



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

MARCIANA CAVALCANTE ALVES

**O MAGNETISMO TERRESTRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO COM
ABORDAGEM CTSA**

**CAMPINA GRANDE - PB
2024**

MARCIANA CAVALCANTE ALVES

**O MAGNETISMO TERRESTRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO COM
ABORDAGEM CTSA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

CAMPINA GRANDE - PB

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474m Alves, Marciana Cavalcante.
O magnetismo terrestre [manuscrito] : uma proposta de ensino com abordagem CTSA / Marciana Cavalcante Alves. - 2024.
88 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.
"Orientação : Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano, Coordenação do Curso de Física - CCT."
1. Abordagem CTSA - Educação. 2. Ensino de ciências. 3. Magnetismo terrestre. 4. Vida no planeta Terra. 5. Biodiversidade terrestre. I. Título

21. ed. CDD 550

MARCIANA CAVALCANTE ALVES

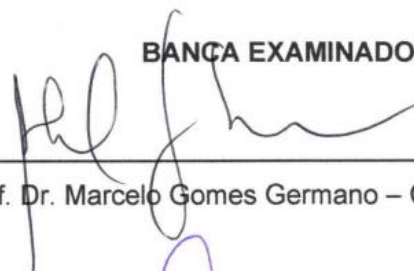
O MAGNETISMO TERRESTRE: UMA PROPOSTA DE ENSINO COM
ABORDAGEM CTSA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em 18/04/2024.

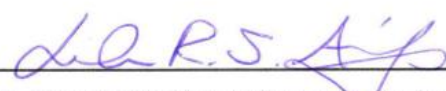
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano – Orientador – UEPB



Prof. Dr. Cidoval Moraes de Sousa - UEPB (Examinador interno)



Prof. Dr. Lincoln Rodrigues Sampaio de Araújo - UFCG (Ex. Externo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder discernimento e permitir a realização deste trabalho.

A minha mãe, Marinalva de Araújo Cavalcante, que me ajudou nesse período de escrita e sempre esteve presente.

A meu esposo, Diego Alves, por seu apoio e incentivo e por sempre acreditar mais em mim do que eu mesma.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano, que além de ser meu orientador, me incentivou mesmo diante das minhas falhas. Não me permitiu desistir diante das dificuldades.

Expresso minha gratidão aos amigos que a UEPB me proporcionou durante esses anos de instituição. Agradeço de coração a vocês, Samira Arruda, Daniely Maria, Magna Cely, Vânia katyane e Rodrigues.

*“... ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção”
(Freire, 2003, p. 47).*

RESUMO

Cada época traz consigo novos desafios ao ensino de ciências e, para enfrentá-los, novas propostas metodológicas e abordagens inovadoras são experimentadas. Considerando os desafios de um ensino de ciências que leve em consideração um desenvolvimento científico e tecnológico sustentável, nesta pesquisa fizemos a opção de seguir uma abordagem que procura trabalhar os conteúdos de física a partir de temáticas que possibilitem reflexões envolvendo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente ou, como ficou mais conhecido: uma abordagem CTSA. Nesta pesquisa objetivamos identificar e discutir as possibilidades e/ou limitações de uma experiência de ensino com abordagem CTSA para o estudo do magnetismo terrestre em sua relação com os organismos vivos, a biosfera e a vida no planeta. Naturalmente, a escolha do tema se deu por conta da importância do magnetismo terrestre para os seres orgânicos e toda a vida na Terra, mas também por questões históricas. Os fenômenos magnéticos, assim como as manifestações eletrostáticas são bem mais antigos que o eletromagnetismo moderno e nem sempre são considerados com a devida atenção nos estudos de ciências. A maioria dos livros didáticos apresenta essa discussão de maneira resumida e superficial. No sentido de contribuir com esta demanda, será elaborado um material paradidático com abordagem CTSA para o ensino do magnetismo terrestre. Acreditamos que essa proposta seja importante para auxiliar os estudantes e os professores em nova perspectiva para o ensino do referido conteúdo.

Palavras chave: ensino de ciências; magnetismo; abordagem CTSA.

ABSTRACT

Each era brings with it new challenges for science teaching and, to meet them, new methodological proposals and innovative approaches are tried out. Considering the challenges of teaching science that takes into account sustainable scientific and technological development, in this research we chose to follow an approach that seeks to work with physics content based on themes that enable reflections involving Science, Technology, Society, and the Environment or, as it has become better known: a CTSA approach. In this research, we aim to identify and discuss the possibilities and/or limitations of a teaching experience with a CTSA approach to the study of terrestrial magnetism in its relationship with living organisms, the biosphere, and life on the planet. Naturally, the topic was chosen because of the importance of terrestrial magnetism for organic beings and all life on Earth, but also historical reasons. Magnetic phenomena, as well as electrostatic phenomena, are much older than modern electromagnetism and are not always given due attention in science studies. Most textbooks present this discussion in a summarized and superficial way. To contribute to this demand, paradidactic material with a CTSA approach will be developed for teaching terrestrial magnetism. We believe that this proposal is important for helping students and teachers take a new approach to teaching this content.

Keywords: science teaching; magnetism; CTSA approach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Reconstrução do tabuleiro de adivinhação, com a colher de pedra-ímã girante ao centro. Reconstrução feita por Wang Chen-To (Needham, 1962, p. 266).	24
Figura 2: Fotografia do paralelepípedo quebrado de pedra-ímã olmeca, medindo 3,4 cm, conhecido como artefato M-160.	25
Figura 3: O eletroímã da foto é usado para transportar sucata em uma fundição. (Digital Vision/Getty Imagens).	33
Figura 4: (a) Na regra da mão direita, o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de v para B. (b) se a carga q é positiva, a força $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ tem o mesmo sentido que $\vec{v} \times \vec{B}$. (c) Se q é negativa, a força \vec{F}_B tem o sentido oposto ao de $\vec{v} \times \vec{B}$	36
Figura 5: (a) Linhas de campo magnético nas proximidades de um ímã em forma de barra. (b) Um “ímã de vaca”, ímã em forma de barra introduzido no rúmen das vacas para evitar que pedaços de ferro ingeridos acidentalmente cheguem ao intestino do animal. A limalha de ferro revela as linhas de campo magnético. (cortesia do Dr. Richard Cannon, Southeast Missouri State University, Cape Girardeatt).	38
Figura 6: (a) Ímã em forma de ferradura e (b) ímã em forma de C. (Apenas algumas linhas de campo externas foram desenhadas).	38
Figura 7: Ímã na base de isopor.	53
Figura 8: Conjunto ímã e isopor na cuba com água.	54
Figura 9: Ímãs com seus polos indicados nas cores: vermelho e azul.	54
Figura 10: ímã que pode se movimentar livremente.	55
Figura 11: Polos magnético e geográfico terrestres.	56
Figura 12: Aula expositiva: Propriedades Magnéticas.	64
Figura 13: Construção dos cartazes.	65
Figura 14: Alunos realizando o experimento	66
Figura 15: Alunos utilizando o simulador Phet.	67
Figura 16: Alunos fazendo a leitura do texto referente à atividade III.	68
Figura 17: Alunos realizando a leitura do texto.	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSSC	Biological Sciences Curriculum Study
C&T	Ciência e a Tecnologia
CBA	Chemical Bond Approach
CMT	Campo Magnético Terrestre
CoPPE	Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnológica, Sociedade e Ambiente
EUA	Estados Unidos
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Funtec	Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico
IOSTER	International Organization for Science and Technology Education
NSTA	National Science Teachers Association
PLACTS	Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade
PSSC	Physical Science Study Committee
SAPA	Synthetic Aperture Personality Assessment
SD	Sequência Didática
SMSG	School Mathematics Study Group
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Movimento CTSA: aspectos históricos	14
2.2	O Movimento CTSA no Brasil	16
2.3	Abordagens CTSA no Ensino de Ciências	19
2.4	O Magnetismo: fragmentos históricos	20
2.5	O Magnetismo: aspectos teóricos	32
2.5.1	<i>O que produz um campo magnético?</i>	32
2.5.2	<i>A Definição de B</i>	34
2.5.3	<i>Determinação da Força Magnética</i>	35
2.5.4	<i>Linhas de Campo Magnético</i>	37
2.6	O Ensino do Magnetismo	39
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1	O tipo e a Natureza da Pesquisa	42
3.2	Público e Local da Pesquisa	43
3.3	Coleta dos dados	43
3.4	Análise dos dados	44
3.5	Sobre a Sequência Didática	44
4	UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO MAGNETISMO	47
4.1	Os desafios no processo de aprendizagem	47
4.2	Introdução	50
4.3	Orientações ao professor	51
4.4	Material orientado aos alunos	51
4.4.1	<i>Atividade I: Explorando os Mistérios dos Ímãs: Uma Jornada pelo Mundo do Magnetismo</i>	51
4.4.2	<i>Atividade II: Buscando um instrumento de orientação: Uma proposta de atividade experimental</i>	52
4.4.3	<i>Atividade III: As Formigas e o Campo Magnético</i>	57
4.4.4	<i>Atividade IV: Uma parte da História</i>	58
4.4.5	<i>Atividade V: Debate simulado</i>	60
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1	Relatando a experiência	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: EXPLORANDO CONHECIMENTOS: QUESTIONÁRIO SOBRE SUAS IDEIAS PRÉVIAS SOBRE MAGNETISMO	77
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO: ATIVIDADE I:	

EXPLORANDO OS MISTÉRIOS DOS ÍMÃS: UMA JORNADA PELO MUNDO DO MAGNETISMO	78
APÊNDICE C – TEXTO DISPONÍVEL PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE III	79
APÊNDICE D – SUGESTÕES DE ATIVIDADES	81
APÊNDICE E – O ‘MAGNETISMO’ DAS MOSCAS	85

1 INTRODUÇÃO

Podemos considerar a Física uma ciência que apresenta uma forte influência na vida cotidiana das pessoas, tanto por estar relacionada com certa variedade de fenômenos naturais, quanto por estar vinculada a construção de um mundo tecnológico envolvido em ações, operações e inteligências artificiais. Dependendo da forma como é ensinada, a Física pode contribuir para um melhor entendimento de diversos fenômenos naturais, mas, sobretudo, para poder transitar em um mundo cada vez mais artificial e amparado em artefatos tecnológicos.

Neste sentido, com as mudanças exigidas pelos projetos educacionais especificamente na área de Ciências da Natureza, faz-se necessário reconhecer que a prática educativa também necessita de mudanças. Precisamos refletir sobre a persistência de propostas em sala de aula que continuam a propagar aulas expositivas, e intercaladas por exercícios repetitivos, cuja abordagem apenas privilegia o uso de operações matemáticas, sem uma reflexão sobre proporcionalidades, interação com as grandezas e suas unidades de medidas. A desconsideração dos aspectos empíricos e fenomenológicos e do processo envolvido na construção do conhecimento científico conduz a um claro distanciamento entre os conteúdos ministrados, a ciência envolvida e a realidade cotidiana (Clemente, 2003).

Em tais contextos, os estudantes reconhecem que não conseguem relacionar o que se discute em sala de aula com situações práticas e cotidianas. Imputando às dificuldades à disciplina que parece mais uma caricatura da matemática, mas sem aplicação prática na vida cotidiana.

Na tentativa de contribuir para a transformação desse cenário, sugerimos que o processo de ensino e aprendizagem, leve em consideração, aqueles tópicos em que as práticas de contextualização possam ser efetivamente consideradas (Oliveira, 2012). Nesse sentido, concordamos com Kishimoto (1996) que o professor precisa rever a utilização de propostas pedagógicas introduzindo em suas práticas aquelas que atuem nos componentes internos da aprendizagem, pois estes não podem ser ignorados quando o objetivo é a apropriação de conhecimentos por parte do aluno. (Kishimoto, 1996, apud, Campos *et al*, 2003).

Partindo desses pressupostos, consideramos que discutir questões de Ciência, Tecnológica, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA) em sala de aula, pode

contribuir para essa aproximação - contextos científicos e contextos dos estudantes – e para mudança nas práticas educativas.

Segundo autores como Bazzo *et al.* (2003); Firme e Amaral (2011); Mazeti (2017); Cachapuz e Praia (2005); Auler (2007); o uso da abordagem CTSA prepara os indivíduos para refletir a respeito das situações e dos fatos sociais discutidos em diferentes contextos e diferentes pontos de vista. Por outro lado, aproxima os projetos educacionais da formação do cidadão, potencializando habilidades de sensibilizar-se; interagir, questionar e interessar-se por questões que afligem a sociedade.

Auler (2007) defende que uma abordagem CTSA permite a discussão de temas interdisciplinares e uma democratização dos processos decisórios e fundamentais aos estudantes. Nesta forma de abordagem, os conteúdos da física, a exemplo do magnetismo, podem ser discutidos a partir de temáticas mais amplas, tais como: a relação do magnetismo com a vida na Terra; O uso doméstico do magnetismo (sandálias, pulseiras e colchões magnéticos); as aplicações tecnológicas do magnetismo: ressonância magnética, dentre outros.

Este trabalho tem como objetivo, identificar e discutir as possibilidades e/ou limitações de uma experiência de ensino com abordagem CTSA para o ensino do magnetismo terrestre em sua relação com os organismos vivos, a biosfera e a vida no planeta. Para alcançar o referido objetivo, será necessário:

- Realizar uma pesquisa para identificar ideias prévias dos alunos sobre o magnetismo e a vida na Terra;
- Planejar e experienciar uma proposta didática CTSA para o ensino do magnetismo;
- A partir da referida experiência, construir uma produção paradidática com abordagem CTSA para o ensino do magnetismo.

O conteúdo do magnetismo oferece oportunidade para abordagens de cunho empírico, podendo potencializar o ensino com a utilização de outros recursos, como as atividades experimentais associadas ao uso de simulações que possibilitam exercícios com modelos que representam a realidade.

O trabalho está estruturado em seis capítulos, o primeiro que apresenta a introdução sobre o tema e os objetivos da nossa proposta. Em seguida no segundo

capítulo apresentamos o suporte teórico que discute o nascimento do movimento CTSA no Brasil e no mundo e a relevância desta abordagem para o ensino de ciências, segundo Bazzo *et al.* (2007); Firme e Amaral (2011) e Mazeti (2017). Ainda nesse capítulo serão apresentados alguns traços da história do magnetismo seguido de uma sessão sobre a relação entre o magnetismo e a vida na Terra.

No terceiro capítulo apresentamos o caminho metodológico. Qual o tipo de pesquisa; Como foi desenvolvida, quais as ferramentas utilizadas para a coleta de dados; Ainda neste capítulo, discutiremos a metodologia de ensino considerando uma abordagem CTSA e o processo de construção do produto educacional.

Sobre o quarto capítulo, traremos a construção da proposta, com as cinco atividades que serão realizadas em sala de aula. No quinto capítulo listaremos os resultados e discussões obtidos com a realização das atividades e uma avaliação preliminar da proposta didática, considerada a referência metodológica em uma abordagem CTSA.

Por fim no sexto e último capítulo, finalizamos trazendo nossas considerações acerca desta experiência de ensino.

Como produto derivado desta dissertação, temos a proposta de ensino intitulada “**Magnetismo e Meio Ambiente: Uma proposta de ensino com abordagem CTSA**”, a qual abrange as atividades realizadas na experiência em sala de aula e inclui as descritas nos apêndices desta dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Movimento CTSA: aspectos históricos

Os estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surgiram em meados do século XX como resultado da insatisfação e da necessidade de reformulação dos currículos escolares no sentido de atender a demandas e questões sociais da época. De acordo com Auler (2001) a partir de meados dos anos de 1960, nos países capitalistas centrais, principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra, cresceu uma espécie de sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo ao prometido desenvolvimento e bem-estar social. Após a euforia das décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à segunda guerra mundial e a guerra do Vietnã, fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de duras críticas.

Ainda conforme Auler (2001), do ponto de vista interno, a publicação das obras “A estrutura das revoluções científicas”, pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e o livro *Silent Spring*¹, escrito pela bióloga naturalista Rachel Carsons, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Aos poucos o ambiente foi sendo introduzido e uma nova sigla foi apresentada: CTSA, tornando-se comum na literatura tanto o termo CTS quanto CTS_A ou CTSA.

Com o fim da segunda guerra mundial inaugura-se um período de disputas e conflitos entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética que mais tarde ficou conhecido como período de Guerra Fria. Naquele contexto os investimentos de capital na área de ciências cresceram bastante nos EUA, sobretudo depois do lançamento do Sputnik I² pelos soviéticos, quando finalmente, os norte-americanos se deram conta de que haviam sido ultrapassados na “corrida espacial”. A partir de então, aumentaram ainda mais os investimentos em projetos direcionados as áreas das ciências e matemática, principalmente projetos voltados para a formação básica. Orientados para o ensino médio destacaram-se o PSSC para a Física, CBA para a Química, BSCS para a Biologia e SMSG para a Matemática, já para os níveis

1 Primavera Silenciosa

2 O primeiro satélite artificial a orbitar na Terra, enviado pelos soviéticos em outubro de 1957.

elementares: tinham o SCIS e SAPA. Todos esses projetos foram coordenados por cientistas renomados da época (Alves Filho, 2000).

De acordo com Souza Cruz e Zylbersztajn (2001), depois de alguns anos de execução dos referidos projetos, foi feito um relatório para avaliação dos resultados. Nesse relatório, baseados em pesquisa feita com professores e administradores de escolas foram observadas certas lacunas e questionamentos: (1) A educação não ajudava os indivíduos a usar a ciência no sentido de melhorar sua própria vida e para acompanhar o crescimento da tecnologia no mundo; (2) A educação científica não produzia cidadãos informados e preparados para tratar responsavelmente problemas relacionando ciência e questões sociais. (3) A educação científica não dava a todos os estudantes consciência da natureza e da variedade de carreiras relacionadas com ciência e tecnologia que podem atender diferentes aptidões e interesse. (4) A educação científica preparava os estudantes para a carreira acadêmica. (Souza Cruz e Zylbersztajn, 2001, p. 178).

Conforme os resultados apresentados no relatório final, tais projetos não eram satisfatórios em relação aos três primeiros questionamentos, atendendo apenas ao quarto ponto, que se refere à carreira acadêmica. Considerada a natureza dos projetos e a formação dos seus coordenadores, é justificável a obtenção de maior sucesso no quarto ponto. Como resposta aos resultados apresentados por este estudo, e outros que também foram feitos na época, nasce à necessidade de se implantar um enfoque que aborde os quatro pontos, e no ano de “1980 a NSTA (National Science Teachers Association) anunciou oficialmente CTS como meta central para a educação em ciência na década” (Souza Cruz e Zylbersztajn, 2001, p. 179).

O enfoque CTS teve maior repercussão internacional quando a *International Journal of Science Education* publicou uma edição especial sobre CTS em 1988. Para ajudar na divulgação do novo enfoque, foi criada a *International Organization for Science and Technology Education – IOSTER*, e desde sua criação já foram organizados mais de oito Simpósios Internacionais.

Na Inglaterra o enfoque CTS nasce a partir de movimentos sociais voltados para a questão ambiental, a economia, aspectos industriais da tecnologia e a falibilidade da ciência. De acordo com Benakouche (2012) é no contexto dos chamados novos movimentos sociais que emergem nas sociedades mais avançadas do início dos anos 70 do século XX algumas manifestações específicas que

começaram a colocar em dúvida o caráter absoluto do conhecimento científico e a visão socialmente positiva de suas tecnologias e inovações. Dentre estas manifestações destacam-se o movimento antinuclear europeu, principalmente o alemão, e o próprio movimento ambientalista e ecológico.

Para os autores Garcia, Cerezo e Luján, enquanto na tradição europeia ocorreu uma institucionalização acadêmica em suas origens, dando ênfase aos fatos sociais antecedentes e dando mais atenção à ciência com a tecnologia em segundo plano, na tradição Norte-Americana observa-se uma institucionalização administrativa e acadêmica em sua origem, com ênfase nas consequências sociais, colocando à tecnologia em primeiro plano e a ciência em uma linha secundária. Também foi atribuído um caráter teórico e descritivo para a tradição europeia, que teve como marco explicativo as ciências sociais. Já na tradição Norte-Americana observa-se um caráter prático e valorativo, em que a ética e a teoria da educação aparecem na base da avaliação.

2.2 O Movimento CTSA no Brasil

No ano de 1962, o Brasil inaugura um importante e arrojado projeto democrático apoiado pelo governo de João Goulart que, dentre muitas outras propostas, dobrava o valor do salário mínimo e discutia uma profunda reforma agrária a ser feita no Brasil. Naquele contexto, o educador Paulo Freire liderava um ousado plano de alfabetização nacional. A novidade da pedagogia freiriana era uma alfabetização contextualizada em que a leitura das palavras nascia juntamente com a leitura da realidade dura dos trabalhadores brasileiros. Seguramente Paulo Freire foi um dos pioneiros em defesa de um ensino rigorosamente vinculado ao diálogo a partir da realidade social das pessoas. Infelizmente, o golpe militar de 1964 desestabilizou o país e interditou o sonho de liberdade de milhões de brasileiros.

Como a história nos revela, Freire sempre foi um educador engajado e comprometido com as causas sociais e já em suas duas primeiras obras, “Educação como Prática da Liberdade (1967)” e a “Pedagogia do Oprimido (1974)”, deixa bem claro os critérios para aquilo que ele chama de uma educação libertadora, isto é, uma educação comprometida e que toma partido em favor dos excluídos. Uma educação que, sendo rigorosamente fundamentada no diálogo e no respeito aos

saberes dos oprimidos, jamais poderia ser feita para eles, mas sempre com eles e para a emancipação de todos.

Nesse período o mundo estava aprendendo a conviver com a tecnologia, uma explosão de novidades estava acontecendo e as pessoas não sabiam como lidar com tudo aquilo. É nesse contexto de deslumbramento e perplexidade que surge a necessidade de pensar a ciência juntamente com a sociedade e o ambiente. Neste cenário, o pensamento freiriano influencia o ensino de ciências brasileiro, sobretudo no que se refere à contextualização, o ensino problematizador e muito fortemente as abordagens CTSA. É importante sublinhar que, diferente dos países capitalistas centrais, no Brasil, o movimento CTSA nasce como resposta à pobreza e a exclusão social e como resistência as sucessivas ditaduras militares.

Na América Latina tivemos estudos voltados para o enfoque CTS por volta dos anos 60 e 70, na mesma época das principais tradições internacionais em CTS. Tal enfoque não veio para a América Latina como um pacote enviado dos Estados Unidos, mas nasceu no próprio contexto latino-americano, sobretudo a partir das comunidades eclesiais de base, dos movimentos sociais e da Teologia da Libertação que surgiu no México e no Brasil pelas mãos dos teólogos Gustavo Gutierrez e Leonardo Boff.

Enquanto na Europa as reflexões CTS eram voltadas para questões epistemológicas e impactos ambientais provocados pela industrialização capitalista, na América Latina à crítica a esse movimento tentava atrair as discussões para o campo social, buscando atender as “necessidades locais e adquirindo características de movimento de opinião e pressão social” (Carletto, 2011, p. 102-103). Nesse contexto, surge o Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS).

No que diz respeito ao histórico brasileiro, pode-se afirmar que, diferente do processo ocorrido nos países de primeiro mundo, onde o cidadão já se posicionava em relação aos temas de ciência e tecnologia associados à sociedade, no Brasil o histórico do desenvolvimento CTS é bem diferente. Mesmo porque, o nascimento do movimento CTS está diretamente vinculado ao desenvolvimento científico e tecnológico, e no Brasil só se identifica maiores investimentos para o desenvolvimento da C&T a partir dos anos 60, com a criação da Universidade de Brasília (UnB/ 1961), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), o início do primeiro curso da Coordenação de Programas de Pós-

Graduação em Engenharia (CoPPE) e a criação do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec/1964). Tais iniciativas deram o ponta pé inicial para o desenvolvimento da C&T nacionais, superando a premissa equivocada de que o país deveria abrir mão do desenvolvimento tecnológico autônomo, considerando que uma análise do custo-benefício indicava como mais “rentável” a importação de tecnologia” (Auler e Bazzo, 2001, p. 7).

É a partir do processo de industrialização e do crescimento da exploração e do consumo que vão sendo colocadas novas pautas. Sobretudo questões relacionadas aos impactos ambientais.

No caso do Brasil, conforme escreve Alves (2019), podemos citar como exemplo de consequência socioambiental proveniente do avanço científico-tecnológico, o acidente com o Césio-137 ocorrido em Goiânia no ano de 1987. Conforme foi noticiado nos jornais da época, catadores de ferro velho tiveram contato com elemento radioativo a partir dos desmontes de uma máquina utilizada em tratamento contra o câncer.

Embora não haja consenso sobre o número de vítimas, oficialmente, quatro pessoas morreram por exposição excessiva à radiação, mas a quantidade de pessoas contaminadas ainda provoca discussão. O governo federal reconhece 120, mas o governo de Goiás fala em um número quase 10 vezes maior. Entidades que representam as vítimas dizem ser aproximadamente 1.400 pessoas, com 66 mortes provenientes da radiação. Em termos de contaminação, o desastre de Goiânia perdeu apenas para o desastre na Usina Nuclear de Chernobil, na antiga União Soviética.

Mais recentemente, no ano de 2015, a partir da criação de barragens para contenção de rejeitos (materiais descartados no processo de mineração) a população da cidade de Mariana sofreu um grande desastre a partir do rompimento de um desses reservatórios. Do mesmo modo, no início do ano de 2019, a cidade de Brumadinho foi parcialmente destruída a partir do rompimento de outra barragem de rejeitos provenientes dos processos de mineração.

De acordo com Alves (2019) os dois desastres ecológicos acontecidos em Minas Gerais e que resultaram em diversas mortes e grande degradação ambiental, são exemplos de catástrofes que chamam a atenção para o problema do desenvolvimento científico e tecnológico e as questões socioambientais.

Cada dia mais a visão de que ciência, tecnologia, sociedade e ambiente estão profundamente relacionados torna-se necessária na sala de aula. O aluno precisa entender que os conteúdos estudados em sala de aula estão relacionados com seu dia a dia, com problemas sociais e com questões vitais para a sociedade. É com base nessa demanda que se propõe uma nova abordagem para o ensino das ciências.

2.3 Abordagens CTSA no Ensino de Ciências

No que se refere aos aspectos pedagógicos para uma abordagem CTSA ao ensino, ou seja, para a implementação de orientações CTSA na sala de aula, os conteúdos das disciplinas científicas precisam estar incluídos em temáticas sociais mais amplas. Dessa forma, os problemas científicos abordados nas aulas estarão associados às necessidades sociais e aos processos tecnológicos, evidenciando as inter-relações dos aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e proporcionando condições para o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão dos alunos (Firme e Amaral, 2011).

A importância de discutir com os alunos os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada, está no fato de que devemos conceber a ciência como um processo da criação humana.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais abordam a ideia de focar as relações entre ciências, tecnologias e sociedade como forma de educação tecnológica, não na construção de artefatos, mas, na compreensão da sua origem e da sua utilização na sociedade. O professor deve desenvolver uma educação que leve os alunos a entender que a ciência e as tecnologias foram desenvolvidas conforme as necessidades da sociedade, que não são isoladas dos acontecimentos sociais.

Assim percebemos a importância do enfoque CTSA na educação, sendo inserido nos currículos escolares, para proporcionar a formação de indivíduos críticos, não só conhecendo seus direitos e deveres, mais tendo uma visão crítica da sociedade em que vivem, trazendo amplos seguimentos sociais, culturais, religiosos e políticos com as novas imagens da ciência e da tecnologia, melhorando sua realidade neste contexto.

A participação ativa do aluno, apropriando-se do conhecimento investigado, discutido e compreendido, pode modificar a realidade em que vive. Já que transforma os alunos em reais sujeitos da construção e da reconstrução do saber, ao lado do educador, igualmente sujeito do processo (Freire, 1996).

Utilizar orientação CTSA no campo de ensino de Física não é tão simples, visto que poucos conteúdos permitem esse desenvolvimento, da mesma maneira que Viana e Bernardo (2012) enxergamos que a disciplina escolar Física é mais do que um conjunto de conteúdos a serem ensinados apenas teoricamente. Ela deve ser entendida como um meio para ensinar a cultura científica, que possui suas próprias regras, valores e linguagem. Cultura esta cuja introdução se faz obrigatória para os estudantes e pela escola.

Concordamos com Viana e Bernardo (2012) quando apontam o enfoque CTSA como alternativa humanista para o ensino de ciências e como um dos importantes caminhos para a construção de um letramento científico e tecnológico que favoreça a formação de cidadãos capazes de atuar de forma responsável em relação a temas controversos que incorporem aspectos sociocientífico.

Diante de tais especificidades e considerando a necessidade de promover a participação ativa do aluno no processo de construção do conhecimento, acreditamos que o professor pode desenvolver ações fazendo uso de uma abordagem CTSA para o ensino introdutório do magnetismo terrestre. É possível, a partir de um fenômeno simples como o ato de fechar uma bolsa (fecho magnético), fazer conexões com os magnetismos que envolve o planeta e a importância desses campos para o desenvolvimento da vida na Terra. Por outro lado, surge uma questão por demais perturbadora: será que a presença de grande quantidade de campos eletromagnéticos artificiais perturba de alguma forma a vida no planeta?

2.4 O Magnetismo: fragmentos históricos

Quem nunca se perguntou o porquê de um ímã atrair objetos de ferro e outros ímãs? Quem não se sentiu intrigado com esse poder de exercer forças a distância?

A observação dos ímãs acompanha a humanidade há mais de três mil anos: esses maravilhosos objetos eram conhecidos antes do primeiro milênio de nossa era. Na antiga Mesopotâmia, óxidos de ferro eram usados em pesos desde o fim do terceiro milênio a.C. Diferentes minérios de ferro, incluindo o mineral magnetita,

foram usados na mesma região como selos cilíndricos desde 2000 a.C (Guimarães, 2011).

A mais antiga indicação de que os fenômenos magnéticos eram conhecidos dos povos antigos é o fato de que o mineral magnetita, já era conhecido na Mesopotâmia como “magnetita que agarra”, expressão que indicava a notável propriedade de alguns minerais de ferro.

Os primeiros registros conhecidos das propriedades do ímã, ou magneto, foram feitos na Grécia. Atribuiu-se ao filósofo grego Tales de Mileto, que viveu no VI século a.C., a observação de que o ímã teria uma alma.

Naturalmente um fenômeno tão interessante conduziria a uma busca de suas possíveis influências nos seres vivos e outra parte da história, menos explorada e pouco conhecida, pode ser contada.

De acordo com Barros e Esquivel (2000), o estudo do magnetismo considerando a suas influências em seres vivos tem uma longa história. Desde as primeiras observações de rochas magnéticas, provavelmente há cerca de 3000 anos, quando se encontrou os primeiros minerais magnéticos na Magnésia, que os efeitos produzidos por estes minerais despertam a curiosidade e o interesse por essa questão. Para os autores, a ação de campos magnéticos sobre o ser vivo, em geral, e sobre o homem, em particular, só começou a ser estudado de forma sistemática e com critérios científicos baseados na ciência moderna, muito recentemente. Mas, desde as primeiras observações feitas com rochas magnéticas que se pensou que as forças surgidas sobre o ferro pudessem atuar sobre o organismo humano. Vários trabalhos foram realizados no sentido de procurar, no campo magnético, formas de cura para doenças.

As características particulares desse campo – único exemplo macroscópico claro de uma força de ação à distância – levaram a busca de uma analogia entre o magnetismo e o comportamento pessoal. Com efeito, as primeiras ideias acerca das propriedades da pedra magnetita traziam uma visão de que ela possuía um caráter mágico e sobrenatural que poderia influenciar animais e pessoas (Barros e Esquivel, 2000).

Por outro lado, o fato de um ímã dividido ao meio produzir dois ímãs, foi interpretado como uma evidência de que as partes são idênticas ao todo e conduziram a procura de características divinas deste metal. Em alguns trechos dos tratados médicos de Hipócrates (460 - 377 a.C.) e Galeno (131 - 201 a.C.) a

magnetita é indicada como forma de tratamento de humores e feridas, sob a forma de emplastos, além de estar associada a estados de depressão.

A origem do nome *magnetismo*, segundo escreveu o filósofo e poeta Lucrécio (Titus Lucretius Carus), do século I a.C., no poema didático *De Rerum Natura* (“sobre a natureza das coisas), teria a ver com a província da magnésia, na Tessália, no norte da Grécia (existem três regiões com esse nome, uma na Grécia e duas na Ásia Menor, que foi colonizada pelos habitantes da Tessália). Lucrécio afirma que os gregos batizaram a pedra de magnetos, pois era o nome do seu lugar de origem.

Um relato diferente é feito por Plínio, o Velho (Gaius Plinius Secundus, 23-79 d.C.), autor romano que escreveu a enciclopédia *História natural (Historia Naturalis)*, um tratado de 37 volumes cuja influencia se estendeu por cerca de 15 séculos. Plínio compilou milhares de observações sobre fenômenos naturais, plantas, animais e lugares, de sua própria experiência e de mais de dois mil textos anteriores. Foi infatigável em seu trabalho em seu trabalho, estudando e escrevendo por toda a vida. A curiosidade finalmente levou-o a morte, quando se aproximou do vulcão Vesúvio para observar a erupção de 79 d.C., que destruiu Pompeia.

Plínio menciona a propriedade dos ímãs de atrair o ferro e informa que, de acordo com Nicandro (um poeta grego), eram conhecidos como magnes pelo fato de seu descobridor ter sido o pastor Magnes, que encontrou o mineral no monte Ida³ (...) A descoberta teria sido feita quando os pregos da sandália de Magnes e a ponta do seu cajado se agarraram a uma pedra no momento em que suas ovelhas pastavam (Guimarães, 2011).

É difícil estabelecer qual das tradicionais origens da palavra magneto é mais confiável. De qualquer modo, sabemos que os primeiros objetos a mostrar essa extraordinária propriedade foram rochas contendo óxidos de ferro, um mineral conhecido como magnetita, basicamente de fórmula $Fe_3 O_4$, marrom ou preto, com brilho metálico. A magnetita que se comporta como ímã ficou conhecida como pedra-ímã.

Os filósofos gregos posteriores a Tales, citado anteriormente, também tentaram explicar por que o ímã tem o poder de atrair o ferro. Empédocles (c. 490-c. 430 a.C.) foi um desses: ele apelou para os “eflúvios”, ou vapores, em sua

³ Existe um monte Ida na Ásia Menor (Turquia). Na *Ilíada*, Zeus teria observado a Guerra de Troia do monte Ida, também conhecido localmente como Kaz Dagi.

explicação ele diz que o ferro é atraído para a pedra por meio dos eflúvios que emanam de ambos, os eflúvios da pedra se agitam e dispersam o ar que repousa sobre os poros do ferro e os obstrui, e quando o ar é removido, o ferro é atraído por um fluxo coerente para fora.

Na mesma linha, Demócrito de Abdera (c. 460-c. 370 a.C.), filósofo grego conhecido por sua visão atomista da matéria, apela para os eflúvios ao explicar as propriedades do ímã. Nas palavras de Alexandre de Afrodísias: Demócrito também diz que existem eflúvios e que os corpos são atraídos para seus iguais, mas acrescenta que todos são atraídos para um vazio (Guimarães, 2011).

Uma teoria diferente a de Epicuro de Samos (341-270 a.C.), é de que os átomos que fluem da pedra são relacionados em forma com aqueles que fluem do ferro e, portanto, tornam facilmente entrelaçados uns com os outros (...). Em todos os casos, as explicações propostas envolvem ações mecânicas, atração pelo vazio, entrelaçamento de átomos e assim por diante (ou talvez também considerações animísticas, no caso de Tales com sua observação sobre “alma do ímã”).

Algumas das referências mais antigas sobre a pedra-ímã vêm do Oriente, mais especificamente da China, onde era chamada de *tzhu shin* (a pedra afetuosa). A primeira aplicação prática do ímã, a bússola, também se originou na China, onde foi empregada para a navegação possivelmente no século X de nossa era.

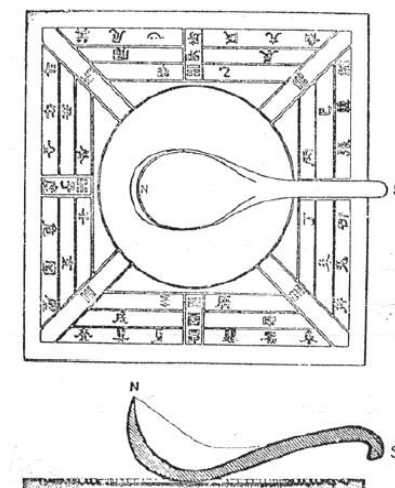
Os chineses estudaram as propriedades dos ímãs desde muito cedo e desenvolveram as primeiras aplicações do magnetismo. O primeiro registro escrito sobre o ímã é encontrado no *Lü Shih Chhun Chhiu* (Anais da primavera e do outono de Mestre Lü), escrito por um grupo de estudiosos e publicado em 240 a.C., no período Chou. O texto descreve a propriedade da pedra-ímã e afirma: “A pedra-ímã atrai para si partículas de ferro”. Era possível também encontrar observações adicionais em outros textos que a pedra-ímã não atraia outros metais ou objetos não metálicos (Guimarães, 2011).

No século III a.C., os chineses usavam um tabuleiro de adivinhos para ler a sorte (ver figura 1). Ele consistia em duas partes, a superior (circular) representando o céu, repousando sobre a inferior, um tabuleiro quadrado que representava a Terra, com divisões correspondentes aos pontos cardeais (ver figura 1). O adivinho lançava pequenas pedras ou figurinhas sobre a parte inferior e podia prever o futuro a partir da posição que ocupavam. Entre as figurinhas usadas, uma representava a constelação da Grande Ursa, em forma de uma colher, feita de madeira, cerâmica

ou pedra. No século I d.C. (e possivelmente antes, no século II a.C.), a colher era feita de pedra-ímã e ficou sendo conhecida como a “agulha que aponta para o sul”. Foi o primeiro exemplo da propriedade do ímã de orientar-se no campo magnético da terra (Guimarães, 2011).

Este fenômeno veio a ficar conhecido como a *propriedade diretiva* da pedra-ímã, ou seja, sua capacidade de orientar-se em relação ao meridiano que liga o norte e o sul, como fazem as bússolas magnéticas. Essa propriedade só viria a ser conhecida na Europa no século XII, um milênio depois da existência de sua documentação na China (Júnior, 2010).

Figura 1: Reconstrução do tabuleiro de adivinhação, com a colher de pedra-ímã girante ao centro. Reconstrução feita por Wang Chen-To (Needham, 1962, p. 266).



Fonte: Imagem do texto: Modelo casual dos primórdios da ciência do magnetismo (Júnior, 2010)

No século I d.C. eram comuns pedras-ímãs montadas sobre um pino, que permitia que girassem mais livremente; nos séculos VI e VIII, agulhas de ferro magnetizadas por contato com a pedra-ímã substituíam os pedaços de rocha, tornando-se as primeiras bússolas de agulha. É possível que a aplicação dessas primeiras bússolas à navegação tenha ocorrido no século X, mas certamente o instrumento estava em uso no século XI. A primeira descrição chinesa da agulha magnética é de cerca de 1080 d.C., cem anos antes dos primeiros registros escritos europeus sobre esse dispositivo.

Existem evidências de que a propriedade diretiva da pedra-ímã era conhecida também pelos Olmecas, arqueólogos encontraram objetos olmecas feitos

de minério de ferro, datando do período Formativo Antigo (1500-900 a.C.), em sítios em San José Mogote e San Lorenzo. Um dos objetos olmecas mais interessantes, encontrado em estratos datados de 1400-1000 a.C, é uma barra polida, magnética, de 3,5 cm, que conduziu a especulações de que seria a mais antiga bússola conhecida (ver figura 2). Se verdadeira essa hipótese, os olmecas teriam antecedido os chineses em mais de mil anos.

Figura 2: Fotografia do paralelepípedo quebrado de pedra-ímã olmeca, medindo 3,4 cm, conhecido como artefato M-160.



Fonte: Imagem do texto: Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo (Júnior, 2010).

No ano de 1269 foi escrita a primeira obra europeia inteiramente dedicada à discussão das propriedades magnéticas da pedra-ímã, a *Epistola de magnete* (Carta sobre ímã⁴, 1269), do francês Pierre de Maricourt (n. c. 1220), também conhecido pelo nome latino Petrus Peregrinus.

A influência da Epistola foi muito grande: ela foi citada por muitos livros, tais como o *De magnete* (sobre o ímã, de 1600), de William Gilbert, *Magnes, sives de arte magnetica* (O ímã, ou sobre a arte magnética, de 1641), de Athanasius Kircher (c. 1602-1680), e plagiado em *De natura magnetis* (Sobre a natureza do ímã de 1562), de Jean Taisnier. Existem pelo menos 31 versões manuscritas conhecidas da Epistola (Guimarães, 2011).

Tudo o que se conhecia a respeito do magnetismo até o Renascimento foi incorporado no livro *De magnete* de William Gilbert (1544-1603). Ele listou uma grande quantidade de observações a respeito de ímãs e efeitos magnéticos, efetuando também experimentos (Júnior, 2010).

Ainda citado por Junior (2010) o magnetismo, segundo Gilbert, seria a chave para a compreensão da natureza: uma forma não-corpórea, a “alma da Terra”, agindo por união e concordância, ao passo que a eletricidade seria material, agindo por força e coesão através de eflúvios invisíveis.

⁴ Carta escrita a um soldado, um certo Siger, de Foucaucourt, em resposta a perguntas feitas por esse mesmo.

Como podemos observar no livro *A pedra com alma*, foi Gilbert que dividindo a pedra-ímã em duas partes descobriu que “se os corpos magnéticos são divididos, ou quebrados de alguma forma, cada uma das partes tem uma extremidade norte e uma extremidade sul” o que mais adiante ficaria conhecido como uma propriedade magnética; a inseparabilidade dos polos de um ímã.

Gilbert também estudou os fenômenos elétricos. Conseguiu reproduzir o efeito observado no âmbar em uma grande quantidade de materiais. Os materiais que, como o âmbar, atraíam corpos leves após serem atritados foram denominados por Gilbert de elétricos e os outros materiais de não elétricos. Hoje denominamos os primeiros materiais de isolantes e os outros materiais de condutores de carga elétrica (Chaib e Assis, pg. 315, 2007).

A partir desse período parte das ideias mágicas relacionadas a influência do magnetismo no comportamento de animais e pessoas, foram sendo substituídas por uma posição de empirismo claro e racional. O estudo detalhado do magnetismo e das ideias sobre o campo magnético terrestre expostas por Gilbert são um exemplo de transformação no pensamento científico (Barros e Esquivel, 2000).

Após o trabalho de Gilbert, foi possível entender empiricamente o campo magnético e compreender as razões da orientação da agulha de uma bússola e algumas características do campo geomagnético. Como já foi mencionado aqui, Gilbert mostra que a orientação das agulhas de bússolas é explicada através do campo magnético da Terra, sem haver necessidade de recorrer ao mundo supralunar para se entender o fenômeno, pois Paracelso (c. 1493- 1541), por exemplo, interpretou a orientação da agulha como sendo uma atração magnética produzida pelas estrelas que formam a cauda da constelação da Ursa Maior (Barros e Esquivel, 2000).

Logo após o trabalho de Gilbert sobre magnetismo Galileu (1564-1642) funda a nova Ciência quando da publicação do *Diálogo dos Grandes Sistemas* (1632) e do *Diálogo das Novas Ciências* (1638). O trabalho de Galileu representa a pedra fundamental do novo conceito do que é científico, que irá influenciar todas as teorias de conhecimento posteriores.

A revolução científica do século XVIII tem seu ápice na formulação racional de mecânica, feita por Newton (1642- 1727), nos *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural* (1686), mas somente com os trabalhos de Coulomb (1736-1806), Gauss (1777-1855), Faraday (1791-1867) é que o magnetismo volta a ser estudado, agora

sob o aspecto racional que caracteriza a Ciência do final do Século XVIII (Barros e Esquivel, 2000).

Segundo os autores os trabalhos em eletricidade e magnetismo mostram a estreita relação entre estes dois campos da Física, e o campo magnético pôde ser compreendido dentro de uma visão racionalista, relacionado com as alterações do campo elétrico. A nova linguagem possibilita compreender e formular experiências e técnicas de medidas e o campo magnético assume um papel abstrato, racional e objetivo.

Em fins do século XVIII a biologia (termo não utilizado na época para descrever a ciência dos organismos vivos) começa a surgir de forma sistemática e dentro do novo conceito moderno de ciência. É através das ideias classificatórias dos seres vivos, desenvolvidas principalmente por Lineu (1707-1778), e dos trabalhos preliminares tentando estudar os processos evolutivos dos seres vivos, realizados principalmente por Lamarck (1744-1829), que a biologia vai construindo a sua base filosófica e assume proporções de uma ciência aceita (Barros e Esquivel, 2000).

Paralelamente Franz Anton Mesmer (1734 -1815) iniciou uma série de tentativas de curas medicinais utilizando ímãs. Em cima do conceito de magnetismo animal Mesmer desenvolveu suas atividades, principalmente em Paris, até que a Sociedade Real de Medicina e a Academia de Ciências consideraram-no charlatão e ele praticamente interrompeu os seus trabalhos.

Na mesma época, Armand Chastenet, o Marquês de Puységur, discípulo de Mesmer, após "magnetizar" um paciente verificou que este se encontrava em um estado de sono profundo, conhecido, atualmente, como estado hipnótico. A técnica de hipnotismo, ou mesmerismo, foi, posteriormente, utilizada por vários médicos do século XIX e contribuiu bastante para o surgimento de ideias básicas da psicanálise.

Conforme Barros e Esquivel (2000), embora tendo contribuído para o avanço de técnicas de tratamento, a magnetização mesmeriana não constitui nenhum avanço no campo da ciência, tratando-se, historicamente, de um recuo à ciência do concreto, ou seja, a um saber baseado na observação ingênua e empírica.

O século XVIII produziu uma riqueza de experimentadores, inclusive no que diz respeito à eletricidade e ao magnetismo. Stephen Gray (1666-1736) descobriu em 1729 a existência de condutores e isolantes elétricos. Charles Du Fay (1698 -

1739) propôs em 1733 a existência de dois tipos de carga elétrica, com cargas de mesmo tipo se repelindo e cargas de tipos opostos se atraindo.

Foram sendo observados elementos que levaram vários pensadores a crerem em alguma relação entre o magnetismo e a eletricidade. Então, no ano de 1820 o cientista dinamarquês e professor da Universidade de Copenhague, Hans Christian Oersted, observou que um longo fio conduzindo uma corrente constante alterava a orientação natural de uma bússola colocada em suas proximidades. Ela deixava de ficar orientada ao longo do meridiano magnético local.

Esta descoberta fundamental desencadeou uma série de pesquisas que levou à criação de um novo ramo da física, relacionando a eletricidade e o magnetismo, ao qual Oersted chamou de eletromagnetismo.

Um novo contexto científico foi inaugurado e as infinitas possibilidades de geração de campos magnéticos artificiais foi alterando o cenário já no início do século XX. Vários estudos sobre comportamento, que tiveram grande avanço logo após a 2ª Guerra, mostraram que vários estímulos do meio ambiente, embora muito fracos, poderiam mudar, de forma significativa, a resposta de animais.

Os estudos da navegação de pombos, o chamado voo de retorno ao lar, realizados a partir da década de 1950, trouxeram informações até então desconhecidas no que diz respeito a capacidade de orientação destas aves e as primeiras hipóteses de que o pombo poderia utilizar os campos magnéticos fracos, para obterem informações sobre a sua trajetória foram feitas.

A partir daí, vários estudos e evidências surgiram a respeito dessa interação dos organismos vivos com o campo magnético, a exemplo de estudos feitos com bactérias que respondiam diretamente ao campo, constituindo a primeira evidência de que o campo pode influir diretamente no comportamento do ser vivo. Esse mecanismo de interação organismo-campo que só é eficiente em organismos microscópios recebeu o nome de magnetotactismo.

Células magnetotáticas são capazes de produzir cristais magnéticos no interior do citoplasma. Como os autores mencionam é importante compreender o mecanismo de orientação bem como sua utilidade. O movimento de bactérias é em geral produzido por uma organela específica, o flagelo.

O flagelo é uma longa “cauda” que gira, produzindo uma força que produz o deslocamento da célula. No caso das células magnetotáticas observa-se a existência de cristais magnéticos biomineralizados pelo organismo. Estes cristais

possuem um momento magnético de tal forma que a resultante da soma dos diversos momentos magnéticos de cada um dos cristais encontrados no interior do citoplasma fornece um momento magnético resultante aproximadamente alinhado com a direção de movimento. A interação do momento magnético celular com o campo externo produz um binário que orienta o movimento celular com respeito à linha de campo. Trata-se de uma interação semelhante a da agulha da bússola. Como o momento magnético resultante é aproximadamente alinhado à direção de movimento, a célula migra na direção do campo externo.

Se uma perturbação tira a célula de sua orientação, a interação com o campo faz com que ela novamente se alinhe. Este mecanismo de orientação é muito eficiente: a velocidade de migração da célula é praticamente igual à velocidade de deslocamento. Como o campo terrestre possui uma inclinação (que depende da posição na superfície da Terra), organismos magnetotáticos nadam ou para baixo ou para cima, dependendo do sentido do momento magnético celular em relação ao sentido do movimento. Células que migram para a superfície sentem os efeitos do oxigênio molecular e morrem. Células que migram para baixo vão ao encontro de uma região rica em nutrientes e com pouca concentração de oxigênio molecular.

Assim, bactérias que possuem o momento magnético antiparalelo ao flagelo sobrevivem no hemisfério Sul e morrem no outro hemisfério. Assim podemos distinguir dois tipos de bactérias no que diz respeito às propriedades magnéticas: as do tipo sul, encontradas em grande quantidade no hemisfério sul magnético, em que o momento magnético resultante é antiparalelo a direção do movimento, e as do tipo norte, características do hemisfério norte magnético, em que o oposto ocorre (Barros e Esquivel, 2000).

Conforme Marlon Pereira (2017), os seres vivos, desde seu surgimento no planeta, estão sob influência de vários campos físicos a exemplo do campo gravitacional e o campo magnético. Por esse motivo, são sensíveis a eles e podem detectá-los e usá-los para se orientarem. Já foram realizados vários estudos demonstrando que diferentes grupos de organismos são sensíveis ao campo magnético natural do planeta e, por conta disto, são influenciados por qualquer tipo de variação de seus parâmetros naturais. Neste caso, o constante aumento de dispositivos elétricos e eletrônicos vem colocando cada vez mais animais e outros organismos em situações de variação dos padrões naturais do campo magnético terrestre.

Para testar o efeito do campo magnético alterado sobre a atividade de forrageio em formigas, Marlon utilizou uma fonte de alimentação digital simétrica e Bobinas de Helmholtz capazes de gerar um campo magnético de $60\mu\text{T}$, mais um par de ímãs de neodímio. O efeito do campo magnético de $60\mu\text{T}$ sobre o comportamento de forrageio foi testado em duas espécies de forrageio solitário, *Ectatomma brunneum* Smith 1848 e *Neoponera inversa* Smith 1848 e, outra com recrutamento massal, *Pheidole* sp. Os experimentos foram realizados em condições de campo e laboratoriais.

Os resultados da pesquisa mostraram que o Campo Magnético Alterado interfere no comportamento de forrageio e na tomada de decisão das operárias de duas espécies de formigas, tanto aquelas que apresentam recrutamento coletivo, como aquelas que forrageiam de forma individual. Os estudos indicam que o Campo Magnético Alterado afeta a decisão da primeira operária, mas não afeta daquela segunda que foi recrutada, o que significa que os estímulos químicos são mais fortes do que os magnéticos.

Especificamente, sobre o forrageio de *Pheidole* sp, ele alterou significativamente a trajetória, velocidade média de deslocamento, tempo de detecção das iscas e fluxo de formigas, o que sugere que as formigas além de perceberem estes estímulos, sofrem algum grau de perturbação.

De fato outros estudos também revelaram que o campo magnético tem um papel significativo na orientação de diversos animais, especialmente em espécies migratórias e de orientação espacial. Essa capacidade de perceber e usar o campo magnético da Terra é conhecida como magnetorrecepção, também conhecida como magnetopercepção, é a capacidade de um organismo perceber e responder ao campo magnético da Terra ou de outras fontes magnéticas. É um fenômeno sensorial que muitos animais possuem e que lhes permite orientar-se no ambiente, especialmente durante migrações, buscas de alimento e outros comportamentos. É observada em várias espécies animais. (Pereira-Bomfim, 2014).

Muitas espécies de animais, como aves, peixes, tartarugas e insetos, utilizam o campo magnético da Terra como uma bússola natural para se orientar durante suas migrações. Eles conseguem detectar e usar as variações do campo magnético para navegar durante longas distâncias (Pereira-Bomfim, 2014).

As aves migratórias frequentemente usam o campo magnético terrestre como guia durante suas migrações sazonais. As mudanças no campo magnético,

como sua inclinação e intensidade, podem fornecer informações sobre a latitude e longitude para animais que possuem a capacidade de percebê-las. Isso é especialmente importante para espécies que migram grandes distâncias.

Alguns peixes, como salmões e trutas, utilizam o campo magnético para orientação em água. Eles podem usar a percepção magnética para navegar em ambientes aquáticos e encontrar seus locais de reprodução.

Além das formigas, outros insetos, como abelhas e borboletas, também possuem a capacidade de perceber o campo magnético da Terra. Isso ajuda na navegação, localização de fontes de alimento e migrações. Estudos sugerem que tartarugas marinhas, especialmente as tartarugas-verdes, podem usar o campo magnético da Terra para se orientar durante suas migrações ao longo dos oceanos.

A compreensão da forma como os animais percebem e utilizam o campo magnético é uma área ativa de pesquisa. Ao que tudo indica, o magnetismo desempenha um papel crucial na ecologia e no equilíbrio do sistema de muitas espécies, influenciando suas estratégias de migração, reprodução e sobrevivência.

Embora muitos efeitos do campo magnético sobre o comportamento dos seres vivos sejam reconhecidos, os diferentes mecanismos que cada espécie utiliza para perceber esse campo são ainda pouco explorados (Lins de Barros & Esquivel 2000 apud Pereira-Bomfim, 2014).

Quanto aos animais “superiores”, a magnetorecepção, ou seja, o mecanismo de resposta ao campo geomagnético é bastante desconhecido. Em contra partida, a alta sensibilidade do sistema de detecção do campo geomagnético observada nas diferentes espécies tem sido uma surpresa. Por exemplo, a abelha, o inseto social mais estudado, pode detectar alterações de campo.

Os autores deixam alguns questionamentos dignos de reflexão, sem dúvida trata-se de um efeito diferente, pois o campo envolvido é outro. Mas, como não se supunha a interação do ser vivo com o campo geomagnético, o estudo da interação com campos eletromagnéticos presentes no ambiente tecnologicamente desenvolvido passou a despertar o interesse.

Assim sendo, como ficamos nós, os seres humanos, sujeitos cada vez mais a campos eletromagnéticos produzidos por aparelhos e produtos da crescente tecnologia? Como é a resposta do ser vivo a campos eletromagnéticos de baixa frequência, como os produzidos por redes de transmissão?

O número crescente de publicações a este respeito, entretanto, não tem ainda respondido a estas questões. Certamente esta percepção necessita de estudos mais aprofundados para se compreender um pouco mais sobre a vida na Terra (Barros e Esquivel, 2000).

2.5 O Magnetismo: aspectos teóricos

A ciência do magnetismo é a porta de entrada para se compreender a tecnologia atual e as que virão. Fenômenos magnéticos são intrigantes e, no decorrer da história, tentou-se explicá-los até pela magia. De fato, pode parecer mágico que alguns objetos tenham naturalmente poder de atração sobre outros e que essa capacidade possa ser transmitida de objeto para objeto. É fascinante que a agulha da bússola teimosamente permaneça apontando para uma mesma direção, e perturbadora a incrível luminosidade das auroras boreais nas regiões polares da Terra (Martini et.al. 2013, P.156).

Como estudado em momentos anteriores, um objetivo importante da física é estudar o modo como um campo elétrico produz uma força elétrica em um corpo eletricamente carregado. Um objetivo análogo é estudar o modo como um campo magnético produz uma força magnética em um corpo eletricamente carregado (em movimento) ou em um corpo com propriedades magnéticas especiais, como um ímã permanente, por exemplo. O leitor provavelmente já prendeu um bilhete na porta da geladeira usando um pequeno ímã; o ímã interage com a porta da geladeira através de um campo magnético.

As aplicações dos campos magnéticos e das forças magnéticas são incontáveis, e mudam a cada ano. Vamos citar apenas alguns exemplos. Um carro moderno vem equipado com dezenas de ímãs, que são usados no sistema de ignição, no motor de arranque e também para acionar componentes como vidros elétricos, limpadores de para-brisas e tetos solares. Muitas campainhas de porta e trancas automáticas também trabalham com ímãs. Na verdade vivemos cercados por ímãs (Halliday et.al. 2013, p.203).

2.5.1 O que produz um campo magnético?

Já que o campo elétrico \vec{E} é produzido por cargas elétricas, seria natural que o campo magnético \vec{B} fosse produzido por cargas magnéticas. Entretanto, embora a

existência de cargas magnéticas (conhecidas como *monopólios magnéticos*) seja prevista em algumas teorias, essas cargas até hoje não foram observadas experimentalmente. Como são produzidos, então, os campos magnéticos? Os campos magnéticos podem ser produzidos de duas formas.

A primeira forma é usar partículas eletricamente carregadas em movimento, como uma corrente elétrica em um fio, para fabricar um **eletroímã**.⁵ A corrente produz um campo magnético que pode ser usado, por exemplo, para controlar o disco rígido de um computador ou para transportar sucata de um lugar para outro como podemos observar na imagem (Figura 3).

Figura 3: O eletroímã da foto é usado para transportar sucata em uma fundição. (Digital Vision/Getty Imagens).



Fonte: Halliday, 2010.

A outra forma de produzir campos magnéticos é usar partículas elementares, como elétrons, que possuem um campo magnético intrínseco. O campo magnético é uma propriedade básica de muitas partículas elementares, do mesmo modo como a massa e a carga elétrica (quando existem) são propriedades básicas. Em certos materiais os campos magnéticos dos elétrons se combinam para produzir um campo magnético nas vizinhanças do material. Esta combinação é motivo pelo qual um ímã permanente, o tipo usado para pendurar bilhetes na porta das geladeiras, possui um campo magnético permanente. Em outros materiais os campos magnéticos dos elétrons se cancelam e o campo magnético em torno do material é nulo. Esse cancelamento é razão pela qual não possuímos um campo magnético permanente

⁵ O eletroímã ou eletroímã é um dispositivo que utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético, semelhantes àqueles encontrados nos ímãs naturais. É geralmente construído aplicando-se um fio elétrico espiralado ao redor de um núcleo de ferro, aço, níquel ou cobalto ou algum material ferromagnético.

em torno de nosso corpo, o que é bom, pois não seria nada agradável ser atraído por portas de geladeiras.

Para definir o campo magnético \vec{B} , vamos usar o fato experimental de que quando uma partícula com carga elétrica se move na presença de um campo magnético uma força magnética \vec{F}_B age sobre a partícula.

2.5.2 A Definição de \vec{B}

Determinamos o campo elétrico \vec{E} em um ponto colocando uma partícula de prova com carga q nesse ponto e medindo a força elétrica \vec{F}_E que age sobre a partícula. Em seguida, definimos o campo \vec{E} através da relação:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q} \quad (1)$$

Se dispuséssemos de um monopolo magnético, poderíamos definir \vec{B} de forma análoga. Entretanto, como os monopolos magnéticos até hoje não foram encontrados devemos definir \vec{B} de outro modo, ou seja, em termos da força magnética \vec{F}_B exercida sobre uma partícula de prova carregada eletricamente e em movimento.

Em princípio, fazemos isso medindo a força \vec{F}_B que age sobre a partícula quando ela passa pelo ponto no qual \vec{B} está sendo medido com várias velocidades e direções. Depois de executar vários experimentos desse tipo constatamos que quando a velocidade \vec{v} da partícula tem uma certa direção, a força \vec{F}_B é zero. Para todas as outras direções de \vec{v} o módulo de \vec{F}_B é proporcional a $v \sin \Phi$, onde Φ é o ângulo entre a direção em que a força é zero e a direção de \vec{v} . Além disso, a direção de \vec{F}_B é sempre perpendicular à direção de \vec{v} . (Esses resultados sugerem que um produto vetorial está envolvido).

Podemos em seguida definir um **campo magnético** \vec{B} como uma grandeza vetorial cuja direção coincide com aquela para a qual a força é zero. Depois de medir \vec{F}_B para \vec{v} perpendicular a \vec{B} , definimos o módulo de \vec{B} em termos do módulo da força:

$$B = \frac{F_B}{|q|v} \quad (2)$$

onde q é a carga da partícula.

Podemos expressar esses resultados através da seguinte equação vetorial:

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (3)$$

ou seja, a força \vec{F}_B que age sobre a partícula é igual á carga q multiplicada pelo produto vetorial da velocidade \vec{v} pelo campo \vec{B} (medidos no mesmo referencial). Usando a Eq. 3-27 ($c = ab \text{ sen } \Phi$) para o produto vetorial, podemos escrever o módulo de \vec{F}_B na forma:

$$F_B = |q|v B \text{ sen}\Phi \quad (4)$$

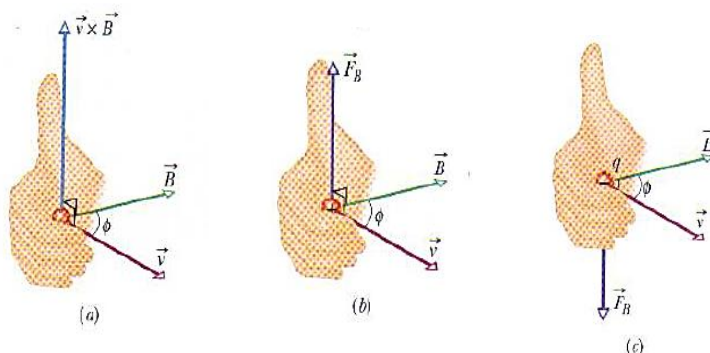
onde Φ é o ângulo entre as direções da velocidade \vec{v} e do campo magnético \vec{B} .

2.5.3 Determinação da Força Magnética

De acordo coma Eq. 4, o módulo da força \vec{F}_B que age sobre uma partícula na presença de um campo magnético é proporcional á carga q e á velocidade v da partícula. Assim, a força é zero se a carga é zero ou se a partícula está parada. A Eq. 4 também mostra que a força é zero se \vec{v} e \vec{B} são paralelos ($\Phi = 0$) ou antiparalelos ($\Phi = 180^\circ$), e é máxima quando \vec{v} e \vec{B} são perpendiculares.

A Eq. 3 também fornece a orientação de \vec{F}_B . O produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ da Eq. 3 é um vetor perpendicular aos vetores \vec{v} e \vec{B} . De acordo coma regra da mão direita (Fig. 4a) o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de \vec{v} para \vec{B} . De acordo com a Eq. 3, se a carga q é positiva a força \vec{F}_B tem o mesmo sinal que $\vec{v} \times \vec{B}$; assim, para q positiva \vec{F}_B aponta no mesmo sentido que o polegar (Fig. 4b). Se q é negativa a força \vec{F}_B e o produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ tem sinais contrários e, portanto apontam em sentidos opostos. Assim, para q negativa \vec{F}_B aponta no sentido oposto ao do polegar (Fig. 4c).

Figura 4: (a) Na regra da mão direita, o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de \vec{v} para \vec{B} . (b) se a carga q é positiva, a força $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ tem o mesmo sentido que $\vec{v} \times \vec{B}$. (c) Se q é negativa, a força \vec{F}_B tem o sentido oposto ao de $\vec{v} \times \vec{B}$.



Fonte: Halliday, 2010.

Seja qual for o sinal da carga,

A força \vec{F}_B que age sobre uma partícula carregada que se move com velocidade \vec{v} na presença de um campo magnético \vec{B} é sempre perpendicular a \vec{v} e a \vec{B} .

Assim, a componente de \vec{F}_B na direção de \vec{v} é sempre nula. Isso significa que \vec{F}_B não pode mudar a velocidade escalar v da partícula (e, portanto, também não pode mudar a energia cinética da partícula). A força \vec{F}_B pode mudar apenas a direção de \vec{v} (ou seja, a trajetória da partícula); este é o único tipo de aceleração que \vec{F}_B pode imprimir a partícula.

De acordo com as Eqs. 3 e 4, a unidade de \vec{B} no SI é o newton por coulomb-metro por segundo. Por conveniência essa unidade é chamada de **tesla (T)**:

$$1 \text{ tesla} = 1 T = 1 \frac{\text{newton}}{(\text{coulomb})(\text{metro/segundo})}$$

Lembrando que um coulomb por segundo equivale a um ampère, temos:

$$1 T = 1 \frac{\text{newton}}{(\text{coulomb/segundo})(\text{metro})} = 1 \frac{N}{A \cdot m}$$

Uma unidade antiga de \vec{B} , que não aparece no SI mas ainda é usada na prática, é o gauss (G). A relação entre gauss e o tesla é a seguinte:

$$1 \text{ tesla} = 10^4 \text{ gauss}$$

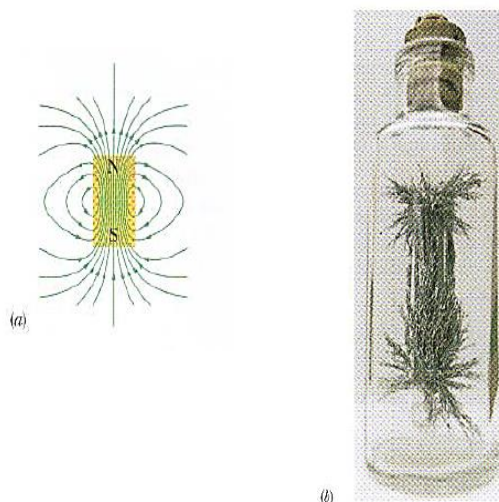
2.5.4 Linhas de Campo Magnético

Como no caso do campo elétrico, podemos representar o campo magnético através de linhas de campo. As regras são as mesmas: (1) a direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção de \vec{B} nesse ponto; (2) o espaçamento das linhas representa o módulo de \vec{B} ; quanto mais intenso o campo, mais próximas estão as linhas, e vice-versa.

A Fig.5a mostra as linhas de campo magnético nas proximidades de um ímã em forma de barra. Todas as linhas passam pelo interior do ímã e formam curvas fechadas (mesmo as que não parecem formar curvas fechadas na figura). O campo magnético externo é mais intenso perto das extremidades do ímã, o que se reflete em um menor espaçamento das linhas. Assim o campo magnético do ímã em forma de barra da Fig. 5b recolhe muito mais limalha de ferro nas extremidades.

As linhas de campo entram no ímã por uma das extremidades e saem pela outra. A extremidade pela qual as linhas saem é chamada de **pólo norte** do ímã; a outra extremidade, pela qual as linhas entram, recebe o nome de **pólo sul**. Como um ímã tem dois pólos, dizemos que possui um **dipolo magnético**.

Figura 5: (a) Linhas de campo magnético nas proximidades de um ímã em forma de barra. (b) Um “ímã de vaca”, ímã em forma de barra introduzido no rúmen das vacas para evitar que pedaços de ferro ingeridos acidentalmente cheguem ao intestino do animal. A limalha de ferro revela as linhas de campo magnético. (cortesia do Dr. Richard Cannon, Southeast Missouri State University, Cape Girardeau).



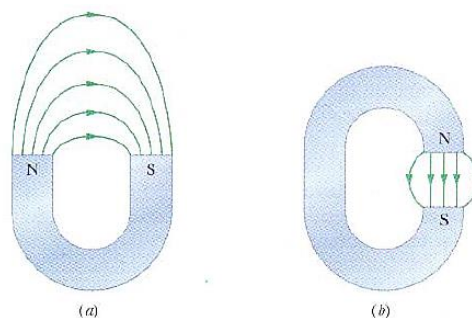
Fonte: Halliday, 2010.

Os ímãs que usamos para prender bilhetes nas geladeiras são ímãs em forma de barra. A Fig. 6 mostra outros dois tipos comuns de ímãs: o ímã em forma de ferradura e o ímã em forma de C (no segundo tipo, o campo magnético entre os pólos é aproximadamente uniforme).

Seja qual for à forma dos ímãs, quando colocamos dois ímãs próximos um do outro sempre observamos o seguinte:

Pólos magnéticos de nomes diferentes de atraem e pólos do mesmo nome se repelem.

Figura 6: (a) Ímã em forma de ferradura e (b) ímã em forma de C. (Apenas algumas linhas de campo externas foram desenhadas).



Fonte: Halliday, 2010.

A terra possui um campo magnético que é produzido no interior do planeta por mecanismo até hoje pouco conhecido. Na superfície terrestre podemos observar esse campo com o auxílio de uma bússola, constituída por um ímã fino em forma de barra montado em um eixo de baixo atrito. Este ímã em forma de barra, ou agulha, aponta aproximadamente na direção norte-sul porque o pólo norte do ímã é atraído para um ponto situado nas proximidades do pólo geográfico norte. Isso significa que o pólo *sul* do campo magnético da Terra deve estar situado nas proximidades do pólo geográfico norte. Assim, o correto seria chamarmos o pólo magnético mais próximo do pólo geográfico norte de pólo magnético sul. Entretanto, por causa da proximidade como o pólo geográfico norte esse pólo costuma ser chamado de pólo *geomagnético norte*.

Medidas mais precisas revelam que no hemisfério norte as linhas do campo magnético Terra apontam para baixo e na direção do pólo geomagnético norte, enquanto no hemisfério sul apontam para cima e para longe do pólo geomagnético sul, situado nas proximidades do pólo geográfico sul.

2.6 O Ensino do Magnetismo

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Este documento normativo aplica-se exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996)⁶, e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN)⁷.

⁶ BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 23 mar. 2017.

⁷ BRASIL. Ministério da Educação; Secretaria de Educação Básica; Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão; Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília: MEC; SEB; DICEI, 2013. Disponível em:

Referência nacional para a formulação dos currículos dos sistemas e das redes escolares dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e das propostas pedagógicas das instituições escolares, a BNCC integra a política nacional da Educação Básica e vai contribuir para o alinhamento de outras políticas e ações, em âmbito federal, estadual e municipal, referentes à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos educacionais e aos critérios para a oferta de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da educação (Brasil, 2018, pg. 8).

De acordo com a BNCC do Brasil, o estudo do magnetismo é geralmente abordado no contexto das disciplinas de Física no Ensino Médio. Mais especificamente, o magnetismo pode ser ensinado como parte do conteúdo relacionado a eletromagnetismo, que faz parte do componente curricular de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme delineado pela BNCC.

O magnetismo é um tópico comum abordado no ensino de Física para estudantes da terceira série do ensino médio, onde os alunos aprendem sobre as propriedades dos ímãs, campos magnéticos, eletromagnetismo e suas aplicações práticas. O objetivo é fornecer uma compreensão básica dos princípios fundamentais do magnetismo e suas interações com outros fenômenos físicos.

No Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias oportuniza o aprofundamento e a ampliação dos conhecimentos explorados na etapa do Ensino Fundamental. Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais (Brasil, 2018).

Segundo a BNCC a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve garantir aos estudantes o desenvolvimento de competências específicas. Para assegurar o desenvolvimento das competências específicas de área, a cada uma delas é relacionado um conjunto de habilidades, que representa as aprendizagens

essenciais a ser garantidas no âmbito da BNCC a todos os estudantes do Ensino Médio (Brasil, 2018).

Para o estudo do magnetismo temos como competência específica: Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

A partir desta competência podemos citar duas habilidades a serem alcançadas. A primeira **(EM13CNT303)**⁸ Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações. E a segunda **(EM13CNT308)** Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

⁸ Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico. Para entender o código acesse: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 O tipo e a Natureza da Pesquisa

Buscando atingir o objetivo da pesquisa, ela será desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa que “supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada” (André e Ludke, 2003).

Pelas características do trabalho, pensamos que o estudo de caso seja o procedimento metodológico que melhor se adequa aos nossos objetivos, pois é uma metodologia de pesquisa que envolve uma análise aprofundada de um fenômeno específico, seja um evento, pessoa, local, ou situação. Essa abordagem é particularmente valiosa quando se busca compreender um contexto complexo e explorar relações causais em profundidade. No nosso trabalho o caso a ser investigado será um grupo de pessoas/ estudantes.

Pesquisas desse caráter:

tentam compreender os fenômenos pela ótica do sujeito. Neste sentido, tem como premissa que nem tudo é quantificável e que a relação que a pessoa estabelece com o meio é única e, portanto, demanda uma análise profunda e individualizada (Malheiros, 2011, pag.30).

Segundo André e Ludke (2003) têm as seguintes características: Os estudos de caso visam à descoberta; enfatizam a "interpretação em contexto"; buscam retratar a realidade de forma completa e profunda; usam uma variedade de fontes de informação; utilizam uma linguagem e uma forma mais acessível do que os outros relatórios de pesquisa. Além de que apresentam fases bem definidas que são: a fase exploratória, a coleta de dados e a análise dos dados.

Essa pesquisa foi desenvolvida por etapas. A primeira foi uma fase exploratória, ou seja, realizamos um estudo teórico sobre o enfoque CTSA no ensino de ciências mais precisamente no ensino de magnetismo e em seguida delimitamos o conteúdo e temas de magnetismo a serem abordados levando em consideração a importância do campo magnético terrestre e os organismos vivos. E após a aplicação da proposta realizamos a análise dos resultados.

Optamos em trabalhar uma sequência de atividades, pois é um elemento fundamental no planejamento e na execução de uma aula ou de um conjunto de aulas. Elas são projetadas para guiar os alunos por uma série de tarefas

interligadas, que visam alcançar objetivos educacionais específicos, ajudam os professores a organizar o conteúdo de forma lógica e progressiva, levando os alunos de conceitos mais simples para conceitos mais complexos, como é o caso do magnetismo. Nossa sequência possui 5 atividades que serão descritas posteriormente.

Destaco aqui que devido a fatores externos como, por exemplo, meu prazo de conclusão do curso de pós-graduação, a última atividade intitulada Debate simulado, não foi possível ser realizada. No entanto, mesmo com esse contratempo foi possível obter resultados significativos. Ainda em nossa metodologia abriremos um espaço para mostrar a importância do uso de sequências didáticas.

3.2 Público e Local da Pesquisa

O projeto visa alcançar alunos da terceira série do Ensino Médio, as ações foram realizadas em um Colégio de rede privada situado na cidade da autora, onde a mesma leciona a disciplina de Física. O nome da instituição: Colégio Central de Ensino- CE, localizado na Rua João de Souza Barbosa, 55- Centro, Aroeiras-PB.

Devido a alguns contratempos as atividades foram realizadas no mês de Março do ano de 2024 em um momento da disciplina em que normalmente não está sendo ministrado o conteúdo de magnetismo, mas a fim de concluir a escrita da pesquisa para obtenção do título de mestre, abriu-se espaço para essa intervenção. As ações sustentaram-se no uso de abordagem metodológica e atividades que na maioria das vezes “fogem” do convencional, visto que a introdução do conteúdo magnetismo é bastante rápida e superficial.

3.3 Coleta dos dados

A coleta dos dados se deu durante aplicação da proposta em sala de aula, fazendo observações sistemáticas do comportamento dos alunos, das interações entre eles, alguns questionários que estão disponíveis nos Apêndices. Também foram feitos registros fotográficos durante as diversas etapas em que desenvolvemos a ação na escola.

3.4 Análise dos dados

Para a análise dos dados, transcrevemos e analisamos as respostas dos alunos que foram entregues escritas. Também expliquei a minha concepção a cerca do comportamento dos estudantes durante a realização das atividades.

3.5 Sobre a Sequência Didática

Em Física no ensino básico, é notável um leque de conteúdos muito vastos e as mais diversas metodologias utilizadas para a aquisição por parte do aluno dos conhecimentos que estes conteúdos propõem. A utilização de metodologias e modalidade didáticas mostra-se como uma estratégia válida e promissora na tentativa de atender as diferenças individuais dos alunos no que se refere à maneira como eles aprendem e se apropriam dos conteúdos abordados Taxini, *et al.* (2012, apud Monteiro, 2019).

Uma metodologia muito utilizada é a Sequência Didática (SD) ou como também é conhecida sequência de ensino. Uma SD consiste em uma estratégia educacional para aprimorar a aprendizagem, definindo passos e etapas correlacionados com foco em atingir um objetivo específico. Um fator que demonstra a importância do uso de sequências didáticas é que as atividades podem ajudar os alunos a desenvolverem diversas habilidades e competências, além de resolver problemas de aprendizado detectados pelos professores.

Dito isto, assim como Mazeti (2017) acreditamos que uma sequência didática bem estruturada pode organizar temas de conteúdos mais simples e fundamentais antes de temas mais complexos para que haja realmente uma sucessão lógica dos conteúdos para facilitar o entendimento do aluno. Então são atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos do professor para com os seus alunos. A sequência didática é construída tanto em relação a conteúdos como atividades, onde a sequência de atividades propostas pode modificar a visão do aluno para o conteúdo (Mazeti, 2017).

Zabala (1998) conceitua a sequência didática como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos.

Acreditamos que a sequência didática dá ao aluno um papel mais ativo no seu processo de aprendizagem, já que toda a dinâmica dessa estratégia é desenvolvida a partir da sua participação. Essa característica é essencial na construção da percepção do estudante enquanto cidadão em formação, pois entende desde cedo que tem responsabilidade com relação a sua educação e ao seu futuro.

Buscando atender ao nosso objetivo que é a construção de uma proposta didática que envolva conteúdo do magnetismo no contexto de um tema mais amplo que procura relacionar o magnetismo com a vida na Terra, vamos trazer uma sequência de ensino que nada mais é que uma forma de organizar, metodologicamente, de forma sequencial, a execução das atividades e acreditando que elas ajudam a melhorar a educação, a interação do professor e aluno e deste com os demais colegas. Além disto, fornecer aos alunos uma compreensão sólida dos princípios científicos subjacentes ao magnetismo, incluindo os conceitos de campo magnético, magnetização, polaridade, interações magnéticas e aplicações práticas e envolver os alunos em atividades práticas e investigativas que promovam a análise crítica e o raciocínio científico, incentivando-os a explorar fenômenos magnéticos por meio de experimentação e investigação.

A proposta será experimentada a partir de uma intervenção didática desenvolvida com alunos da terceira série do Ensino Médio no contexto de uma pesquisa qualitativa que “supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, através do trabalho intensivo de campo” André e Ludke (2003).

A sequência de ensino foi desenvolvida a partir do aperfeiçoamento do trabalho de Silva (2021) e de outras experiências a exemplo de Viana e Bernardo (2012); Alves (2008); Guedes (2017). Na primeira parte, a sequência procura identificar alguns dos conhecimentos prévios dos alunos para, em um segundo momento chamar a atenção para a relação do magnetismo com a existência da vida na Terra. Depois de aguçar o interesse pela questão, surge naturalmente a curiosidade em torno do fenômeno e das explicações físicas e biológicas suscitadas pelos textos. As primeiras perguntas e respostas vão sendo construídas a partir de atividades experimentais simples, textos históricos, e simulações computacionais, todas elas desenvolvidas seguindo alguns critérios que podem ser modificados pelo professor.

Vamos tomar como exemplo algumas atividades que já foram realizadas por autores como Alves (2008); Guedes (2017); visto que, são recursos didáticos que podem trazer contribuições positivas para o processo de ensino e aprendizagem, estimulando o conhecimento e a aprendizagem de maneira que cada aluno se adapte ao novo formato. Mas, dependerá do(a) professor(a) a escolha dos problemas experimentais e a escolha de uma abordagem que não entre em contradição com o enfoque CTSA. Respeitando, é claro, o grau de dificuldade conforme o estágio cognitivo dos alunos e com os seus interesses, como ressalta Alves (2008).

Assim, a aplicação dessa proposta didática se propõe a inserir o aluno em um processo participativo de ensino aprendizagem, mas respeitando suas limitações e possibilidades, visto que os alunos não estão acostumados com essa forma de abordagem. Na próxima sessão apresentamos alguns desafios presentes no processo de ensino e aprendizagem e a proposta propriamente dita.

4 UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO MAGNETISMO

4.1 Os desafios no processo de aprendizagem

Em artigo produzido por Cavenaghi e Bzuneck (2009) intitulado “A motivação de alunos adolescentes enquanto desafio na formação do professor”, os autores nos convidam a refletir sobre a importância da motivação no processo de aprendizagem em sala de aula.

A partir de dados de pesquisas, Cavenaghi e Bzuneck chamam a atenção para o fato de que, no final do Ensino Fundamental ou na entrada do Ensino Médio, evidencia-se em alguns estudantes certa apatia ou diminuição de interesse para as aprendizagens escolares, causando preocupação em pais e na equipe escolar.

As mudanças significativas pelas quais a sociedade tem passado, mais especificamente neste século, também influenciam mudanças no comportamento da juventude, o que traz mais um desafio para o professor, seja o de encontrar alternativas que motivem os alunos – “o adolescente moderno” – a engajarem-se nas atividades escolares.

Conforme os autores, o jovem de hoje parece viver em constante conflito de interesses, seduzido por uma infinidade de atrativos da sociedade moderna e, em suas prioridades, muitas vezes, acabam por prevalecer outros interesses sociais, como o direcionamento de sua atenção aos amigos em que esta relação que há menos orientação e controle dos adultos passa a ter grande importância e intensidade em sua vida, diminuindo o interesse pelas atividades acadêmicas. (Cavenaghi e Bzuneck, 2009, p. 1479 -1480).

Embora exista um número elevado de adolescentes que apresenta baixo êxito escolar, há estudos que apontam que isso pode estar relacionado às questões de cunho motivacionais e não de incapacidade cognitiva.

Os autores orientam que os professores busquem diariamente trabalhar em prol da motivação para aprender, ou seja, fazer com que os alunos possam se engajar nas atividades escolares, mesmo que eles não considerem tais atividades prazerosas, mas que possam abraçá-las com seriedade, esforçando-se para alcançar os benefícios que a aprendizagem proporciona. Diferentemente disso, é tentar fazer um controle do comportamento dos alunos, dando ênfase apenas no desempenho, em outras palavras, no resultado final, enfatizando a frequência

obrigatória, as notas, tarefas, ignorando o processo e valorizando apenas o produto. (Cavenaghi; Bzuneck, 2009, p. 1485.)

Refletindo sobre aspectos que podem motivar os estudantes, os autores chamam a atenção para determinadas motivações que consideram pouco eficazes. É o caso, por exemplo, de alunos que demonstram certo interesse para executar rapidamente uma tarefa ou de alunos que atrelam a sua motivação a uma nota, a ser o melhor da turma, etc., sem se preocupar com a qualidade de sua aprendizagem.

Na adolescência, seguem os autores, os estudantes tornam-se mais críticos em relação aos seus professores, aos conteúdos e aos procedimentos didáticos adotados em sala de aula, e isso é algo que precisa ser considerado quando se busca refletir sobre como potencializar a motivação dos estudantes para uma aprendizagem qualificada.

Destaca-se também a abordagem trazida pelos autores quanto à autorresponsabilização do estudante pela aprendizagem. Cavenaghi e Bzuneck (2009) afirmam que em ambientes que valorizam “o processo de aprendizagem com atividades significativas tem maiores chances de desencadear em seus alunos comportamentos positivos em relação ao aprender” (Cavenaghi e Bzuneck, 2009, p. 1485).

Pinheiro, Mattos e Silveira (2022, p. 01-25) enfatizam que a necessidade de adequação das metodologias de ensino deve-se, sobretudo, aos avanços tecnológicos que ocorreram ao longo das últimas décadas, e conseqüentemente, ao aumento do volume de informações, bem como do número de dispositivos e, ou equipamentos para aquisição das mesmas, cada vez mais ágil. Simultaneamente a essas mudanças, há também uma percepção de alterações nos anseios da nova geração de discentes, que na maioria das vezes, apresenta um comportamento negativo perante as práticas educativas, exclusivamente tradicionais.

Adicionado a esses, podemos citar um desafio que vem nos inquietando, diz respeito à inserção da abordagem CTSA no ensino de ciências, essa abordagem como já foi mencionada em seções anteriores do trabalho visa integrar os conceitos científicos com considerações sociais, tecnológicas e ambientais. Este modelo de ensino enfatiza a interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, proporcionando aos alunos uma compreensão mais ampla e contextualizada do papel da ciência em suas vidas.

No entanto, a implementação dessa abordagem pode enfrentar alguns desafios como: a disponibilidade de materiais didáticos que abordam efetivamente a interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, que pode ser limitada; desenvolver ou adaptar materiais educativos que destaquem as relações entre ciência, tecnologia e questões sociais e ambientais, tornando-os relevantes para os alunos; avaliar de maneira eficaz a compreensão dos alunos em relação aos conceitos científicos e às suas interações com a sociedade, tecnologia e ambiente; manter o interesse e o engajamento dos alunos ao abordar tópicos mais amplos e complexos.

Tais dificuldades podem ser justificadas pelo fato de que o movimento CTSA surgiu em contextos nos quais as condições materiais eram razoavelmente satisfatórias, e havia uma cultura de participação da população em questões sociais, essa, porém não é a realidade do nosso país, pois a sociedade brasileira não está apta a questionar sobre os problemas da sua nação, visto que a percepção a respeito da ciência e tecnologia ainda é bastante debilitada, portanto torna-se necessário uma mudança na mentalidade em relação ao papel da ciência e tecnologia na vida das pessoas para que esse movimento possa criar raízes sólidas em nossa sociedade, através dessas questões passa-se a entender os empecilhos encontrados quando se tenta implementar essa proposta no Brasil (Andrade; Souza; Neto, 2011).

Os autores citam ainda; a resistência por parte dos professores, que estão habituados ao modelo tradicional, por ser este o único modelo que conhecem e estão inseridos das séries iniciais até a formação acadêmica; O excesso de conteúdos abordados, que dificulta o trabalho uma vez que o tempo disponível nem sempre é compatível com o tempo de aprendizagem dos alunos.

E além desses a insegurança por parte dos professores quando se trata de uma nova proposta para o ensino no nosso estado, pois para se trabalhar de forma contextualizada torna-se necessário um maior comprometimento dos mesmos, o que demanda uma maior disponibilidade de tempo para a preparação das aulas e execução das mesmas, além de haver uma necessidade maior de informações e conhecimentos gerais, visto que ao se trabalhar com esses novos modelos de ensino é pertinente que se parta de temas associados ao cotidiano dos alunos para o desenvolvimento do conteúdo a ser trabalhado o que implica o uso da

problematização e interdisciplinaridade para um bom desenvolvimento das questões abordadas (Andrade; Souza e Neto, 2011).

Diante do que foi dito, o professor de ciências mais precisamente de Física, precisa ainda se preocupar com os desafios na inserção de conteúdos como magnetismos, pois é um fenômeno invisível e muitas vezes abstrato, o que pode tornar difícil para os alunos compreenderem completamente o conceito. Os campos magnéticos não são visíveis a olho nu, o que pode levar os estudantes a terem dificuldades em imaginar e entender como funcionam.

A complexidade desse conteúdo muitas vezes exige métodos de ensino que tornem a informação acessível e compreensível para os alunos. Alguns educadores podem enfrentar desafios devido à falta de recursos didáticos adequados. Ter acesso a experimentos práticos, simulações e materiais visuais pode ser crucial para tornar o aprendizado do magnetismo mais envolvente e compreensível.

Os alunos podem ter dificuldade em relacionar os conceitos teóricos do magnetismo com suas aplicações práticas na vida cotidiana e em tecnologias modernas. Tornar as lições mais contextualizadas e mostrando exemplos do mundo real pode ajudar a superar esse desafio. Eles têm diferentes níveis de interesse e habilidades em ciências. Alguns podem achar o magnetismo fascinante, enquanto outros podem não se sentir tão envolvidos. Adaptações no ensino como diferentes estratégias de ensino e atividades práticas, podem ser necessárias para atender às necessidades variadas dos alunos.

Alguns aspectos desse tema podem não ser facilmente mensuráveis por meio de testes tradicionais, exigindo métodos de avaliação mais criativos, como projetos práticos, apresentações ou discussões em grupo.

Pensando em todos esses aspectos vamos propor uma sequência de atividades que possam vir a ajudar nesse cenário. Não estamos propondo que haja uma revolução radical nessa relação, mas, sim, que o professor reflita sobre a possibilidade de inovar, ainda que em algumas aulas e de forma gradual. A sequência...

4.2 Introdução

A sequência foi planejada com base em experiências publicadas no livro Temas para o Ensino de Física com Abordagem CTS (2012), principalmente a

sequência de José *Roberto da Rocha Bernardo* para o ensino do eletromagnetismo a partir de uma discussão em torno da geração de energia elétrica a partir de usinas hidroelétricas. A produção deste material traz uma proposta de sequência de ensino para conteúdos tradicionalmente abordados no contexto do ensino médio. Nosso foco será o magnetismo, embora saibamos que o eletromagnetismo também poderia ser abordado. Apresentaremos uma sequência estruturada que poderá ser utilizada tanto pelo professor quanto pelo aluno.

4.3 Orientações ao professor

Esta sequência de atividades tem o objetivo de auxiliar o professor e os estudantes no desenvolvimento da sequência de ensino dos conteúdos envolvidos com o magnetismo e suas relações com o cotidiano dos alunos. Sabemos hoje, que o magnetismo é fundamental para grande parte de dispositivos essenciais, como transformadores, motores elétricos, computadores, rádios e televisões.

É importante lembrar que a proposta não pretende ser uma receita ou norma em relação ao conteúdo a ser abordado, ficando a cargo do professor a tomada de decisão quanto ao que deve ser ensinado, em função da realidade da escola ou da sua vontade.

Assim, a proposta não explicita a forma nem o momento de inserção dos conteúdos científicos propriamente ditos, mas, a partir da temática “*O Magnetismo e a Vida na Terra*” aponta caminhos sobre o possível envolvimento de conceitos e assuntos como: propriedades dos ímãs, imantação, a bússola e o magnetismo, entre outros.

4.4 Material orientado aos alunos

4.4.1 Atividade I: Explorando os Mistérios dos Ímãs: Uma Jornada pelo Mundo do Magnetismo

Para essa atividade será necessária uma aula de quarenta e cinco minutos (1 aula de 00:45 min). Vamos iniciar procurando refletir sobre o que sabemos sobre o magnetismo. Com a turma organizada em grupos de até cinco estudantes, pois acreditamos que esta abordagem de separá-los em grupos oferece a oportunidade de trabalharem juntos, promovendo habilidades de colaboração e comunicação. Vamos sugerir que cada grupo elabore respostas justificadas, ou seja, forneçam

explicações ou razões que fundamentem e validem a resposta dada, para as seguintes perguntas:

- I. O que você sabe sobre as propriedades do magnetismo?
- II. Como funciona uma bússola?
- III. Qual importância do campo magnético da Terra?
- IV. Como podemos provar a existência do campo magnético da terra?

Ao término desta atividade cada grupo deverá organizar cartazes com imagens, recortes de revistas ou até mesmo imagens impressas da internet para mostrar o que se sabe sobre o magnetismo e quais suas aplicações no nosso cotidiano. Cada grupo deve encontrar uma aplicação prática do magnetismo no seu dia-a-dia. Os cartazes poderão ser expostos na área externa à sala de aula para que outras turmas também tenham conhecimento do conteúdo estudado.

O professor mediará um debate fechando esse ciclo construção do conhecimento, mostrando as propriedades do magnetismo.

4.4.2 Atividade II: Buscando um instrumento de orientação: Uma proposta de atividade experimental.

Para esta atividade será necessário uma aula de quarenta e cinco minutos (00:45 min), novamente vamos dividir a turma em grupos, pois além de oferece a oportunidade de trabalharem juntos, promovendo habilidades de colaboração e comunicação como já foi mencionado, os grupos podem ser ambientes propícios para o surgimento de ideias inovadoras, uma vez que a diversidade de perspectivas pode estimular a criatividade. Vamos considerar nessa atividade objetos de conhecimento já expostos na atividade I, como as propriedades dos ímãs.

1. Colocando o Problema:

Como todos já devem saber os ímãs se atraem e se repelem, dependendo dos lados em que os aproximamos. Semelhante a uma pilha que tem os polos negativos e positivos, as faces de um ímã foram denominadas de polos: Norte e Sul. Polos de mesmo nome se repelem e polos de nomes contrários se atraem.

Mas, como saber qual o polo Norte e qual o polo Sul dos ímãs?

Após mostrar esse questionamento serão disponibilizados alguns materiais para os grupos, e fazendo uso desses materiais eles vão recriar o experimento para identificar os polos dos ímãs.

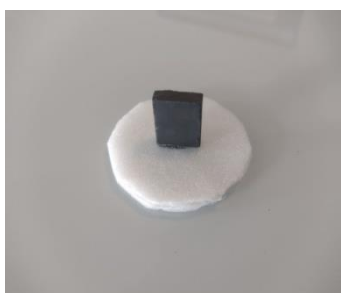
2. Disponibilizando o material:

- ✓ Dois ímãs pequenos em forma retangular desses de trancas de armário (2 para cada grupo);
- ✓ Embalagem de isopor daquelas de embalar queijo fatiado;
- ✓ Cola quente, estilete, tesoura, régua e compasso;
- ✓ Recipiente raso tipo cuba;
- ✓ 2 fitas adesiva uma vermelha e outra azul;
- ✓ Balde/garrafa com água.

3. Elaborando o artefato:

Para responder à questão proposta anteriormente vamos deixar nosso ímã navegar livremente em uma cuba com água e observar cuidadosamente o fenômeno. Para isso, inicialmente corte um disco de isopor com aproximadamente 5 cm de diâmetro e depois utilize a cola quente para fixar o ímã na vertical e bem no centro do disco conforme a figura 7.

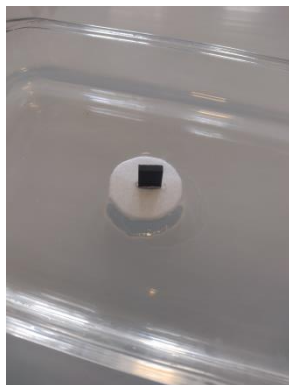
Figura 7: Ímã na base de isopor



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Em seguida, coloque o conjunto na cuba com água e observe cuidadosamente o comportamento do conjunto (figura 8). Compare a posição do seu ímã com a dos outros grupos para poder responder as questões.

Figura 8: Conjunto ímã e isopor na cuba com água.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

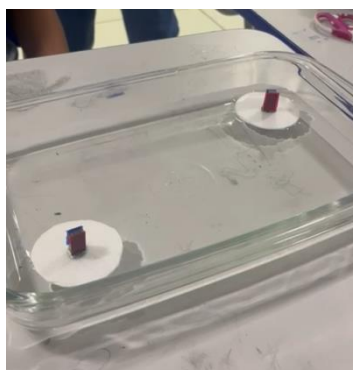
4. Questões:

1. Descrever cuidadosamente o fenômeno observado.
2. Pinte ou cole a fita adesiva vermelha, na face que se orientou aproximadamente para a direção Norte e de azul a face que se orientou aproximadamente para a direção Sul (figura 9). A face do ímã que se orientou para o Norte será denominada de polo norte e a face oposta será o polo sul.
3. Você sabe por que o ímã se orientou em uma determinada direção? Explique
4. Repita a experiência para um segundo ímã.

5. Como funciona?

Depois de colar os ímãs na base de isopor e coloca-los na cuba com água, espera-se que os estudantes percebam que o conjunto assume uma posição preferencial. Mesmo quando giramos o conjunto, ele retorna para a posição anterior.

Figura 9: Ímãs com seus polos indicados nas cores: vermelho e azul.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

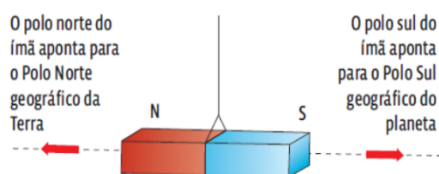
6. A explicação Física.

Antes de seguir com a explicação, os estudantes precisam identificar aproximadamente a direção geográfica Norte/Sul. Uma solução grosseira é apontar o braço direito estendido na direção da nascente (Leste) e o braço esquerdo estirado para o poente (Oeste). A linha perpendicular no meio dos dois braços estendidos é a direção Norte/Sul. Na frente do observador, encontra-se o sentido Norte, e nas costas o sentido Sul.

De acordo com Gilbert, a terra seria um gigantesco ímã aproximadamente esférico, e por esse motivo, as agulhas das bússolas se alinhavam na direção Norte/Sul. Para o cientista Inglês, no polo Norte geográfico encontrava-se um polo Sul Magnético e no polo Sul geográfico encontrava-se um polo Norte magnético. Considerada essa convenção, é fácil concluir que a face do ímã que aponta aproximadamente para a direção Norte (geográfico) deve ser o polo Norte magnético do ímã (cor vermelha) e a outra face, naturalmente, é o polo Sul magnético (cor azul).

De acordo com Gaspar (2010) a denominação Norte e Sul para os polos de um ímã está relacionada com a utilização da bússola e os polos geográficos da Terra. Se um ímã puder se movimentar livremente, a face que aponta no sentido do Polo Norte geográfico da terra é o polo norte do ímã. O polo oposto é o polo sul como pode se observar na figura 10 a seguir:

Figura 10: ímã que pode se movimentar livremente.

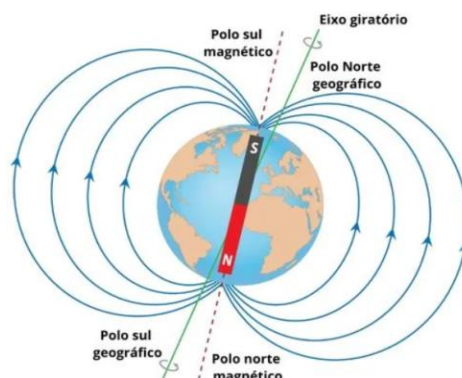


Fonte: Guia do estudante. Disponível em:

<https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem/conceitos>. Acesso em: 02 de março de 2024.

Portanto, se os polos opostos de atraem e o polo norte do ímã aponta para o polo Norte geográfico, no polo Norte geográfico encontra-se um polo sul magnético, como é possível ver na figura 11:

Figura 11: Polos magnético e geográfico terrestres.



Fonte: Mundo educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/magnetismo.htm>. Acesso em: 02 de março de 2024.

Em seguida o professor vai utilizar o Simulador Phet, para que os alunos entendam e visualizem melhor qual relação existe entre os polos magnéticos e os polos geográficos. Esse entendimento ocorrerá quando compararmos os polos do ímã e os polos terrestres. Para isso use o ímã, a bússola, o globo terrestre no simulador e aproveite.

Após a simulação será solicitado aos alunos que elaborem um pequeno texto relatando o que foi observado e em seguida será entregue professor. Sugiro que esta atividade seja realizada em grupo e que antes de elaborar o texto o grupo possa discutir entre si sobre o que observaram.

Para utilizar o simulador basta seguir os seguintes passos:

- ✓ Clique **neste link** do site em que há uma simulação sobre ímãs;
- ✓ Ao clicar sobre o simulador, ele será executado e abrirá uma página com uma bússola e um ímã;
- ✓ Clicando sobre o ímã, você poderá movê-lo para diferentes posições e observar como a bússola comporta-se para cada posição ocupada por ele;

- ✓ À direita do simulador, é possível observar um quadro que permite mudar a intensidade do magnetismo do imã e reverter a sua polaridade;
- ✓ Também à direita você encontrará o planeta terra que pode ser adicionado ao simulador.

4.4.3 Atividade III: As Formigas e o Campo Magnético

Para realização desta atividade é necessário uma aula de quarenta e cinco minutos (00:45 min). O texto apresentado a seguir foi construído com base em uma tese intitulada “Efeito do Campo Magnético Alterado Sobre o Comportamento de formigas”, de Marlon César Pereira. Texto esse que deve ser disponibilizado impresso ou a depender das condições dos alunos em formato digital. O professor vai solicitar a leitura do texto que deve ser feita em duplas ou equipes de até 5 estudantes e após a leitura os alunos vão compartilhar suas percepções e responder a questão sugerida.

AS FORMIGAS E O CAMPO MAGNÉTICO

Conforme Marlon Pereira (2017) os seres vivos, desde seu surgimento no planeta, estão sob influência de vários campos físicos a exemplo do campo gravitacional e o campo geomagnético. Por esse motivo, são sensíveis a eles e podem detectá-los e usá-los para se orientarem. Já foram realizados vários estudos demonstrando que diferentes grupos de organismos são sensíveis ao campo magnético natural do planeta e, por conta disto, são influenciados por qualquer tipo de variação de seus parâmetros naturais. Neste caso, o constante aumento de dispositivos elétricos e eletrônicos vem colocando cada vez mais animais e outros organismos em situações de variação dos padrões naturais do campo magnético terrestre.

Para testar o efeito do campo magnético alterado sobre a atividade de forrageio em formigas, Marlon utilizou uma fonte de alimentação digital simétrica e Bobinas de Helmholtz capazes de gerar um campo magnético de 60 μT , mais um par de imãs de neodímio. O efeito do campo magnético de 60 μT sobre o comportamento de forrageio foi testado em duas espécies de forrageio solitário, *Ectatomma brunneum* Smith 1848 e *Neoponera inversa* Smith 1848 e, outra com recrutamento massal, *Pheidole* sp. Os experimentos foram realizados em condições de campo e laboratoriais.

Os resultados da pesquisa mostraram que o Campo Magnético Alterado interfere no comportamento de forrageio e na tomada de decisão das operárias de duas espécies de formigas, tanto aquelas que apresentam recrutamento coletivo, como aquelas que forrageiam de forma individual. Os estudos indicam que o Campo Magnético Alterado,

afeta a decisão da primeira operária, mas não afeta daquela segunda que foi recrutada, o que significa que os estímulos químicos são mais fortes do que os magnéticos.

Especificamente, sobre o forrageio de *Pheidole sp*, ele alterou significativamente a trajetória, velocidade média de deslocamento, tempo de detecção das iscas e fluxo de formigas, o que sugere que as formigas além de perceberem estes estímulos, sofrem algum grau de perturbação.

Questão para o debate:

Com base neste texto exponha a opinião do grupo sobre a importância do campo magnético para a vida na terra e como situações de variação dos padrões naturais do campo magnético terrestre podem modificar o comportamento natural dos seres vivos. Escreva um texto de no mínimo 15 linhas expondo a opinião do grupo sobre o assunto.

4.4.4 Atividade IV: Uma parte da História

O texto apresentado a seguir foi construído com base no livro “Origens e evolução das ideias da física” de José Fernando Rocha e no artigo “Interação do Campo Magnético da Terra com os Seres Vivos: História da sua Descoberta” de Henrique Lins de Barros e Darci Esquivel. Leia o material com atenção e depois de discutir um pouco com os colegas do grupo, tentem responder aos questionamentos indicados.

UMA PARTE DA HISTÓRIA⁹

Quem nunca se perguntou o porquê de um ímã atrair objetos de ferro e outros ímãs? Quem não se sentiu intrigado com esse poder de exercer forças a distância?

De acordo com Guimarães (2011), a observação dos ímãs acompanha a humanidade há mais de três mil anos e, na antiga Mesopotâmia o mineral magnetita já era utilizado como selos cilíndricos desde 2000 anos a.C. Ao que tudo indica, os chineses foram os primeiros a fazer uso mais prático das propriedades da magnetita, utilizando o material para construção de bússolas que serviam para navegação. Mas, apesar do uso prático da bússola, não se sabia, até a época do descobrimento do Brasil, que a orientação das agulhas magnéticas de uma bússola na direção Sul/Norte, era devido ao fato de a Terra se comportar como uma grande esfera magnética.

Foi na Grécia antiga que o termo *magnetismo* teve sua origem. A palavra teria sido derivada do nome de um pastor de ovelhas, “Magnes” que ficou surpreso ao observar que a ponta de seu cajado era atraída por uma pedra que encontrou ao longo de seu caminho. A província grega onde o pastor teria vivido passou a se chamar Magnésia e

⁹ Texto construído com base no artigo “Interação do Campo Magnético da Terra com os Seres Vivos: História da sua Descoberta” Henrique Lins de Barros e Darci Esquivel (2000).

essa pedra, pela mesma razão, passou a chamar-se magnetita. Independente da veracidade do relato de Plínio (23-79 d.C.), certamente o nome magnetita, dado aquela pedra com propriedades especiais (ímã natural), se deve ao fato de a mesma ter sido encontrada, inicialmente, numa região da Grécia, chamada Magnésia, local onde se encontram extensos depósitos de óxido de ferro.

Assim como aconteceu com a eletricidade, a influência do magnetismo nos seres vivos também foi experimentada e, embora pouco conhecida, teve seus períodos de grande sucesso. As ideias de que o ímã teria influência sobre as pessoas conquistou grande aceitação durante a Idade Média servindo até como critério de julgamento em algumas situações, a exemplo de adultérios e outras contendas. Em alguns trechos dos tratados médicos de Hipócrates (460 – 377 a.C.) e galeno (131 – 201 a. C.) a magnetita é indicada como forma de tratamento de humores e feridas sob a forma de emplastos, além de estar associada a estados de depressão.

No século XVIII o magnetismo também foi utilizado como forma de tratamento de algumas doenças. Franz Mesmer (1734 - 1815), por exemplo, tratou de vários tipos de moléstias e obteve curas consideradas surpreendentes, chamando a atenção da classe médica da época.

Baseado no conceito de magnetismo animal, Franz Mesmer desenvolvia suas atividades, principalmente em Paris até que a Sociedade Real de Medicina e a Academia de Ciências o consideraram um charlatão. As ideias do magnetismo animal estavam fundamentadas basicamente numa visão realista e ingênua do magnetismo e foram abandonadas pela ciência racionalista, inaugurada por Galileu e consolidada pelos trabalhos de Newton e o estudo da influência do campo magnético sobre os seres vivos só foi retomada em meados do século XX.

Embora atrasados em relação aos chineses no que se refere ao uso prático do magnetismo, foram os europeus que realizaram o primeiro estudo científico e experimental do magnetismo. Em 1269, o engenheiro militar francês Pierre de Maricourt, um dos maiores conhecedores do ímã natural, foi o responsável pela denominação de *polo Norte* e *polo Sul* para as extremidades de um ímã. Em seu trabalho sobre o magnetismo (1269), Maricourt, organizou tudo que se sabia até então e agregou a isto suas próprias experiências e observações.

Só em 1600, mais de três séculos depois, o trabalho experimental de Maricourt foi retomado por William Gilbert que refez as experiências e comparou as explicações com as de outros autores. Gilbert reuniu suas conclusões no livro *De Magnete*, um dos primeiros clássicos da literatura científica. Foi o primeiro a sugerir que a terra seria um grande ímã e, para ilustrar sua tese, construiu um ímã em formato de esfera que foi denominado de *Terrella de Gilbert*. Esse artefato simulava o campo magnético terrestre. Ao colocar pequenas bússolas sobre essa esfera, explicou a propriedade das bússolas se orientarem sempre na direção Norte/Sul.

Logo após o trabalho de Gilbert sobre magnetismo, Galileu inaugura uma nova fase na história da Ciência. O trabalho de Galileu representa a pedra fundamental do novo conceito do que é científico, que irá influenciar todas as teorias de conhecimento posteriores. A revolução científica do século XVIII tem seu ápice na formulação racional da mecânica, feita por Newton, mas somente com os trabalhos de Coulomb, Gauss, Faraday é que o magnetismo volta a ser estudado, agora sob o aspecto racional que caracteriza a Ciência do final do Século XVIII.

Naquele cenário, a Física mantinha uma posição de destaque em relação às outras ciências e afirmava que os organismos vivos não possuíam propriedades magnéticas importantes e, desta forma, os fenômenos de origem magnética não podiam influenciar o desenvolvimento dos seres vivos. Este quadro científico foi alterado no início do século XX quando estudos sobre comportamento mostraram que vários estímulos do meio ambiente, embora muito fracos, poderiam mudar de forma significativa a resposta de animais.

O estudo da navegação de pombos, o chamado voo de retorno ao lar, realizados a partir da década de 1950, trouxeram informações até então desconhecidas no que diz respeito à capacidade de orientação destas aves e as primeiras hipóteses de que o pombo poderia utilizar os campos magnéticos fracos, para obterem informações sobre a sua trajetória foram feitas.

A parti daí vários estudos e evidências surgiram a respeito dessa interação dos organismos vivos com o campo magnético, a exemplo de estudos feitos com bactérias que respondiam diretamente ao campo, constituindo a primeira evidência de que o campo pode influir diretamente no comportamento do ser vivo.

Questões a cerca da leitura

- I. Como a compreensão do magnetismo mudou ao longo da história, desde as primeiras observações até os conceitos modernos?
- II. Quais foram os principais marcos na história da pesquisa sobre magnetismo e suas aplicações?
- III. De que forma a descoberta da interação entre a Terra e os ímãs influenciou a navegação e a compreensão do campo magnético terrestre?

4.4.5 Atividade V: Debate simulado.

O tempo previsto para realização desta atividade é 1h e 30 min, totalizando duas aulas de 00:45 min. Nessa atividade, a turma precisa ser dividida em três grupos: o primeiro grupo ficará responsável por apresentar argumentos sobre a importância do campo magnético para os seres vivos, defendendo a tese de que a perturbação do campo magnético terrestre pode prejudicar o ambiente. O segundo grupo argumentará em defesa do eletromagnetismo, sua importância, defendendo a tese de que as pequenas alterações são insignificantes e não alteram significativamente o equilíbrio ambiental. O terceiro grupo será responsável por julgar e definir o grupo que foi mais coerente e consistente com seus argumentos. Para isso, o terceiro grupo procurará agir de forma neutra, focalizando apenas os argumentos apresentados, ainda que pessoalmente não concorde. O trabalho do terceiro grupo tem um perfil técnico e, por isso, precisa estar apoiado em ações objetivas, tais como observar:

- ✓ Se há coerência nos argumentos para promover o convencimento dos outros;
- ✓ Se os argumentos foram construídos sobre bases científico-tecnológicas ou se ficam restritos à repetição do que os estudantes trazem do cotidiano e dos textos disponibilizados;

- ✓ Se os argumentos abordam com clareza as relações entre a ciência e a tecnologia e os aspectos políticos, econômicos, socioambientais, éticos e morais.

O terceiro grupo poderá formular perguntas aos dois grupos no sentido de refinar sua avaliação, se julgar necessário.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Relatando a experiência

No primeiro encontro, realizamos uma pesquisa utilizando um questionário (Apêndice 1) para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, visto que, os conhecimentos prévios desempenham um papel fundamental no processo de aprendizado e na formação do entendimento de novas informações. Eles podem despertar a curiosidade e o interesse em aprender mais sobre um determinado tópico. Não está indicado na proposta propriamente dita, pois fica a critério do professor realizar ou não esse momento de investigação.

Separamos a turma em duplas, pois, é uma estratégia que visa promover a aprendizagem colaborativa, desenvolver habilidades sociais e melhorar o ambiente de aprendizagem, contribuindo para um processo educacional mais eficaz e enriquecedor. Com a aplicação do questionário, obtivemos alguns resultados que serão descritos a seguir:

Com o intuito de avaliar previamente o que eles já sabiam sobre magnetismo, foi feito o seguinte questionamento: **O que vocês sabem sobre o magnetismo?** Diante desta primeira pergunta, a maioria dos alunos respondeu que se tratava de uma força de atração, em que um polo seria positivo e outro negativo.

“É uma força que faz com que dois polos se atráírem ou se repelírem, dependendo das suas cargas, criando um campo em volta deles”. (Dupla 1).

“É uma força física no qual dois corpos se atraem, através da força de atração magnética, no qual possuem dois polos um positivo e um negativo”. (Dupla 2).

Percebemos que eles conhecem alguns conceitos, mas possuem uma dificuldade em explica-los, alguns estudantes apresentaram confusão entre os conceitos de magnetismos e de cargas elétricas.

Para avaliar o conhecimento a respeito das influências do magnetismo indagamos: **Você acha que o magnetismo tem alguma influencia em nosso organismo e no ambiente em que vivemos?**

Para essa questão, notamos uma maior dificuldade na formulação das respostas. Inicialmente recorreram ao magnetismo aplicado à medicina para tentar responder, mas, em nenhum momento relacionaram ou citaram a influência do

campo magnético nos organismos vivos, nem a informação de que alguns animais usam o geomagnetismo para orientação e migração, por exemplo. Foram respostas satisfatórias para o primeiro momento de investigação.

“Sim. A própria terra se trata de um enorme campo magnético devido a seu núcleo, o que influencia no ambiente em que vivemos através dos campos magnéticos criados”. (Dupla 1).

“Sim. cremos nós que existem tratamentos médicos e exames que envolvem o magnetismo; (Ressonância magnética)”. (Dupla 2).

“Sim. Usamos em exames de saúde e em ambientes, usamos na composição química”. (Dupla 3).

Para concluir a primeira parte, fizemos outro questionamento: **Qual a importância do magnetismo terrestre para a vida no planeta?**

Novamente os estudantes sentiram dificuldade para construir uma resposta e retornaram as aplicações na medicina, e mencionaram a influência na trajetória de corpos celestes, mas não conseguiram expressar de forma clara suas ideias.

“O campo magnético da Terra protege o planeta, influenciando na trajetória de corpos celestes, como meteoros”. (Dupla 1).

“Uma das funções do magnetismo é facilitar as ações do dia a dia do ser humano” (Dupla 4).

No segundo encontro, para realizar a atividade I intitulada **Explorando os Mistérios dos Ímãs: Uma Jornada pelo Mundo do Magnetismo**, realizada no dia 15 de Março de 2024, separamos a turma em grupos de até 3 estudantes, e solicitamos que respondessem algumas questões com o objetivo de sondar seus conhecimentos a respeito das propriedades magnéticas. O primeiro questionamento, que pode ser visto no questionário disponível no apêndice 2 foi: **O que você sabe sobre as propriedades dos ímãs?** Foi possível observar que eles ainda usavam conceitos como o de carga elétrica para explicar que os polos iguais se repeliam e os diferentes se atraíam.

Outro questionamento: **Como funciona uma bússola?** Nas respostas fornecidas foi possível constatar que os alunos possuem alguma noção de que a Terra se comporta como um grande ímã, mesmo apresentando dificuldades em explicar de maneira cientificamente correta o fato de o polo Norte da agulha da

bússola ser atraído para o Polo Norte Geográfico da Terra (local onde se encontra o Polo Sul Magnético), como podemos ver em algumas respostas a seguir:

“A bússola se guia de acordo com os polos da Terra, que a mesma se trata de um enorme campo magnético. Partindo disso, ela aponta para os polos Norte e Sul do Planeta, mas quase sempre apontando para o Norte” (Dupla 1).

“A bússola sempre aponta para o norte por que o polo mais forte do planeta terra em relação ao magnetismo é o norte” (Dupla 4).

E quando indagamos: **Como podemos provar a existência do campo magnético da Terra?** Todos os alunos responderam baseados em uma das evidências mais simples e de forma coerente dizendo que fazendo uso da bússola.

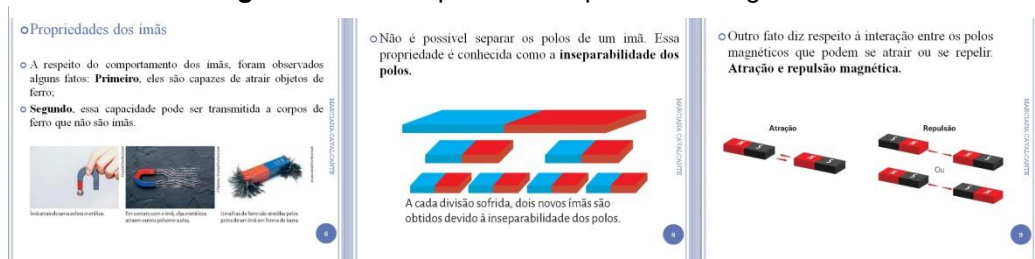
“Temos como exemplo a bússola” (Dupla 1).

“Com uma bússola” (Dupla 2).

“Através da bússola” (Dupla 3).

Após esse momento de investigação, foi realizada a consolidação dos conceitos a respeito das propriedades magnéticas. Para esse momento utilizamos slides contendo imagens ilustrativas para melhor compreensão dos objetos de estudo, podemos ver essas imagens na figura 12 a seguir. Com o exposto surgiram algumas dúvidas que foram tiradas e partimos para parte final dessa atividade que consistiu na construção dos cartazes.

Figura 12: Aula expositiva: Propriedades Magnéticas

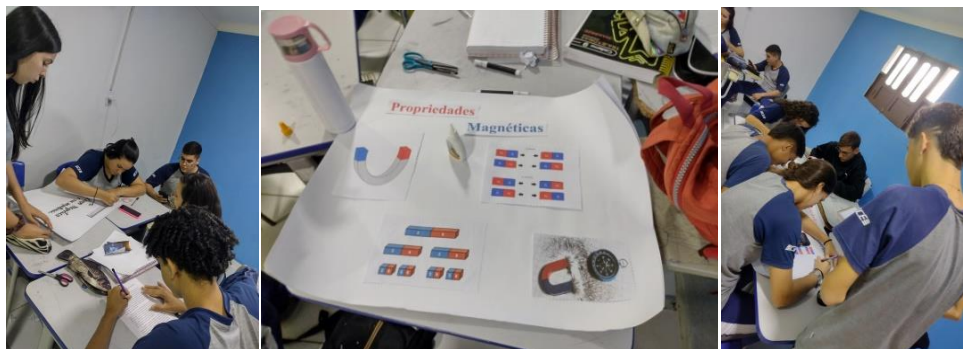


Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Por fim foi indicado que os grupos construíssem cartazes com imagens, que poderiam ser recortes de revistas ou impressas da internet para mostrar as propriedades do magnetismo, o que se sabe sobre o magnetismo e quais suas

aplicações no nosso cotidiano (Figura 13). Esses cartazes ficaram expostos para outras turmas terem acesso.

Figura 13: Construção dos cartazes



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

A fim de cumprir as atividades com a turma foi necessário solicitar duas aulas extras de uma professora que vou chamar de professora X. Entrei em contato com a professora X e consegui as aulas para o dia 18 de março do referido ano e nesse dia realizamos as atividades II e III visto que tínhamos disponível uma hora e trinta minutos, ou seja, duas aulas.

Como a atividade II trás uma atividade de experimentação simples o professor já cria expectativas e espera que os alunos participem ativamente do experimento, envolvendo-se nas atividades práticas propostas e contribuindo para a realização das tarefas. Com a aplicação foi possível observar um maior engajamento das equipes, abre-se exceção para um ou dois alunos que quase nunca se animam com atividade nenhuma.

Outro sim, a maioria dos estudantes participaram de forma ativa, montaram o conjunto ímã mais base de isopor, e ao colorem na água ficaram fascinados com o fenômeno observado. Inicialmente colocaram um dos ímãs e depois de algum tempo perceberam que o conjunto se movimentava para alguma direção específica como podemos observar nas suas anotações.

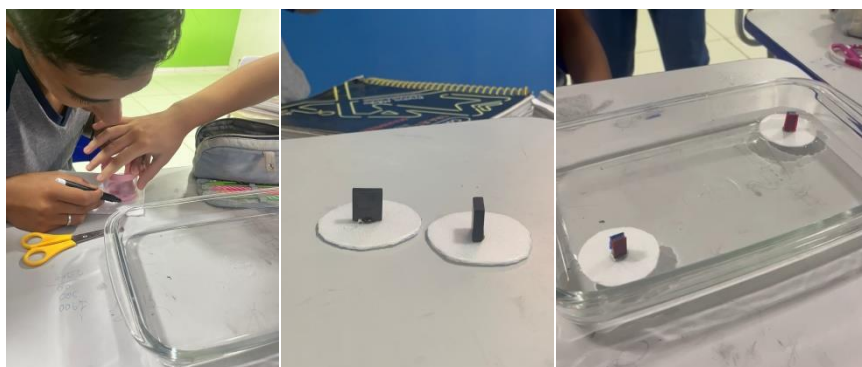
“O ímã parece procurar uma direção” (Equipe 1).

“A partir do momento que o ímã entrou em contato com a água ele girou no sentido norte e sul” (Equipe 2).

Em seguida, apontando o braço direito estendido na direção do nascente (Leste) e o braço esquerdo estirado para o poente (Oeste), os estudantes identificaram o norte e sul geográficos de maneira aproximada conforme foi descrito na atividade. A linha perpendicular no meio dos dois braços estendidos é a direção Norte/Sul. Na frente do observador, encontra-se o sentido Norte, e nas costas o sentido Sul.

Foi sugerido pelo professor que eles colassem a fita vermelha no lado que se orientou para o norte e a fita azul no lado que se orientou para o sul como podemos observar na figura 14.

Figura 14: Alunos realizando o experimento



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Para complementar as concepções dos alunos a cerca do fenômeno observado o professor fez o seguinte questionamento: **Você sabe por que o ímã se orientou em determinada direção?** Os alunos apresentaram os seguintes argumentos:

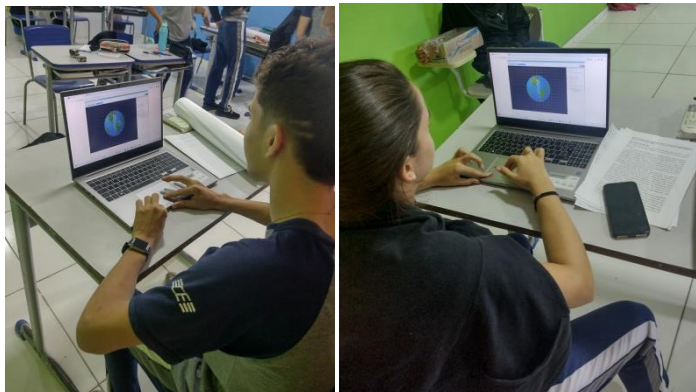
“Por causa do campo magnético da Terra” (Equipe 1).

“Ele se orienta em uma direção específica, por que o polo norte é o mais magnético da terra, devido ao alinhamento de elétrons” (Equipe 2).

Percebemos que eles ainda não compreendem com tanta clareza o fenômeno observado. Para sanar as dúvidas e questionamentos, o professor fez uma intervenção, fazendo uso da lousa e acrescentando explicações físicas para o fato que a face do ímã que aponta aproximadamente na direção Norte (geográfico) ser o polo Norte magnético e a outra face, naturalmente ser o polo Sul magnético.

Para uma melhor visualização do fenômeno, foi apresentado aos alunos uma simulação a partir da manipulação do simulador Phet.

Figura 15: Alunos utilizando o simulador Phet.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Na segunda aula do dia 18 de Março, continuando com a realização das atividades, a turma foi separada em equipes e, com base no texto o "Efeito do Campo Magnético Alterado sobre o Comportamento de Formigas".

Com essa prática, esperávamos que a leitura seguida de um debate oportunizasse os alunos a compreenderem a importância do magnetismo não apenas como aplicação técnica, mas em suas conexões com os organismos vivos e com a biodiversidade. Participando de forma ativa na construção do conhecimento e constatando as possibilidades de impactos ambientais associados à produção, uso e descarte de materiais magnéticos e dispositivos eletrônicos.

Disponibilizamos um texto (figura 16) no formato impresso, retirado do estudo de Marlon, ver o texto no Apêndice 3, e em seguida pedimos para que os alunos expusessem de forma escrita a opinião do grupo sobre a importância do campo magnético para a vida na terra e como situações de variação dos padrões naturais do campo magnético terrestre podem modificar o comportamento natural dos seres vivos.

Nosso intuito é que eles compreendam que muitas espécies animais, incluindo aves, tartarugas marinhas e algumas espécies de insetos, como as formigas citadas no texto, usam o campo magnético da Terra para orientação durante suas migrações ou viagens. Alterações significativas no campo magnético podem interferir nessa capacidade de navegação, resultando em desorientação e perda de habilidades migratórias.

Obtivemos alguns argumentos satisfatórios de acordo com o questionamento feito. Sobre a importância do campo magnético para a vida na terra responderam o seguinte:

“O campo magnético da Terra desempenha um papel crucial da proteção da vida na terra, contra a radiação solar, prejudicial, desviando partículas carregadas do vento solar” (Equipe 1).

Quanto às variações dos padrões naturais do campo magnético terrestre responderam:

“Altera também os padrões naturais que podem afetar a navegação de animais migratórios, como pássaros. Essas variações podem levar a mudanças nos padrões de migração e comportamento, impactando ecossistemas e cadeias alimentares, como exemplo atividade das formigas, que tem no texto” (Equipe 1).

“As aves são influenciadas pelos campos magnéticos, alterando sua trajetória de vida assim como as formigas, as ondas do mar e a bússola” (Equipe 2).

Figura 16: Alunos fazendo a leitura do texto referente à atividade III



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Em uma das equipes, uma aluna em específico havia dias antes do nosso encontro respondido a um simulado no qual tinha uma questão a respeito da orientação e migração de aves. Na minha percepção acredito que por esse motivo em suas respostas apareceu o termo migração de aves e não apenas sobre formigas como eles haviam lido no texto.

O último encontro com a turma para realização dessa experiência com atividades sobre o magnetismo, ocorreu no dia 19 de Março de 2024, na ocasião realizei mais uma atividade de leitura e discussão de texto (figura 17). Nosso objetivo é que os alunos compreendam como o conhecimento sobre o magnetismo evoluiu

ao longo do tempo, desde os tempos antigos até os dias atuais e também compreender como as descobertas no campo do magnetismo influenciaram a sociedade e a cultura ao longo da história, incluindo seu papel na navegação, orientação de animais, na medicina, na indústria e na tecnologia.

Os alunos deveriam fazer a leitura do material com atenção e depois discutir com os colegas e em seguida responder a algumas questões indicadas, a exemplo: **Como a compreensão do magnetismo mudou ao longo da história, desde as primeiras observações até os conceitos modernos?** Obtivemos algumas respostas bem pertinentes, visto que eles conseguiram expor suas compreensões sobre a construção do conhecimento científico a respeito da evolução dos fenômenos magnéticos como podemos analisar a seguir:

“A compreensão do magnetismo evoluiu ao longo do tempo, passando de observações práticas e crenças antigas para um entendimento científico mais profundo, que inclui a interação entre a Terra e os ímãs e a influência campo magnético nos seres vivos” (Trio 1).

“No principio de tudo, foi observado que algumas rochas tinham um comportamento diferente, depois com algum tempo os estudos foram se desenvolvendo técnicas para utilização do magnetismo no nosso dia a dia, como na navegação, por exemplo, o uso da bússola e também no tratamento de doenças” (Dupla 1).

Outra questão que foi colocada para debate foi: **De que forma a descoberta da interação entre a Terra e os ímãs influenciou a navegação e a compreensão do campo magnético terrestre?** Novamente as respostas foram satisfatórias, pois eles conseguiram expressar bem suas ideias citando impactos significativos na navegação e na compreensão do campo magnético terrestre.

“A descoberta da interação entre a terra e os ímãs teve um grande impacto na compreensão do campo magnético terrestre, foi fundamental para o desenvolvimento da bússola, permitindo que os navegadores determinassem ação em alto mar e para compreensão de que a terra possui um campo magnético” (Trio 2).

“A descoberta da interação entre a terra e os ímãs influenciou a navegação ao permitir o desenvolvimento de bússolas mais precisas. Além disso, ajudou a compreender o campo magnético terrestre e sua influencia no comportamento dos seres vivos, como demonstrado pelos estudos sobre navegação de pombos” (Trio 1).

“Ajudou na criação da bússola, ferramenta que ajudou a navegantes com a ponta da agulha sempre apontando para o norte”(Dupla 1)

Figura 17: Alunos realizando a leitura do texto.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Expondo um pouco mais de minha percepção em torno da aplicação das atividades, foi visível o quanto na primeira atividade os alunos reagiram de forma colaborativa, respondendo animados ao questionário de investigação das ideias prévias. Na aula expositiva sobre propriedades magnéticas, se comportaram com interesse e atenção. Mas, na construção dos cartazes, apresentaram um pouco de rejeição, pedindo para concluir a atividade em casa, mas com um pouco de argumentação, acabaram concluindo a tarefa em sala.

Com relação à segunda atividade, envolvendo o experimento e a simulação computacional, os alunos demonstraram curiosidade e interesse e ficaram fascinados observando os ímãs se alinharem em uma direção preferencial. Com as simulações computacionais não foi diferente. O interesse pela manipulação das imagens e reprodução virtual do fenômeno, também foi grande.

Por outro lado, quando foram colocados diante das atividades de leitura e interpretação dos textos, mostraram-se resistentes e pouco interessados. Exigindo pontos como recompensa para a conclusão da tarefa. Ainda assim, depois dos argumentos e apelos da professora, procederam as leituras e compartilharam entre si os conhecimentos adquiridos, apresentado de forma escrita as suas conclusões.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das evidências apresentadas, os resultados desta pesquisa nos permitem identificar as possibilidades e as limitações de uma experiência de ensino com abordagem que permite reflexões envolvendo Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA) para o ensino do magnetismo considerando a temática: o magnetismo e a vida na terra.

Com base no enfoque CTSA, desenvolvemos e aplicamos as atividades assumindo como ponto de partida a relação dos fenômenos magnéticos com os organismos vivos, a biosfera e a vida no planeta. E é justo concluir que, obtivemos resultados satisfatórios na aplicação de algumas atividades, a exemplo da atividade de experimentação e uso do simulador Phet, em que o objetivo era que os alunos conseguissem identificar os polos de um ímã, constatando a relação sutil dos polos magnéticos de um pequeno ímã com os polos magnéticos e geográficos da Terra, entendendo que a Terra se comporta como um grande ímã.

Com as atividades de leitura e debate em grupos, tentamos integrar as perspectivas da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, para que fosse possível compreender o magnetismo não apenas como um conceito físico isolado, mas como uma força influente que molda e é moldada pelas interações entre humanos, tecnologia e o meio ambiente. Mas, o comportamento de desinteresse dos alunos para realização dessa parte da proposta, parece indicar que talvez o nosso objetivo não tenha sido alcançado, ou seja, os aspectos científicos e tecnológicos prevaleceram em relação aos aspectos socioambientais.

Considerando os argumentos expostos e tendo em vista as especificidades do processo de ensino aprendizagem, os alunos foram capazes de associar os conceitos relacionados ao tema trabalhado assim como compreender que quando se trata da relação entre ciência e sociedade, é fundamental reconhecer que esses dois aspectos da vida humana estão intrinsecamente interligados e influenciam-se mutuamente de várias maneiras.

Embora a amostragem seja pequena, esta primeira experiência revela a importância de buscar uma abordagem que discuta o magnetismo não apenas como um fenômeno físico, mas, sobretudo, como um elemento essencial para a vida do planeta.

Ao conhecer os efeitos do magnetismo em células, insetos, aves migratórias, espécies marinhas e em toda biodiversidade, os alunos, junto com os professores de física e de biologia, podem desenvolver novos projetos relacionados com conservação da biodiversidade e a preservação dos habitats naturais do seu Município, sobretudo, no que se refere às perturbações causadas pelo eletromagnetismo moderno.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, José de Pinto. **Atividades experimentais: Do método à prática Construtivista**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis (SC), 2000.

ALVES, Ana Carla Jerónimo. **Abordagem CTSA de materiais magnéticos e suas aplicações**. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro. Departamento de Física. 2008.

ANDRADE, Tatiana Santos; SOUZA, Claudia; NETO, Edmilson G. de Lima. **As dificuldades ressaltadas por professores na implantação de currículos com ênfase ctsa no ensino de ciências da rede pública de aracaju-se**. V Colóquio Internacional de Educação e Contemporaneidade, 21 a 23 de Setembro de 2011.

ANDRÉ, Marli. E. D.; LUDKE, Menga. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Disponível em: www.lite.fe.unicamp.br/papet/2003/ep145/pesq.htm. Acesso em: 04/06/2021.

AULER, D. **Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade; Pressupostos para o contexto brasileiro**. *Ciência & Educação*, v. 1, n. especial, novembro de 2007.

AULER, Décio; BAZZO, Walter Antônio. **Reflexões para a implementação do movimento cts no contexto educacional brasileiro**. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

BARROS, Henrique G. P. Lins de. ESQUIVEL; Darci M. S. **Interação do Campo Magnético da Terra com os Seres Vivos: Historia da sua Descoberta**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 22, no. 3, Setembro, 2000.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 1998.

BAZZO, W. A. *et al.* **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

BAZZO, W.; PALACIOS, E. M. G.; GALBARTE, J. C. G.; VON LINSINGEN, I.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; GODILLO, M. M.; OSORIO, C; PEREIRA, L. T. V; VALDÉS, C. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: OEI, 2003.

BENAKOUCHE, T. **A Contribuição da Teoria Sociológica para o Desenvolvimento dos Estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade**. In KERBAUY, M. T. M.; ANDRADE, T. H. N.; HAYASHI, C. R. M. (org) *Ciência, Tecnologia e Sociedade no Brasil*. Campinas: Editora Alínea 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 Abril 2024.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético**. Revista CTS, nº 6, vol. 2, Diciembre de 2005 (pág. 173-194).

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELICIO, A. K. C. **A Produção de Jogos Didáticos para o Ensino de Ciências e Biologia: Uma Proposta para Favorecer a Aprendizagem**. Caderno dos Núcleos de Ensino, São Paulo, 47-60, 2003.

CAVENAGHI, Ana Raquel Abelha; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação de alunos adolescentes enquanto desafio na formação do professor**. IX Congresso Nacional de Educação- EDUCERE. 2009.

CHAIB, João Paulo M. C.; ASSIS, André k. T. **Ampère e a origem do magnetismo terrestre**. I Simpósio de pesquisa em ensino e história de ciências da terra. III Simpósio nacional sobre ensino de geologia no brasil. Instituto de Física 'Gleb Wataghin', Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, 2007.

CLEMENTE, L.; TERRAZZAN, E. A. NASCIMENTO, T. B. **Resolução de Problemas no Ensino de Física Baseado Numa Abordagem Investigativa**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/orais/ORAL159.pdf>. Acesso em: 02/09/2020.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. **Analizando a implementação de uma Abordagem cts na sala de aula de química**. Ciência & Educação, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1974.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física: ensino médio/ Alberto Gaspar**. São Paulo: Ática, 2010.

GUEDES, Luciano Dias Dos Santos. **Experimentos com materiais alternativos: sugestão para dinamizar a aprendizagem de eletromagnetismo**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Catalão, 2017.

GUIMARÃES, Alberto P. **A pedra com alma: a fascinante história do magnetismo/ Alberto P. Guimarães**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

HALLIDAY, David, 1916 - **Fundamentos de física**, volume 3: eletromagnetismo / Halliday , Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

JÚNIOR, Osvaldo Pessoa. **Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo**. *Scientia e studia*, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 195-212, 2010.

MALHEIROS, Bruno Taranto. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MARTINI, Gloria. *et al.* **Conexões com a física** / Blaidi Sant'Anna. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2013.

MAZETI, Lucas Jesus Bettiol. **Sequência didática: uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio** / Lucas Jesus Bettiol Mazeti. -- 2017.

MONTEIRO, J. C.; CASTILHO, W. S. SOUZA, W. A. **Sequência didática como instrumento de promoção da aprendizagem significativa**. *Revista Eletrônica DECT*, Vitória (ES), v. 9, n. 01, p. 292-305, 2019.

OLIVEIRA, V. **Uma Proposta de Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos colegas e Ensino sob Medida Para o Ensino Médio**. Dissertação (Programa de pós-graduação em Ensino de Física, Mestrado Profissional em Ensino de Física). Porto Alegre, 2012.

PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

PEREIRA- BOMFIM, Maria da Graça Cardoso. **Magnetorrecepção em Vespídeos Sociais (Hymenoptera: Vespidae)**/ Maria da Graça Cardoso Pereira BomFim-Dourados/ MS: UFGD, 2014.

PEREIRA, Marlon. **Efeito do Campo Magnético Alterado Sobre o Comportamento de formigas**. / Marlon César Pereira. – Dourados, MS: UFGD, 2017.

PINHEIRO, Flávia de Abreu; MATTOS, Fabrícia Ribeiro; SILVEIRA, Adriana Gomes. **Educação ctsa e aprendizagem baseada em problemas: possibilidade metodológica para o curso de bacharelado em ciência e tecnologia de alimentos**. *Ifes Ciência*. Volume 8 / Número 1 / Ano 2022 – p. 01-25.

ROCHA, J. F. M. **Origens e evolução das ideias da física** / José Fernando M. Rocha (Org.)- Salvador: EDUFBA. 2011.

SILVA, Guilherme Pereira da. **O campo magnético natural terrestre como parâmetro da movimentação oceânica de tartarugas marinhas** / Guilherme Pereira da Silva. - Recife: O Autor, 2013.

SOUSA, J. R.; COSTA, R. B.; SGARBI, A. D. **História e Filosofia da Ciência no contexto do Ensino de Ciências: um olhara partir da produção Stricto Sensu brasileira**. *Historia da ciência e ensino construindo interfaces*, 2022.

SOUZA CRUZ, Sonia M. S. C.; ZYLBERSZTAJN, Arden. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos**. In:

PIETROCOLA, M. (org). Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2001.

VIANNA, Deise Miranda; BERNARDO, José Roberto da Rocha. **Temas para o ensino de física com abordagem CTS (ciência, tecnologia e sociedade)** / Deise Miranda Vianna... [et. al.]. - 1. ed. - Rio de Janeiro : Bookmakers, 2012.

ZABALA, Antoni. **A Prática educativa: como ensinar.** Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO: EXPLORANDO CONHECIMENTOS:
QUESTIONÁRIO SOBRE SUAS IDEIAS PRÉVIAS SOBRE MAGNETISMO**

1. O que vocês sabem sobre o magnetismo?
2. Você acha que o magnetismo tem alguma influência em nosso organismo e no ambiente em que vivemos?
3. Qual é a importância do magnetismo terrestre para a vida no planeta?

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO: ATIVIDADE I: EXPLORANDO OS MISTÉRIOS
DOS ÍMÃS: UMA JORNADA PELO MUNDO DO MAGNETISMO**

- I. O que você sabe sobre as propriedades do magnetismo?
- II. Como funciona uma bússola?
- III. Qual importância do campo magnético da Terra?
- IV. Como podemos provar a existência do campo magnético da terra?

APÊNDICE C – TEXTO DISPONÍVEL PARA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE III

AS FORMIGAS E O CAMPO MAGNÉTICO

Conforme Marlon Pereira¹⁰ (2017) os seres vivos, desde seu surgimento no planeta, estão sob influência de vários campos físicos a exemplo do campo gravitacional e o campo geomagnético. Por esse motivo, são sensíveis a eles e podem detectá-los e usá-los para se orientarem. Já foram realizados vários estudos demonstrando que diferentes grupos de organismos são sensíveis ao campo magnético natural do planeta e, por conta disto, são influenciados por qualquer tipo de variação de seus parâmetros naturais. Neste caso, o constante aumento de dispositivos elétricos e eletrônicos vem colocando cada vez mais animais e outros organismos em situações de variação dos padrões naturais do campo magnético terrestre.

Para testar o efeito do campo magnético alterado sobre a atividade de forrageio em formigas, Marlon utilizou uma fonte de alimentação digital simétrica e Bobinas de Helmholtz capazes de gerar um campo magnético de 60 μT , mais um par de ímãs de neodímio. O efeito do campo magnético de 60 μT sobre o comportamento de forrageio foi testado em duas espécies de forrageio solitário, *Ectatomma brunneum* Smith 1848 e *Neoponera inversa* Smith 1848 e, outra com recrutamento massal, *Pheidole sp.* Os experimentos foram realizados em condições de campo e laboratoriais.

Os resultados da pesquisa mostraram que o Campo Magnético Alterado interfere no comportamento de forrageio e na tomada de decisão das operárias de duas espécies de formigas, tanto aquelas que apresentam recrutamento coletivo, como aquelas que forrageiam de forma individual. Os estudos indicam que o Campo Magnético Alterado, afeta a decisão da primeira operária, mas não afeta daquela segunda que foi recrutada, o que significa que os estímulos químicos são mais fortes do que os magnéticos.

¹⁰ PEREIRA, MARLON. **Efeito do Campo Magnético Alterado Sobre o Comportamento de formigas.** / Marlon César Pereira. – Dourados, MS: UFGD, 2017.

Especificamente, sobre o forrageio de *Pheidole sp*, ele alterou significativamente a trajetória, velocidade média de deslocamento, tempo de detecção das iscas e fluxo de formigas, o que sugere que as formigas além de perceberem estes estímulos, sofrem algum grau de perturbação.

APÊNDICE D – SUGESTÕES DE ATIVIDADES

Atividade 1. Magnetismo e os Animais. (2 aulas de 45 minutos)

Leia a notícia “**Aves se orientam pelo campo magnético; estudo mostra como**” disponível em <https://socientifica.com.br/como-aves-se-orientam-por-campo-magnetico/> e “**Pássaros têm ‘visor’ de campo magnético, diz estudo**” disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/passaros-tem-visor-de-campo-magnetico-diz-estudo>.

Como funciona?

Serão disponibilizadas essas notícias em formato impresso ou digital a depender da disponibilidade dos alunos, eles poderão acessá-las on line, usando seus smartphones ou tablets, espera-se que eles consigam identificar conceitos de magnetismo e relacioná-los com o cotidiano, compreendendo a ligação entre ciências, tecnologia, sociedade e ambiente.

Será solicitado aos alunos que analisem as notícias e busquem maiores informações a respeito da orientação dos animais a partir do campo magnético da terra. Com o intuito de mostrar como conceitos de Física estão presentes no nosso cotidiano, e tentar trazer significado para esses conceitos, mostrar que os conhecimentos científicos não estão tão distantes da nossa realidade, com isso mostrar que a Física está presente no dia-a-dia e promover uma aproximação entre conceitos científicos e sociedade. É também um valioso momento de trabalhar com a oralidade e argumentação.

A turma será dividida e organizada em grupos de 3 a 5 alunos, serão disponibilizadas as notícias em formato impresso ou digital. O professor pedirá para que seja feita uma leitura das notícias e em seguida que eles iniciem um debate a cerca das informações disponibilizadas, apontando aspectos como:

- ✓ Existência do campo magnético terrestre;
- ✓ Influência do campo magnético terrestre na migração das aves;
- ✓ Importância da interdisciplinaridade.

Atividade 2. Visualização das linhas de campo magnético de um ímã.

A atividade terá uma duração de 1h 30 min, os objetivos serão listados abaixo:

- ✓ Visualizar linhas de campo magnético em duas e três dimensões.
- ✓ Verificar que as linhas de campo magnético são fechadas (isto é, partem e voltam ao ímã), preenchem todo o espaço (isto é, pode supor-se uma linha a passar por qualquer ponto do espaço) e nunca se cruzam.

Para o desenvolvimento da mesma precisaremos dos seguintes materiais:

- ✓ TV/Data show
- ✓ Folhas A4;
- ✓ Ímãs
- ✓ Limalha de ferro

Como sabemos os conhecimentos prévios interagem com o novo conhecimento, modificando e enriquecendo a estrutura cognitiva prévia, que permite a atribuição de significados ao conhecimento, dito isto iremos como de costume iniciar essa atividade fazendo questionamentos aos alunos a fim de sondar esses conhecimentos.

- O que existe ao redor dos ímãs que possibilita atrair objetos de ferro ou outros ímãs?

- Como você representaria as linhas de campo de um ímã?

Como funciona?

A turma será dividida em grupos de 3 ou 5 alunos, o professor irá solicitar um desenho do campo magnético segundo a compreensão dos estudantes permitindo assim uma análise do nível de entendimento de cada um. Esses desenhos irão representar a forma como eles “imaginam” ser o campo que existe ao redor dos ímãs. Nesse momento é possível fazer uma analogia com o campo magnético da terra.

Em seguida para melhorar e facilitar a compreensão deles a cerca desta visualização, será disponibilizado limalha de ferro, ímãs e folhas de papel A4 para cada grupo de estudantes. Fazendo uso desses materiais espera-se que eles consigam uma forma de representar as linhas de campo dos ímãs disponíveis.

Se o professor tiver acesso é interessante repetir esse procedimento da limalha de ferro com ímãs de diversos formatos, como circulares, em forma de U, retangulares, caso o professor não possua os ímãs é interessante pedir para que os alunos consigam os ímãs e levem para aula.

Novamente será solicitado que eles façam o desenho das linhas que conseguem ver no experimento montado por eles, os grupos irão comparar o desenho anterior e o posterior e anotar possíveis dúvidas e observações e compartilhar com os colegas essa experiência.

E para finalizar disponibilizar em sala o vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=ZE84jQAWrE4>. No vídeo é possível vê outras formas de visualização das linhas de campo e outras ideias de experimentos fáceis de realizar.

Atividade III: A importância do Campo magnético terrestre.

Campo magnético é a região do espaço na qual atuam forças magnéticas. O campo geomagnético, ou campo magnético da terra, é bastante complexo, variável no tempo e no espaço apresentando uma orientação predominantemente na direção aproximada da linha Norte-Sul geográfica (Pereira-Bomfim, 2014).

O campo magnético terrestre (CMT) desempenha um papel crucial na proteção da vida na Terra e em vários aspectos do funcionamento do nosso planeta, ele age como um escudo protetor contra o vento solar, uma corrente de partículas carregadas que é constantemente emitida pelo Sol. Sem essa proteção, as partículas solares poderiam despojar a atmosfera da Terra, prejudicando a vida e causando danos aos sistemas eletrônicos. Ele contribui para a retenção de gases atmosféricos, como o oxigênio e o nitrogênio. Sem o campo magnético, a atmosfera poderia ser corroída pelo vento solar, afetando a composição atmosférica e, conseqüentemente, a habitabilidade do planeta.

Estudar as variações no campo magnético fornece informações valiosas sobre a estrutura interna da Terra, incluindo movimentos de placas tectônicas e mudanças nas condições geodinâmicas. Podemos acrescentar ainda que é um componente abiótico com o qual os seres vivos interagem permanentemente e tem estado presente desde muito antes do surgimento da vida no planeta. A interação complexa, com uma dinâmica temporal não repetitiva, tem levado os seres vivos a tomarem diferentes caminhos evolutivos (Acosta-Avalos et al, 2000, apud Pereira-Bomfim, 2014). A percepção de sinais do meio por microrganismos e animais mais derivados levou ao desenvolvimento de diferentes mecanismos ao longo do tempo, que são responsáveis pela sobrevivência das espécies, como a orientação e a

navegação, contribuindo para o processo de seleção natural (Skiles 1985 apud Pereira-Bomfim, 2014, p.18).

Como vimos em uma seção anterior Barros e Esquivel (2000) chamam nossa atenção para campos magnéticos produzidos por aparelhos, produtos da crescente tecnologia, já existem estudos acerca de fenômenos semelhantes como é o caso da pesquisa de Marlon Pereira.

Leia o trecho do artigo: “magnetismo das moscas”, escrito por Marcos Farina na revista ciência hoje.

Com base neste artigo (Apêndice 5) exponha sua opinião sobre a importância do campo magnético para a vida na terra. Escreva um texto de no mínimo 15 linhas expondo sua opinião sobre o assunto.

APÊNDICE E – O ‘MAGNETISMO’ DAS MOSCAS

Nos últimos 50 anos, muito foi revelado sobre a sensibilidade de organismos a campos magnéticos, tendo como caso clássico o dos pombos-correios, que, orientados pelo campo terrestre, podem voltar, muito tempo depois, ao lugar de onde migraram. No entanto, muitas perguntas continuam sem resposta nessa área. Haveria, em alguns organismos, um sistema de recepção do campo magnético e de tradução dessa informação para o sistema nervoso?

Agora, um estudo feito com moscas-das-frutas coloca mais uma peça importante nesse cenário complexo: uma proteína sensível a certas frequências da luz tem papel-chave na sensibilidade desse inseto ao campo magnético. O artigo foi publicado na revista *Nature*.

O estudo do comportamento de organismos frente a campos magnéticos tem sido feito intensamente desde meados do século passado. Assim, verificou-se, por exemplo, que os pombos-correios podem se orientar pelo campo da Terra e que as trutas têm partículas do mineral magnético magnetita na região próxima ao bulbo olfativo. Entretanto, a descoberta das bactérias magnéticas, em 1975, foi o único caso em que um receptor de campo magnético (ou magnetorreceptor) foi identificado, e seu efeito na orientação dos microrganismos comprovado inequivocamente.

Bactérias magnéticas vivem em ambientes aquáticos, e seu movimento sofre efeito direto de um campo magnético. No interior delas, existe uma cadeia linear de cristais nanométricos de magnetita, responsáveis por sua orientação, agindo como se fossem a agulha de uma bússola. Mesmo quando a bactéria está morta, é possível orientá-la com um ímã, embora ela não possa mais nadar.

Os casos do pombo-correio e da truta enquadram-se no estudo da migração em grandes distâncias ou volta ao ambiente de onde o organismo partiu, mesmo após um tempo longo. A orientação passiva a um campo magnético aplicado não seria possível para animais com porte maior que o das bactérias, pois a inércia do organismo impediria essa orientação.

A busca, portanto, de um sistema magnetorreceptor continua em aberto, assim como a de um mecanismo magneto-transdutor, ou seja, capaz de traduzir a informação contida no campo para uma forma que possa ser 'entendida' pelo sistema nervoso do animal, gerando no organismo uma ação (orientação, navegação etc.) correlacionada a alguma característica do campo (por exemplo, direção, sentido ou intensidade).

Detecção do campo magnético

Atualmente, existem três modelos que buscam explicar a detecção de um campo magnético por organismos, baseados em: i) no fenômeno da indução eletromagnética, ou seja, o campo magnético do ambiente geraria no organismo uma pequena corrente elétrica, como é o caso do peixe elétrico, o poraquê (*Electrophorus electricus*); ii) na presença de partículas magnéticas (como as das bactérias) que mudariam de orientação na presença de campos magnéticos, gerando impulsos em células nervosas (neurônios) presentes na região próxima aos cristais; iii) em reações químicas que são moduladas por campos magnéticos e envolvem receptores de luz (fotorreceptores).

Neste comentário, nosso interesse recai sobre este último tópico. Um modelo químico de sensibilidade ao campo magnético propõe que a informação magnética é transmitida ao sistema nervoso por meio dos produtos resultantes de reações químicas sensíveis a campos magnéticos que ocorrem em fotorreceptores especializados.

Um desses fotorreceptores seria a proteína chamada Cryptochrome (abreviada como Cry). Ela tem sido apontada como capaz de gerar, em reações químicas induzidas pela luz, pares de moléculas (radicais) que, por sua vez, possibilitariam ao organismo detectar campos magnéticos.

Robert Gegear e colaboradores, do Departamento de Neurobiologia da Universidade de Massachusetts (Estados Unidos), comprovaram que, na mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*), o fotorreceptor Cry é necessário para que, na presença de certas freqüências de luz, ocorra a sensibilidade desses insetos ao campo magnético.

A *Drosophila* foi considerada um modelo ideal para estudo do papel da Cry como magnetorreceptor, pois essas moscas (diferentemente de outros organismos) só têm essa proteína sensível à luz na faixa ultravioleta/azul, o que permitiu desenhar experimentos usando filtros de luz. A resposta mais intensa da Cry à luz se dá na faixa do ultravioleta A.

Primeiramente, os autores testaram a resposta das moscas ao campo magnético em duas situações: i) no estado 'natural', ou seja, sem interferência alguma; ii) após treinarem os insetos a associar o campo a uma recompensa do tipo 'acesso a um açúcar'.

Diferentes frequências de luz

Os autores mostraram que as mosquinhas, quando sob o efeito da luz visível, apresentavam tanto a resposta 'natural' quanto a 'treinada' para um campo magnético. Mas, quando as frequências de luz que vão do azul ao ultravioleta A eram bloqueadas com a ajuda de filtros, as moscas não respondiam ao campo. Além disso, as moscas que tiveram a Cry 'desligada' não mostraram nem resposta natural, nem treinada a um campo magnético sob a luz visível. Ou seja, perderam a sensibilidade ao campo.

Os autores também verificaram que, quando frequências acima do azul eram bloqueadas, as moscas não mostravam nenhuma resposta (natural ou treinada) ao campo. Quando apenas a faixa do azul era permitida, a resposta ao campo magnético era parcialmente restaurada. Essa recuperação parcial é consistente com o espectro de ação da Cry na *Drosophila*, que, como foi dito, atinge o azul, mas tem seu pico no ultravioleta A.

Proteínas do tipo Cry, além de funcionarem como fotorreceptores, também sincronizam os ritmos internos do organismo, os chamados relógios circadianos. Então, como último controle para seus experimentos, os autores usaram o fato de que essa proteína, ativada por luz, interage com outra, do relógio circadiano. Testaram, então, se o sistema circadiano da *Drosophila* teria que estar intacto para que as respostas de sensibilidade ao campo magnético fossem normais.

Concluíram que, apesar de oferecerem luz continuamente às mosquinhas por pelo menos cinco dias (e elas já começaram a apresentar comportamento locomotor arrítmico), as respostas comportamentais dos dois tipos (natural e treinada) ao campo magnético ainda foram observadas, o que comprovou o papel da Cryptochrome na sensibilidade a esses campos na *Drosophila*.

Marcos Farina

Laboratório de Biomineralização,
Instituto de Ciências Biomédicas,
Universidade Federal do Rio de Janeiro