmily, que prontamente contribuiu para idealizar essa etapa.

O certificado, Figura 41 foi elaborado por um dos autores deste trabalho, ao identificarmos a importância de realizar uma cerimônia simbólica de encerramento da atividade, valorizando a participação dos(as) alunos(as).

A seguir, apresentamos o mapa, que deve ser impresso para cada equipe, e o certificado, que deverá ser entregue individualmente a cada aluno(a).

Figura 40 - Mapa do Tesouro Magnético.

Fonte: Santos, 2024

Figura 41 - Certificado Pirata Cientista.

Fonte: o autor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta jornada rumo às propriedades magnéticas dos materiais, reafirmamos nosso compromisso com uma educação que desperte a curiosidade, valorize a experimentação e incentive a descoberta. Ao desenvolvermos este Produto Educacional, buscamos construir uma proposta didática que dialogasse com a realidade das salas de aula do Ensino Fundamental I e II, oferecendo aos estudantes a oportunidade de vivenciar conceitos complexos de forma concreta e lúdica.

Acreditamos que ensinar Física nos anos iniciais é, acima de tudo, uma escolha pela valorização do potencial investigativo natural das crianças. Elas são cientistas em essência: questionam, observam, testam e constroem hipóteses. Nosso papel, como educadores, é oferecer os caminhos, os materiais, os contextos e os desafios certos para que esse processo floresça com intencionalidade e significado.

Esperamos que este Produto Educacional inspire outros professores a recriar, adaptar e transformar a proposta aqui apresentada. Que cada elemento: seja um plano de aula, um experimento ou o jogo da Caça ao Tesouro Magnético, possa ser um ponto de partida para novas experiências pedagógicas, sempre centradas na construção coletiva do conhecimento.

Seguimos confiantes de que ensinar com ludicidade, ciência e encantamento é uma das formas mais potentes de transformar o espaço escolar em um lugar de descobertas e possibilidades.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2002.

BASSANI, D.; SANTOS, R. A. dos. **Tecnologias digitais para o ensino de física: eletricidade e magnetismo no Ensino Médio.** A Física na Escola, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 220711–1, 2023. DOI: 10.59727/fne.v21i1.60. Disponível em: https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/60. Acesso em: 26 set. 2024.

BERTUNCELLO, J. M. Z.; BORTOLETO, E. **Curiosidade e prazer de aprender: o papel da curiosidade na aprendizagem criativa.** Criar Educação, Criciúma, v. 6, n. 2, p. [s. p.], jul./nov. 2017. PPGE – UNESC.

BRINATTI, A. M. et al. **O Castelo de Snell: uma proposta de sala de aula invertida e atividade baseada em games para a formação continuada de professores de Física da Educação Básica.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CURRÍCULO, AVALIAÇÃO, FORMAÇÃO E TECNOLOGIAS EM EDUCAÇÃO, 3., 2021, Porto. Anais... Porto: [s. n.], 2021. v. 1, p. 282-283.

CARDOSO, M. D. O.; BATISTA, L. A. **Educação Infantil: o lúdico no processo de formação do indivíduo e suas especificidades.** Revista Educação Pública, v. 21, n. 23, 22 jun. 2021. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/22/educacao-infantil-o-ludico-no-processo-de-formacao-do-individuo-e-suas-especificidades. Acesso em: [data não informada].

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

COLCHESTER, W. G. **De Magnete – Sobre o ímã, corpos magnéticos também, e sobre o grande ímã a Terra uma nova fisiologia, demonstrada por muitos**

argumentos e experimentos. Tradução para o inglês por SP Thompson, 1900. Disponível em: https://www.gutenberg.org/files/33810/33810-h/33810-h.htm. Acesso em: 27 set. 2024.

D'AGRELLA FILHO, M. S. **A física do magnetismo.** Disponível em: https://www.iag.usp.br/~eder/campo_magnetico.pdf. Acesso em: [data não informada].

DANTAS DE SÁ, C.; PAULUCCI, L. **Desenvolvimento de um sistema de RPG para o ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, e20210005, 2021.

EDUCACROSS. **David Ausubel e a aprendizagem significativa.** Disponível em: https://blog.educacross.com.br/educacao/aprendizagem-significativa/. Acesso em: 25 set. 2024.

DE MESQUITA, U. N.; DE SOUZA, P. R. P. **Um olhar sobre o ensino de física: o lúdico como instrumento facilitador no processo de ensino e aprendizagem.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 9, p. 61823–61843, 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-094.

FARIA, R. N.; LIMA, L. F. C. P. **Introdução ao magnetismo dos materiais.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

FERNANDES JUNIOR, A. S.; ARCANJO FILHO, M. **Experimentos de baixo custo em eletricidade e magnetismo para o ensino médio.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 8, p. 56679–56689, 2022. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv8n8-121. Acesso em: 26 set. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

UNESP. **Fio cria campo magnético.** Disponível em: https://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele09.htm. Acesso em: 20 jun. 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física. Volume 3: Eletromagnetismo.** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi.

HENISCH, A. K.; SILVA, J. B. **O eletromagnetismo e a física moderna através de atividades experimentais** [livro eletrônico]. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 8).

HEWITT, P. G**. Física conceitual** [recurso eletrônico]. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina.

JÚNIOR, J. S. S. **Hans Christian Oersted.** Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/hans-christian-oersted.htm. Acesso em: 6 jan. 2025.

LABAS, M. **Uma proposta de abordagem histórico-experimental da lei de indução eletromagnética de Faraday à luz da teoria da aprendizagem significativa.** 2016. 194 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem.** Tradução: Vera Magyar; revisão técnica: José Fernando B. Lomônaco. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Linhas de campo magnético.** Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/campo-magnetico.htm. Acesso em: 10 jun. 2024.

MARQUES, G. C. UNIVESP – **Materiais diamagnéticos. Física Universitária.** 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ej_Gyzpe3Cs. Acesso em: [data não informada].

MARQUES, G. C. UNIVESP – **Materiais ferroelétricos.** Física Universitária. 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Oh14tL18qWE. Acesso em: [data não informada].

MARQUES, G. C. UNIVESP – **Materiais paramagnéticos.** Física Universitária. 10 ago. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mz4GGxE06vE. Acesso em: [data não informada].

WIKIPÉDIA. **Método científico. In: Wikipédia: a enciclopédia livre.** Flórida: Wikipedia Foundation, 2024. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Método_científico&oldid=68165637. Acesso em: 22 jun. 2024.

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

MOREIRA, M. A. **Diagramas V e aprendizagem significativa.** Instituto de Física da UFRGS. Disponível em: http://moreira.if.ufrgs.br. Acesso em: [data não informada].

BRASIL. **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais**: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997. 136 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf. Acesso em: [data não informada].

PIMENTELL, J. R. **A tesoura de Gauss – uma tesoura pra cortar linhas de campo magnético.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 15, n. 1, p. 82–86, abr. 1998.

PRASS, A. R. **Teorias de aprendizagem.** [S. l.]: ScriniaLibris.com, 2012.

RAMOS, S. C. et al. **Ensino de conceitos de magnetismo com o uso da prototipagem Arduino: uma sequência didática fundamentada nos três momentos pedagógicos.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 19, n. 1, 2024.

RESENDE, T. F.; FIREMAN, E. C. **Explorando o conceito de magnetismo com alunos do curso de Licenciatura em Pedagogia a Distância da UFAL: reflexões sobre o uso de experimentos didáticos no ensino de Ciências da Natureza nos Anos Iniciais da Educação Básica.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 76–91, 2014. DOI: 10.26843/rencima.v5i1.563. Disponível em:

https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/563. Acesso em: 26 set. 2024.

SILVA JÚNIOR, C. A. B. et al. **Ensinando Ciências Físicas com experimentos simples no 5º ano do Ensino Fundamental da educação básica.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 1, 2019. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/7433. Acesso em: 29 dez. 2024.

SOBRINHO, M. F. **A Teoria de Ensino de Bruner.** Disponível em: https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/educacao/resenha-teoria-ensino-bruner.htm. Acesso em: 25 set. 2024.