

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ**

TAYNARA MARTINS DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROMAGNETISMO ATRAVÉS DO TEMA
GEOMAGNETISMO COM ENFOQUE EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

**Araranguá
2019**

TAYNARA MARTINS DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROMAGNETISMO ATRAVÉS DO TEMA
GEOMAGNETISMO COM ENFOQUE EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto
Federal de Santa Catarina- Câmpus Araranguá como parte dos
requisitos da disciplina de TCC II. Orientador: Prof^o. Me.
Bruno Leal Dias
Coorientador: Prof^o Me. Lucas Telichevesky

**Araranguá
2019**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas ao longo desta trajetória.

Dedico esta conquista à minha mãe, minhas irmãs (minhas pequeninhas e razão da minha felicidade) e a minha vovó pelo apoio e carinho recebido de maneira tão especial. Agradeço ao meu noivo Jonas Bosa, que tanto teve amor, compreensão, apoio e que me auxiliou nos momentos difíceis e de muita ansiedade.

Aos amigos e colegas, de maneira geral, pois todos de uma forma contribuíram para o devido aprendizado. Agradeço de forma especial ao professor Me. Felipe Tota, pelo auxílio textual desse trabalho.

Agradeço ao IFSC pela rede de ensino prestada com qualidade e a todos os meus professores que de alguma forma propiciaram o meu aprendizado e desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente quero agradecer ao meu professor orientador Me. Bruno Leal Dias, e ao meu coorientador professor Me. Lucas Telichevesky, pelo devido apoio e orientações prestadas nos momentos de ensino que obtivemos ao longo do processo de elaboração desse trabalho. Serei imensamente grata, obrigada!

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”.

Sir Isaac Newton

“Mesmo que a vida pareça difícil, há sempre algo que você pode fazer para ter sucesso nela”.

Stephen Hawking

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de material instrucional sobre eletromagnetismo, com o tema do geomagnetismo terrestre para o ensino médio por meio do uso de atividades experimentais. Por meio de pesquisa bibliográfica, o tema demonstrou ser relevante e presente no cotidiano, apesar de ser trabalhado de modo superficial no ensino da Física. Assim, observa-se que não existe consenso em tratar o tema no ensino médio, tampouco com enfoque na experimentação. O material consiste de um texto com roteiros experimentais e foi desenvolvido para o uso do professor e do aluno podendo ser utilizado como texto principal ou de apoio. São trabalhados conceitos sobre eletromagnetismo, origem do campo magnético da Terra, auroras polares, variações no tempo e variações locais do campo magnético da Terra, reversão dos pólos magnéticos da Terra, tempestades solares, biomagnetismo, entre outros. Além dos conceitos são apresentados roteiros experimentais. Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho propõe atividades experimentais ao longo do texto dentro de uma concepção construtivista do laboratório de física. As etapas da pesquisa bem como os resultados são apresentados a seguir.

Palavras-chave: Geomagnetismo. Produto educacional. Ensino de Física. Experimentação.

ABSTRACT

This paper presents a proposal of instructional material on electromagnetism, with the theme of terrestrial geomagnetism for high school through the use of experimental activities. Through bibliographic research, the theme proved to be relevant and present in daily life, despite being superficially worked in the teaching of physics. Thus, it is observed that there is no consensus on dealing with the subject in high school, nor with a focus on experimentation. The material consists of a text with experimental scripts and was developed for the use of the teacher and student and can be used as the main or supporting text. Concepts on electromagnetism, origin of the earth's magnetic field, polar auroras, variations in time and local variations of the earth's magnetic field, reversal of the earth's magnetic poles, solar storms, biomagnetism, among others. presented experimental scripts. Within this perspective, the present work proposes experimental activities throughout the text within a constructivist conception of the physics laboratory. The research steps as well as the results are presented below.

Key-words: Geomagnetism. Educational product. Physics education. Experimentation.

Anexo IV

FICHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aluno(a): **Taynara Martins da Silva**
Matrícula: **1520014139**
Curso: **Licenciatura em Física**

Título:

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROMAGNETISMO ATRAVÉS DO TEMA
GEOMAGNETISMO COM ENFOQUE EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para a obtenção do título de Licenciada em Física do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), câmpus Araranguá.

Conceito: 10 (x) Aprovado () Reprovado

Araranguá, 16 de dezembro de 2019.

Banca examinadora:

- | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1. Bruno Leal Dias | <u>Bruno Leal Dias</u> | (presidente) |
| | assinatura | |
| 2. Lucas Telichevesky | <u>Lucas Telichevesky</u> | |
| | assinatura | |
| 3. Marcos Pradella | <u>Marcos Pradella</u> | |
| | assinatura | |
| 4. Israel Müller dos Santos | <u>Israel Müller dos Santos</u> | |
| | assinatura | |

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1	Referencial teórico educacional (Lev Vygotsky).....	12
3.2	Referencial teórico metodológico (Alberto Gaspar)	14
3.3	Referencial teórico de Física (Keith Runcorn, Scientific American).....	17
4	METODOLOGIA.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
	APÊNDICE A – Material Instrucional.....	33

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho traz uma proposta de material didático sobre eletromagnetismo para o ensino médio, onde o conteúdo é desenvolvido a partir do tema geomagnetismo e conta com diversas atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos com o auxílio do professor. Este tema envolve pouca produção de material na área de ensino de Física; no entanto, há bastante potencial a ser explorado nesse sentido. (COELHO, NUNES, WIEHE, 2019). A necessidade da realização de pesquisas na área de ensino do eletromagnetismo utilizando o geomagnetismo como tema, por exemplo, é motivada pela falta de materiais didáticos de apoio ao professor.

Quando o assunto é educação é preciso refletir acerca dos conceitos que serão elencados para o favorecimento do conhecimento. Na atualidade, o processo de aprendizagem tem exigido dos educadores uma mudança de postura, de modo que eles trabalhem os conteúdos programáticos visando uma formação integral, desenvolvendo competências e habilidades técnicas, mas que também aprimorem o pensamento crítico do educando.

Sabe-se que o ensino propedêutico tende a limitar a formação do aluno, de modo que o ensino de Ciências deve proporcionar ao aluno o preparo para o campo profissional. O ensino integral muito debatido nos dias atuais está relacionado com o domínio não somente dos conteúdos usuais, mas também do senso crítico e da capacidade de ação frente a uma situação problema. A nova proposta de educação “desafia a comunidade educacional a pôr em prática propostas que superem as limitações do antigo ensino médio, organizado em duas principais tradições formativas, a pré-universitária e a profissionalizante” (BRASIL, 2002).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais, nesse contexto, servem de auxílio para o planejamento das aulas, buscando um ensino contextualizado e atualizado. Além disso, eles propõem que seja repensado o modo como o ensino é organizado e o desenvolvimento das competências exigidas, contextualizando os saberes dentro das diversas áreas do conhecimento (BRASIL, 2002).

Essa construção do aprendizado por meio de temas torna o conteúdo menos amplo e mais fácil de ser compreendido, pois trabalha em etapas, sendo que de acordo com a evolução dos alunos é possível construir um programa de ensino de acordo com as necessidades dos educandos.

Contribui também para este trabalho o fato do tema relacionado ao geomagnetismo muitas vezes serem deixados de lado nos currículos escolares, sendo tratados de modo muito superficial, que impede o conhecimento adequado sobre o tema (MOREIRA, 2011). Além disso, quando são inseridos, costumam não estabelecer relações com as percepções cotidianas dos estudantes, apresentando-se de forma limitada e desvinculada da vivência. Essa discussão é, ainda, relevante ao aluno por se tratar do nosso planeta Terra, de forma a compreender alguns fenômenos peculiares e interessantes, além de que a Terra está em constante mudança. Consideramos que o material elaborado permite um enfoque histórico e a construção da ideia de ciência como algo em constante desenvolvimento, já que, até hoje, o mecanismo responsável pelo campo magnético da Terra não é completamente compreendido (BRILL, 2019).

Diante disso, procuramos responder ao seguinte problema de pesquisa: *Como abordar os conteúdos de eletromagnetismo utilizando como tema o geomagnetismo com um enfoque histórico e experimental para o ensino médio?* Nesse sentido, planejamos e elaboramos um material instrucional que consiste de um texto voltado aos professores e alunos de Física e de Ciências sobre eletromagnetismo a partir do tema geomagnetismo com questões para discussão e atividades experimentais. O material visa permitir ao aluno, (A) constatar a existência do campo magnético da Terra; (B) inferir questões acerca da estrutura interna e externa do planeta Terra; (C) conhecer fenômenos não tão comuns da região, mas existentes em outras regiões do nosso planeta (assim como em outros planetas), como as auroras; (D) conhecer a atividade solar; (E) identificar a Terra como planeta reconhecendo semelhanças e diferenças de alguns desses fenômenos em relação a outros planetas do sistema solar e; (F) visualizar na prática a presença do campo magnético de forma efetiva e experimental, buscando concretizar aquilo que em geral apenas é declarado nas aulas de Física.

O material envolve história da ciência, conceitos físicos, situações-problema e experimentação. O mesmo será disponibilizado em um *Blog* criado para este fim. Além disso, este *site* trará materiais em forma de textos conceituando sobre geomagnetismo, roteiros experimentais, atividades de aplicações etc. Além desse objetivo, esperamos mostrar com este trabalho uma possibilidade entre outras tantas para que, cada vez mais, os professores e alunos tenham contato com a Ciência e com a Física a partir de uma abordagem mais construtivista e menos pautada na memorização. Assim, foi proposto que esse material instrucional pudesse servir para os docentes, auxiliando-os tanto no planejamento e execução de suas aulas como na sua própria formação continuada.

Com o intuito de demonstrar o caminho trilhado para que fossem alcançados os objetivos propostos na presente pesquisa, este TCC está organizado em seis capítulos. No primeiro está a introdução, que tem como finalidade direcionar o olhar dos leitores para o foco de estudo que propomos, assim como demonstrar as motivações que nos fizeram optar em produzir um material instrucional. O segundo capítulo traz a revisão bibliográfica, nesta seção apresentamos uma análise de estudos que realizamos em diversos artigos cujo tema estão relacionados à este trabalho. No terceiro capítulo traz a fundamentação teórica, estruturada em três subseções: I. Referencial teórico educacional, Vygotsky (1999), que buscou explicar como o ensino é pautado no uso de ferramentas, auxiliando na construção do conhecimento, destacando a importância de se promover a interação social por meio das atividades experimentais em equipes; II. Referencial teórico metodológico, Alberto Gaspar (2003), defende sobre a importância da utilização de experimentos no processo educativo, e de como deve se ocorrer a organização para a realização de aula prática e III. Referencial teórico sobre geomagnetismo, Keith Runcorn (1955), que aborda os temas relacionados ao campo magnético da Terra. No quarto capítulo, explica-se toda a ação desenvolvida no trabalho, como os tipos de pesquisa, os artigos, sites utilizados e o desenvolvimento do material instrucional. Assim, descrevemos a metodologia que seguimos para solucionar o problema escolhido. No quinto capítulo, há os resultados e discussões, em que expomos alguns pontos relevantes desse trabalho com o material instrucional desenvolvido, além de algumas análises quanto ao seu desenvolvimento. E por fim, no sexto capítulo apresentamos as considerações finais, destacando a importância e o aprendizado que este trabalho nos proporcionou.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que fosse possível atingir o objetivo do TCC, a sessão em questão apresenta trabalhos realizados por outros pesquisadores, de modo que a intenção é descrever de forma sucinta e breve o conteúdo dos trabalhos pesquisados, demonstrando sua relevância na construção do trabalho em questão.

Os trabalhos pesquisados tiveram como critérios de seleção apresentar classificação A e B no Qualis/CAPES destinado à área de ensino. As revistas pesquisadas foram: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Investigações em Ensino de Ciências (RIEC), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Experiência em Ensino de Ciências (EENCI), Física na Escola (FE) e Revista Ensaio (RE). Os principais indicadores utilizados ao realizar a pesquisa foram magnetismo terrestre e ensino de física, magnetismo, magnetismo terrestre, geomagnetismo, experimentação, experimento, ensino de física, material instrucional, produto educacional. O quadro 1 apresenta o número de artigos encontrados, relacionados ao assunto do presente trabalho, em cada revista pesquisada.

Quadro 1 - Lista de artigos analisados em cada periódico.

Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Nelson, Medeiros (2012) Rezende (2000) Acosta-Avalos, Wajnberg, Esquivel (2000) Beléndez (2008)
Investigação em Ensino de Ciências (IENCI)	Matos, Valadares (2001)
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)	Macêdo, Dickman, Andrade (2012)
Experiência em Ensino de Ciências (EENCI)	Rodrigues, Neide (2018) Colombo Junior (2011) Rocha, Azevedo (2018)
Ciência & Educação	Zero
Física na Escola (FE)	L.K.A. Cavalgante (2000) Souza Filho et al (2011)
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (EPEC)	Boss, Filho, Mianutti e Caluzi (2012) Borges (1999)

Fonte: Autoria própria, 2019.

Na RBEF, foram encontrados quatro artigos, sendo que Nelson e Medeiros (2012) demonstram por meio de uma linguagem didática a ligação entre geomagnetismo e o magnetismo estelar, enfatizando a importância do dínamo na compreensão e estudo sobre o universo e do seu magnetismo. Ainda na presente revista, Rezende (2000), aborda a respeito de como é o funcionamento das investigações quanto aos fenômenos magnéticos, formando uma linha cronológica da evolução das pesquisas do assunto no Brasil. Acosta-Avalos, Wajnberg, Esquivel (2000) apresentam nesse artigo os efeitos dos campos magnéticos em abelhas *Apis mellifera* e nas formigas. De acordo com os autores, a percepção animal é altamente influenciada pelo magnetismo, de modo que os mesmos caracterizam isso por meio do modelo de magnetorrecepção. Belendez (2008) faz uma reflexão histórica quanto a importância da luz, eletricidade e magnetismo, demonstrando que os dois últimos não apresentavam grande importância prática no início do século XIX. Apresentando um cenário alterado com o passar dos anos, caracterizando a síntese de Maxwell, onde o mesmo comprovou que diversos fenômenos, como a óptica, antes vistos de forma isolada na física, também estavam integrados no magnetismo.

Na IENCI foi encontrado o artigo Matos e Valadares (2001), no qual os autores realizam uma reflexão quanto ao ensino pautado em experiências nas séries iniciais do ensino básico, evidenciando que em turmas submetidas ao ensino por meio de experimentos práticos a compreensão do conteúdo é mais efetiva, trazendo resultados satisfatórios no aprendizado.

Os autores Macêdo, Dickman e Andrade (2012) relatam em um artigo, no Caderno Brasileiro de Ensino da Física, acerca de um roteiro de atividades para professores do ensino médio, focado no tema do eletromagnetismo. Aplicado o plano de atividades, foram realizados questionários que demonstraram a efetividade do mesmo, promovendo uma compreensão do conteúdo por parte dos alunos. Deste modo, todo esse material plano de atividades/questionário nos proporcionou um entendimento de como organizar o material instrucional.

Na revista EENCI foram encontrados três artigos relevantes. Rodrigues e Neide (2018) explanam acerca de uma pesquisa realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, com alunos do ensino técnico, destacando como as atividades experimentais influenciam no aprendizado e motivação dos alunos. Os autores destacam que com as atividades experimentais os estudantes tornam-se mais participativos e desse modo, a aplicação do conteúdo também é mais efetiva. No mesmo periódico, Colombo Junior (2011), aborda a interdisciplinaridade no ensino, abrangendo as mais diversas áreas do conhecimento na

discussão a respeito do Sol. O estudo em questão foi aplicado em uma escola pública de São Paulo, no qual o autor destaca os resultados positivos obtidos, favorecendo o desenvolvimento integral dos alunos, evidenciando que esse é um estudo que serve de modelo para aplicação em demais escolas. Em outro artigo, Rocha e Azevedo (2018), tratam a respeito da formação de educadores de ciências, sob um olhar diferenciado, por meio de uma linguagem de programação visual Scratch. A aplicação dessa metodologia demonstrou que a mesma converge para a construção sólida de saberes pedagógicos.

No periódico Física na Escola foram destacados dois artigos. No primeiro, de autoria de Souza e Cavalcante (2000), é detalhada uma experiência a ser realizada com crianças, relacionando o tema dos ímãs, possibilitando que elas entendam o funcionamento dos campos magnéticos e como alguns materiais sofrem transformações de modo temporário. A presente experiência é um modelo a ser aplicado em sala de aula, como um meio didático alternativo no ensino das ciências, pois ela relaciona conceitos físicos com a prática da disciplina de ciência, saindo do ensino tradicional. Ainda na mesma revista, Souza Filho et al. dissertam sobre sugestões de experimentos voltados para os temas de eletricidade e magnetismo, para serem aplicados em sala de aula como forma de estudo da área das ciências.

Na revista EPEC, dois foram os artigos em destaque. Boss et al (2012) realizam uma avaliação sobre o ensino da física no ensino fundamental, bem como sua importância por meio de experimentos realizados com uma turma do quinto ano. Os temas dos experimentos englobavam eletricidade e magnetismo, pautados na teoria de ensino de Vygotsky, no qual os conteúdos científicos aplicados nessa didática não são exclusivos da formação de conceitos da área, mas também são fatores fundamentais no desenvolvimento das crianças. Por fim, no artigo de Borges (1999), é explanado sobre uma experiência com grupos variados de indivíduos, para os quais são aplicados experimentos diversificados de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo. O trabalho em questão teve o propósito de demonstrar os modelos experimentais e destacar a maior compreensão dos processos quando aliados aos experimentos.

Diante disso, considera-se que o presente trabalho, pautado nos artigos estudados, apresenta-se como relevante no ensino da física, por combinar a teoria com a prática, que possibilitam que os indivíduos tenham contato direto com os experimentos, e assim, favorece a assimilação dos conceitos sobre o geomagnetismo e a sua relação com o eletromagnetismo. Além disso, por se tratar da elaboração de um material instrucional para educadores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização desse trabalho, foram utilizadas como fundamentação teórica algumas reflexões de Lev Vygotsky, que nos permitem um esclarecimento sobre a fundamentação teórica educacional que são utilizadas nas salas de aula para garantir um conhecimento e entendimento mais eficazes dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Assim, considerando a concepção de ensino de Vygotsky, foi utilizada as metodologias pedagógicas e a pedagogia da atividade experimental de Gaspar, o qual está direcionado especificamente ao processo de ensino aprendizagem no ensino de Física. Para apropriação dos conteúdos acerca do campo magnético da Terra foram utilizados artigos da revista Scientific American onde se selecionou um dos principais autores sobre o tema, Keith Runcorn, que destacamos como referencial teórico sobre geomagnetismo.

3.1 Referencial teórico educacional (Lev Vygotsky)

Vygotsky parte do pressuposto marxista de que o homem se desenvolveu através do uso de ferramentas. Isso o torna diferenciado das demais espécies, porque quando o homem transforma a natureza, ele é transformado pela própria atividade (Vygotsky, 1999). Nesse contexto, pode ser citada como exemplo a bússola, um instrumento utilizado desde a antiguidade, quando pouco se sabia a respeito de seu funcionamento. Por muito tempo, a principal forma de entendimento sobre ela e o benefício de sua utilização foi repassado entre as gerações por meio da interação social. Com o desenvolvimento da ciência, pautado pelas dúvidas e incertezas sobre ela aliado a conhecimentos prévios já estabelecidos, foi possível reconhecer a funcionalidade da mesma e assim, seu uso passou a ser mais bem aproveitado. Diante disso, existe uma grande relevância no conhecer os conceitos e o funcionamento dos aparelhos, pois dá embasamento para a realização da prática, favorecendo a compreensão do que está sendo realizado.

Nesse contexto, é importante destacar a relevância das atividades experimentais para o processo de interação social, visto que ele favorece o compartilhamento de conhecimentos, representando um recurso pedagógico importante. Mas vale dizer que as interações propostas pela atividade experimental devem estar relacionadas ao conteúdo determinado pela atividade. Desse modo, é possível utilizar as atividades práticas como instrumento de ilustração dos

princípios físicos do eletromagnetismo, usando como tema o geomagnetismo. As interações construídas durante os experimentos objetivam tornar a explicação mais acessível ao aluno, favorecendo a compreensão do que é proposto.

De acordo com Vygotsky (1999), o comportamento humano é moldado pela relação do homem com a sociedade, de modo que com o passar do tempo, são atribuídos significados à realidade. Quando o aluno está inserido em atividades práticas é necessário que o mesmo interaja não somente com seus colegas, mas com o roteiro e o material que será utilizado, de onde ele poderá formar seu pensamento crítico a respeito. A atividade de aplicabilidade prática proporciona que o aluno seja ativo durante a sua ocorrência, podendo o mesmo ir em busca de possíveis suposições sobre o que pode estar ocorrendo e o porquê disso.

Assim, de acordo com Vygotsky (1984), a experimentação favorece quatro processos do ensino: o conteúdo deve estar localizado dentro de uma zona de desenvolvimento proximal ou imediato do aluno, garantir a presença de um indivíduo mais capaz para o acompanhamento da atividade, garantir o compartilhamento das perguntas e respostas, de modo que a discussão em grupo ocorra, ocorrendo à troca de informações e por último, garantir uma mesma linguagem para todos, devendo ser possível que todos possam compreender o que está sendo proposto em seu amplo sentido.

Ainda segundo ele, é possível afirmar que a aprendizagem é um conceito atrelado ao desenvolvimento de estruturas mentais, porém a experimentação proporciona um aprimoramento desses novos conceitos. Nesse contexto, é importante destacar que a metodologia experimental favorece que o aluno visualize o que está sendo realizado, representando a eles um desafio que os leva a questionar concepções pré-definidas e fenômenos desconhecidos por ele. Fazendo com que o mesmo siga as orientações do professor em busca das respostas para suas dúvidas, construindo assim sua nova estrutura cognitiva, formando seus próprios conceitos a respeito. Para tanto, é de extrema importância que o compartilhamento desses novos conceitos esteja integrado dentro de uma zona de desenvolvimento proximal do aluno, caracterizada por Vygotsky como uma área que permite ao indivíduo aprender por meio do auxílio de outro ser mais capacitado.

Esse processo ocorre por meio de interação social, sendo na nossa proposta o professor, ou colega da equipe, o indivíduo mais capacitado. Segundo Vygotsky (1984), a interação social não se baseia apenas em uma discussão informal, devendo ela apresentar pelo menos um

indivíduo considerado o mais preparado e capaz, favorecendo assim a troca de ideias. É importante que a linguagem utilizada nessa questão esteja ao alcance da compreensão de todos, sendo esse um fator essencial para que o ensino seja eficaz. Essa situação está atrelada de forma direta a proposta do presente trabalho, que busca por meio da experimentação fazer com o que o aluno aprenda os conceitos e por meio da prática, se aproprie dos mesmos. Além disso, através das interações e do auxílio de um indivíduo mais capaz, seja ele professor ou um colega, ele possa fortalecer o aprendizado e sanar suas dúvidas.

Vygotsky compreende que é muito importante que o novo conceito seja potencialmente significativo, pois favorece que as estruturas mentais sejam edificadas e assim, possibilita a aprendizagem. Desse modo, ao contrário do que se pensa, o desenvolvimento cognitivo pode não ser o responsável pela aprendizagem, mas sim a aprendizagem representar um marco no desenvolvimento das aptidões cognitivas.

Diante disso, a elaboração de um material instrucional, objetivo central do presente trabalho, segue o que fora explanado por Vygotsky (1984), demonstrando quão importante é que o indivíduo seja ensinado em sua particularidade, de modo a promover interação social (atividades em equipe) — Partindo do que o aluno sabe e utilizando atividades experimentais tornando as interações sociais mais ricas e permitindo uma interação mais concreta com os fenômenos a serem estudados. Para que seja possível, a construção e consolidação dos conhecimentos a serem compreendidos, é preciso que ele ocorra em etapas, favorecendo que o aluno possa desenvolver-se cognitivamente e assim, consolidar o aprendizado.

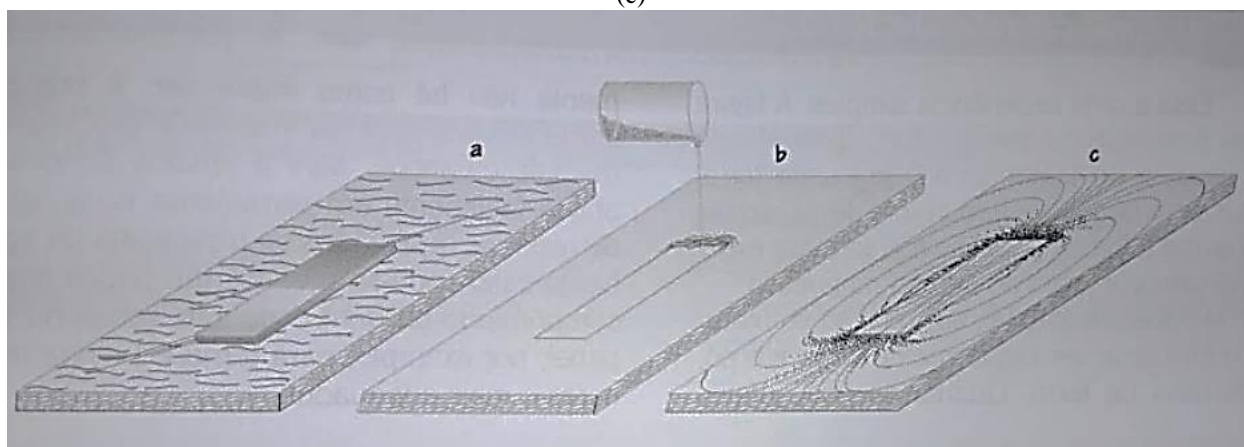
3.2 Referencial teórico metodológico (Alberto Gaspar)

Os métodos de ensino, ao longo dos anos, têm apresentado modificações bastante significativas, desmistificando a ideia de que o professor ensina apenas na lousa. Essa visão diferenciada dos métodos de ensino abre espaço para novas metodologias, que priorizam a aproximação do aluno e do professor, fortalecendo lhes o vínculo. Desse modo, o aluno compreende como bom professor não só aquele que domina o conteúdo que está sendo ensinado, mas também aquele que faz de suas aulas um momento agradável, estimulando o aprendizado. Diante disso, nota-se a importância de uma boa organização nos planos de aula, procurando a elaboração com bastante criatividade, fazendo uso de recursos diversos. (GASPAR, 2014)

Gaspar (1998) diz que, desde a década de 70, momento em que surgiam os centros de ciências, as demonstrações experimentais chamavam a atenção dos estudiosos. Diante desse contexto, os experimentos fizeram parte do processo de ensino em sala de aula, tornando os alunos ativos na construção do seu aprendizado.

Nesse contexto, Gaspar comprova que é possível, por meio do cotidiano, compartilhar conhecimento científico. Por exemplo, na figura 1, Gaspar busca demonstrar, por meio de um material do cotidiano, como o ímã da geladeira, as linhas de campo que um material magnético possui.

Figura 1. Visualização do campo magnético: a) encaixa-se o ímã numa base de isopor; b) coloca-se sobre ela a folha de papel e deixa-se cair a limalha de ferro aos poucos, até que se obtenha a configuração final do campo magnético (c)



Fonte: Gaspar, 2003.

Quando Gaspar fala a respeito dos experimentos no processo educativo, ele destaca algumas etapas importantes. É importante que o professor tenha em mente o material que deseja utilizar, de forma condizente com o experimento que deseja aplicar e, caso sejam necessárias modificações, que o docente saiba como fazê-las. Quanto à prática do experimento, é importante que estejam bem estabelecidas as etapas e procedimentos, para que tudo ocorra dentro do esperado, além de ser de suma importância o conhecimento de como os equipamentos se comportam, prevenindo problemas. (GASPAR, 2003)

Ao longo do experimento é importante que ele seja analisado sobre todos os seus aspectos, evidenciando a necessidade de que o aluno analise e confirme o efeito esperado. Diante dos resultados obtidos, a explicação deve ser clara e objetiva, de maneira que o conhecimento científico seja assimilado de fácil compreensão para o aluno. Outro ponto diz respeito à previsão de possíveis contratempos, como aparelhos com problemas de funcionamento

ou até mesmo experiência sem o resultado esperado por falha na execução. Diante disso, vale ressaltar que o passo a passo tem papel fundamental e deve ser realizado calmamente e com bastante atenção. Por fim, passado o experimento, uma roda de conversa com os alunos para discutir a respeito do que foi realizado é uma alternativa para facilitar a compreensão dos conceitos. É possível, assim, que os alunos interajam ativamente e exponham suas opiniões quanto ao que viram e realizaram. (GASPAR, 2003)

Esse ponto de vista quanto ao processo educativo, de acordo com Gaspar (2001), reflete que tanto professor como os alunos estão abertos para um ensino flexível e para uma conversa franca. Nos espaços onde podem ser explicitadas as dificuldades e os anseios, o ensino tende a ter resultados positivos. Isso porque, no início, o uso de equipamentos diferenciados tende a causar bastante dificuldade no aprendizado, sendo importante que o professor esteja disposto a agir para auxiliar seus alunos.

O educador, nesse contexto, é um estimulador, já que a maioria dos alunos compreende o ensino como algo chato e entediante. Nesse ponto, o professor tem papel fundamental: é ele que desperta no aluno o desejo pelo aprender, por meio de uma metodologia diferenciada e atraente. (GASPAR, 2003)

O ensino de forma prática, segundo o que explana Gaspar (1993), está diretamente correlacionado aos PCNs, porque nada mais estimulador para o desenvolvimento das habilidades do que possibilitar que o aluno seja ativo, participando de atividades de cunho prático e associando o ensino teórico com o que ele vê acontecer diante de seus olhos.

As tendências pedagógicas mais atuais de ensino de Ciências apontam para a valorização da vivência dos estudantes como critério para escolha de temas de trabalho e desenvolvimento de atividades. Também o potencial para se desenvolver a interdisciplinaridade ou a multidisciplinaridade é um critério e pressuposto da área. Buscar situações significativas na vivência dos estudantes, tematiza-las, integrando vários eixos e temas transversais, é o sentido dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais. (BRASIL, 1999).

Diante disso, o professor deve, ao planejar suas aulas, procurar acrescer o maior número de aulas práticas possíveis. Isso se justifica pelo fato de, na prática, o aluno poder visualizar os fenômenos de uma maneira mais concreta, ser encorajado a fazer previsões, discutir com os colegas e/ou comprovar o que aprendeu. Além disso, vários obstáculos epistemológicos que a comunidade científica encontrou ao longo do desenvolvimento científico são recriados através de experimentos. Consideramos que esses aspectos favorecem a construção de conhecimento por parte do aluno.

O trabalho em questão utiliza atividades de nossa autoria e algumas das atividades propostas por Gaspar, adaptadas ou não, mas que buscaram seguir as suas orientações, favorecendo assim a edificação do conhecimento por meio das aulas experimentais.

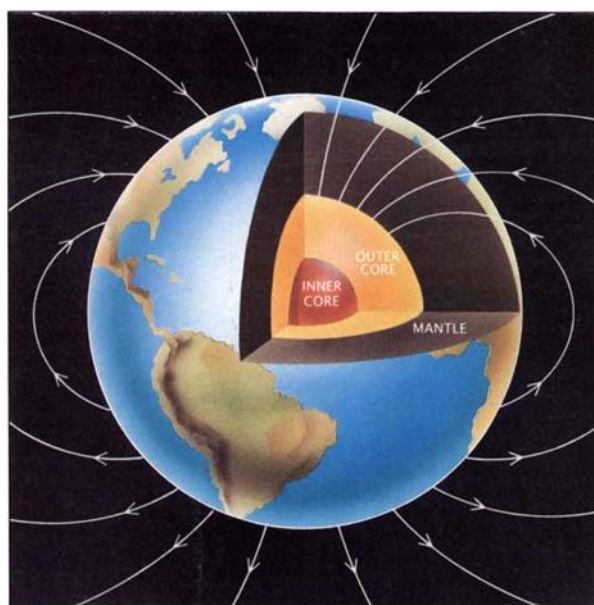
3.3 Referencial teórico de Física (Keith Runcorn, Scientific American)

O¹ campo magnético da Terra foi assunto de um dos mais antigos tratados já escritos em ciência experimental: *De Magnete*, publicado em 1600 pelo médico inglês William Gilbert, que é algumas vezes chamado de pai da eletricidade. Na época, já era conhecido o fato de que uma agulha imantada não apenas tendia a apontar para o norte, mas, se livre para mover-se verticalmente, também inclinava-se para baixo no hemisfério norte e apontava para cima do horizonte no hemisfério sul. Procurando uma explicação para esse comportamento, Gilbert confeccionou uma esfera de magnetita e mapeou as linhas de campo magnético desse objeto com agulhas imantadas. As direções apontadas pelas agulhas sobre a esfera seguiram aproximadamente o mesmo comportamento de uma bússola quando se viajava com ela sobre a superfície da Terra. A partir disso Gilbert concluiu que a Terra agia como um grande ímã.

A intensidade do campo magnético, medido pela força necessária para defletir a agulha de uma bússola de sua direção preferida é muito pequena. No seu máximo, perto dos polos, o campo é várias centenas de vezes mais fracas do que entre os polos de um ímã de brinquedo do tipo ferradura. Em geral a agulha tende a alinhar-se ao longo de arcos que vão do norte ao sul do planeta, penetrando para baixo no chão próximo ao polo sul magnético e apontando paralelamente ao chão na linha do Equador, conforme a figura abaixo.

¹ Esta seção traz uma análise do artigo publicado pelo cientista Keith Runcorn em 1955 na revista americana *Scientific American*, que trata sobre o tema “The Earth’s Magnetism”. Assim, utilizamos esse estudo como referencial teórico de Física.

Figura 2 – Linhas de força do campo magnético da Terra.



Fonte: Runcorn, 1955.

Gilbert naturalmente inferiu que o interior da Terra era feito de um material magnético (RUNCORN, 1955). Porém, estudos sistemáticos em vários pontos da superfície da Terra mostraram que a agulha desviava do norte verdadeiro de uma forma bastante irregular.

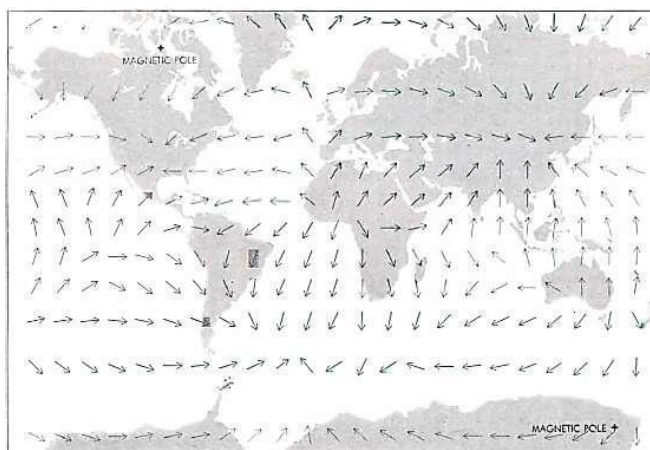
A direção do campo magnético apresentava variações locais e variações no tempo em relação ao comportamento esperado pelo modelo inicialmente proposto por Gilbert, de modo que o campo parece ser cheio de redemoinhos irregulares. Em longo prazo as mudanças do campo também têm sido registradas em observatórios magnéticos por mais de 400 anos.

Temos várias razões hoje para acreditar que o campo magnético da Terra é constituído por duas componentes. Primeiro, existem as linhas constantes do campo magnético (conforme a figura 2) que representam a direção e a força do campo magnético. Segundo, esse campo principal é modificado por outras linhas de campo, produzidas por algum mecanismo diferente dentro da Terra, que faz o campo variar de maneira irregular (RUNCORN, 1955).

Essas irregularidades são chamadas de “efeito residual”: este é obtido subtraindo-se o campo principal do campo medido que é obtido mapeando-se a superfície da Terra com uma bússola. O eixo do campo magnético resultante não coincide com o eixo no qual a Terra gira: o eixo magnético está inclinado de modo que o polo sul magnético encontra-se a centenas de quilômetros distante do polo norte geográfico. Além, disso, como já foi mencionado, ocorrem variações locais e variações no tempo de curto e longo prazo. Se plotarmos essas diferenças para

diversos pontos da superfície da Terra – a variação do campo principal em direção e intensidade – obtemos uma imagem que representa o campo residual apresentada abaixo.

Figura 3 – Trata-se de uma amostra do campo residual, em um intervalo de tempo.



Fonte: Runcorn, 1955.

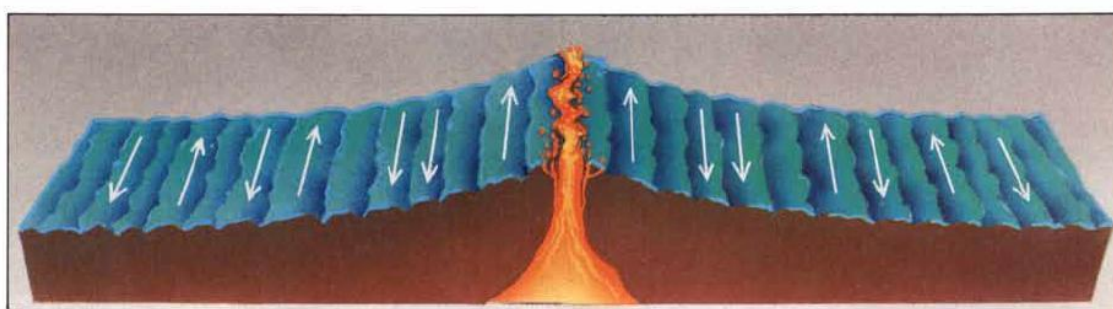
Observações realizadas ao longo dos anos nos dizem algo sobre a natureza das mudanças nesse magnetismo secundário ou “residual”. O campo residual está movendo-se lentamente para o oeste. E o padrão em si (a direção e intensidade do magnetismo residual em vários pontos) muda rapidamente – dentro de décadas, anos ou mesmo meses. O campo residual pode ser comparado à formação de nuvens em movimento: está continuamente mudando em forma e deslocando-se como um todo. O deslocamento como um todo têm se mantido constantemente para o oeste através de séculos de observação.

Concluiu-se, portanto que o interior da Terra, onde o magnetismo é gerado, não era rígido, como havia se pensado. Deveria haver, portanto, um fluxo dinâmico no interior da Terra. O estudioso de geomagnetismo do início do século 19, Christopher Hansteen, cunhou a seguinte frase: “A Terra fala dos seus movimentos internos através da voz silenciosa de uma agulha imantada”.

Os problemas das variações locais e no tempo até aqui discutidos tornam-se pequenos em relação a outro muito mais surpreendente e sutil. Trata-se das reversões do campo magnético da Terra. Nos últimos anos tornou-se possível ler o registro magnético de milhões de anos através de certas bússolas naturais que a natureza congelou nas rochas. As agulhas são grãos de minerais de óxido de ferro (Fe_2O_3) e magnetita (Fe_3O_4). A altas temperaturas os átomos desses minerais prontamente alinham-se como minúsculas bússolas na direção de um campo magnético fraco. Assim, quando lava derretida, quente, deposita-se para fora, na superfície externa de um vulcão,

estes grãos de minérios de ferro tornam-se magnetizados na direção do campo geomagnético local. Depois que esses grãos esfriam sua magnetização não pode mais ser influenciado apreciavelmente por qualquer mudança do campo da Terra. Conseqüentemente os grãos são fósseis magnéticos, gravando a direção do campo da Terra de quando a rocha foi formada. Em certas partes do mundo a lava flui, acumulando-se em camadas, de diferentes épocas, fornecendo um verdadeiro calendário da história magnética local. Estudos apontam que ocorreram 9 reversões nos últimos 3,6 milhões de anos. A figura seguinte ilustra esse fato e mostra duas placas tectônicas que se afastam no fundo do mar.

Figura 4 - Evidência das reversões do campo magnético terrestre.

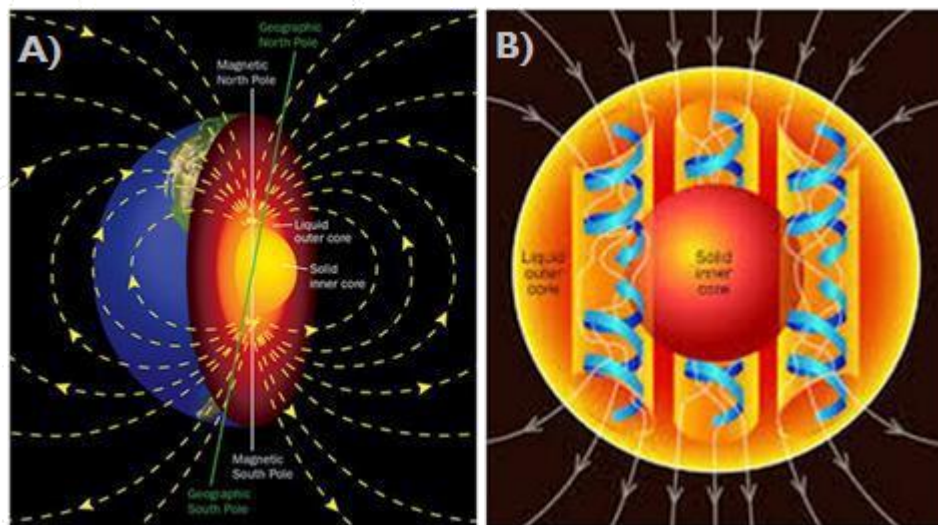


Fonte: Bloxham, 1989.

Ao longo da história, responder como a Terra é magnetizada tornou-se um enigma. Existem modelos até certo ponto bem sucedidos, porém trata-se de um mecanismo ainda não completamente compreendido até hoje (WITZE, 2019).

Atualmente podemos entender que o planeta Terra é uma esfera que contém, em seu interior, um material líquido, em constante movimento e carregado eletricamente. Essas correntes elétricas geram um campo magnético que envolve o planeta.

Figura 5 - Representação do modelo das correntes de convecção magnéticas



Fonte: Fountain, 2014; Runcon, 1989.

Na figura acima temos representado o modelo atualmente aceito para a forma das correntes de convecção geradas devido a uma diferença de temperatura entre o núcleo e a superfície da Terra juntamente com o movimento de rotação. Acredita-se que as correntes de convecção geram correntes elétricas, o que produz um campo magnético.

Além do mecanismo responsável pela geração e variação do campo magnético da Terra, outros fenômenos relacionados à ele, como aurora boreal e austral, ocasionados pela interação de corpúsculos solares emitidos pela nossa estrela durante explosões solares acendendo a nossa atmosfera de forma semelhante à uma lâmpada de gás neon, são interessantes e podem ser inseridos na escola contribuindo para uma perspectiva histórica e contextualizada do ensino de Ciências e Física.

De acordo com a maioria dos astrônomos a origem dessas luzes que se destacam no céu vem de correntes de partículas carregadas que são direcionadas do Sol para a Terra. Essas partículas sofrem uma canalização para os polos geomagnéticos, o que responde o questionamento sobre sua ocorrência nos polos da Terra.

4 METODOLOGIA

O material foi elaborado por meio de pesquisa bibliográfica, organização de um acervo de atividades experimentais e redação de um texto, além da criação de um *blog* com o objetivo de disponibilizar o material visando auxiliar o educador no ensino da Física, mas também as demais áreas das Ciências Naturais e outras áreas como a Geografia, Biologia, Química entre outros. Isso porque o ensino moderno exige do aluno um conhecimento amplo, não voltado apenas para uma área, conforme o que preconiza os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002).

Nesse contexto, a interdisciplinaridade tem papel fundamental no processo de ensino, porque possibilita que o estudante amplie seu campo de conhecimento, de modo que ele associe as mais diversas áreas na compreensão do conteúdo que está sendo ofertado. (FAZENDA, 1995)

Diante do exposto, vale ressaltar que as tecnologias dentro do processo de mediação auxiliam no desenvolvimento de novas técnicas de ensino experimental, bem como a orientação dos professores por meio do material disponibilizado na internet é extremamente vantajoso, sendo possível seu acesso em qualquer lugar e ao qualquer momento, contribuindo potencialmente para a orientação de aulas de cunho experimental.

De forma a conhecer a atual situação das pesquisas sobre a abordagem do magnetismo terrestre no ensino de Ciências foi realizado pesquisas em algumas revistas, em especial a revista americana “Scientific American” além de livros didáticos voltados para o Ensino Médio e páginas na internet, que correspondessem ao conteúdo do eletromagnetismo e geomagnetismo. De acordo com as pesquisas realizadas nesta revista, foram analisados temas que tratam do magnetismo terrestre, para nos possibilitar na criação do material instrucional, voltado para o ensino médio e sob uma perspectiva do eletromagnetismo (GREF, 1998; HEWITT, 2002). No total foram encontrados 9 artigos que abordaram o Geomagnetismo, conforme o quadro² 2.

Quadro 2 – Quantidade de artigos, livro e sites, selecionados para esta revisão bibliográfica.

Artigos da Revista Scientific American consultados
THE DYNAMIC AURORA (1989): A aurora dinâmica
THE EARTH'S MAGNETISM (1955): O magnetismo terrestre
AURORA AND AIRGLOW (1955): A aurora e luminescência atmosférica

² Foram realizadas pesquisas em diversos livros do PNLD e em revistas/artigos, entretanto, encontramos materiais que conceituem sobre ao tema do presente trabalho somente nos artigos da revista americana Scientific American e alguns livros e sites apresentados no quadro acima.

THE SOLAR WIND (1964): O vento solar
THE EVOLUTION OF THE EARTH'S MAGNETIC FIELD (1989): A evolução do campo magnético
THE SOURCE OF THE EARTH'S MAGNETIC FIELD (1979): A fonte do campo magnético da Terra
THE MAGNETOSPHERE (1965): A magnetosfera
RADIATIONS BELTS (1963): Os cinturões de Radiação
REVERSALS OF THE EARTH'S MAGNETIC FIELD (1967): Reversões do campo magnético da Terra
Livros consultados
GREF, Eletromagnetismo . 4. ed. São Paulo: Edusp, 1998. v. 3.
HEWITT, P. G. Física conceitual . 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
Site
NASA SCIENCE. Space Place Explore Earth and Space. Disponível em: < http://spaceplace.nasa.gov/menu/earth/ >. Acesso em 05 de novembro de 2019.

Fonte: Autoria própria, 2019.

Diante disso, objetivou-se, após a realização de pesquisas/estudos, desenvolver um material instrucional em formato de texto disponível online em um *website*. Desta forma, o material foi desenvolvido para o uso do professor, sendo ele graduado em Física ou de áreas afins da Ciência da natureza. Este material aborda os conceitos físicos acerca do magnetismo e do geomagnetismo, para além dos conceitos, apresenta atividades experimentais de acordo com o tema proposto que guiam as discussões. No material em questão foram desenvolvidas atividades experimentais, bem como seus roteiros práticos, e breves questionários a serem respondidos pelas equipes que executam as atividades. O conteúdo apresenta um enfoque em atividades experimentais, sendo elas relacionadas à identificação do ímã bem como a interação com outros materiais, a identificação dos polos e do campo magnético, o conhecimento da bússola e o experimento de Oersted, que correlaciona o campo magnético da Terra com a eletricidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Consideramos que o objetivo proposto no trabalho em questão, a elaboração do material instrucional para uso do professor foi alcançado com sucesso e favorece a inserção do tema e da metodologia experimental no ensino. Outro objetivo, também alcançado com sucesso, era criar uma página na internet e disponibilizar o material. Isso permite o acesso ao material por qualquer educador que deseje fazer uso do mesmo.

O material instrucional em questão, o texto de apoio ao professor e alunos sobre eletromagnetismo com o tema geomagnetismo, pode ser consultado no Apêndice A.

Como já apontado nas etapas iniciais deste trabalho, criou-se um uma plataforma de divulgação do material instrucional. Para facilitar o acesso de todos, optou-se por um ambiente virtual, um *blog*. Esse endereço eletrônico está sublocado no portal de Geomagnetismo da Tay (<https://geomagnetismodatay.blogspot.com/>).

Figura 6 - Apresentação do site.



Fonte: Própria autoria, 2019.

A página foi intitulada de Geomagnetismo da Tay, pois nela estão presentes os materiais e registros acerca do presente trabalho. Ela está preparada para receber materiais de novas edições e outros materiais destinados ao ensino de Física.

O site (Figura 4) foi construído todo em página única, facilitando o carregamento de dados, ou seja, não há necessidade de procurar no índice o título do texto. Para navegar, podem ser acessados os links que estão em menus pela página ou simplesmente rolando para baixo ou para cima. Logo ao acessar a plataforma, há um pequeno menu para divulgação das atividades.

Consideramos que o material atinge o objetivo de facilitar um ensino dentro de uma concepção construtivista, onde os experimentos, na sua maioria, são de baixo custo e de fácil execução, o que permite um aprimoramento do ensino, não somente do aluno, mas também para o professor, que muitas vezes sente-se desamparado para realizar atividades experimentais. Consideramos também que o texto e a sequência de atividades podem contribuir para o aprendizado de conceitos de física dentro de um tema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento do presente trabalho os aprendizados foram os mais variados, de modo que foi possível a utilização de conceitos já explanados em meu curso e que tangenciaram a busca por novos conhecimentos. Sendo esses não somente relacionados aos conteúdos programáticos, mas também em todo o processo educativo, garantindo o aperfeiçoamento da minha formação. O referencial bibliográfico proporcionou que a fundamentação das minhas aulas fosse mais bem explorada, de modo que eu pudesse construir o material instrucional de uma forma adequada, visando a melhor orientação para o educador que fizer uso do mesmo.

O trabalho em questão viabilizou que fosse agregado conhecimento ao meu curso de licenciatura em Física, de modo que a atividade realizada busca explorar a temática de uma forma diferenciada e inovadora, com a participação não somente do autor do trabalho, mas também de outros educadores. O mesmo, proporcionando também uma aprendizagem mais rica e sólida com relação ao tema, por meio da interação com demais professores e colegas da área. Essa troca de experiências e vivências é essencial, pois torna válidas as ideias e auxilia na sua reformulação e aperfeiçoamento, aprimorando de forma efetiva a idealização do trabalho.

De acordo com o que preconiza os PCNs, o ensino da física é muito importante para o currículo, e deve favorecer as vivências do aluno. Com isso podemos destacar que o ensino de Física nas escolas é primordial, visto que permite compreender alguns fenômenos do dia a dia, que muitas vezes passam despercebidos. Ao fazer uso de uma temática é possível tornar o conteúdo menos amplo, sendo tratado de modo mais eficiente e proporcionando resultados na aprendizagem mais satisfatórios. E foi levando essas considerações em destaque, que elaboramos um material instrucional com uma proposta de ensino de física experimental.

Assim, podemos concluir que as aulas experimentais favorecem que o aluno coloque em prática os conhecimentos obtidos, de modo que a visualização do conteúdo ocorra de forma mais dinâmica, favorecendo a aprendizagem. As atividades práticas nesse contexto são essenciais, pois são elas que permitem ao aluno a identificação física do que se é aprendido em sala de aula.

Além disso, o educador tem papel fundamental nesse processo, visto que ele é o grande responsável pela viabilização do ensino, bem como na estimulação dos alunos. Atualmente, cada vez mais tem sido exigida uma reformulação do ensino, de modo que proporcione que o aluno coloque em prática o aprendizado. Assim, o objetivo central desse trabalho foi elaboração de um

material instrucional que forneça subsídios para a aplicação de aulas experimentais, podendo o mesmo sofrer as modificações necessárias para sua efetivação. O docente, com o uso desse material, tem a possibilidade tê-lo como auxílio para a sua aula, visto que o professor se encontra bastante desamparado nesse setor, pois culturalmente o ensino está relacionado ao conteúdo teórico, e há poucos materiais que apresentam pesquisas experimentais de apoio ao educador.

Nesse contexto, esse material vem a servir como subsídio para o professor, auxiliando o mesmo na aplicação dessas aulas, bem como deve ser realizada a resolução das dúvidas dos alunos, tornando viável o aprendizado por meio da prática.

Diante disso, evidencia-se a importância desse trabalho para a implantação de uma nova metodologia de ensino, contribuindo para o aprendizado dos alunos de forma efetiva, integrando a vivência dos alunos, bem como os conceitos físicos e a interação social. O presente material instrucional apresenta como uma perspectiva futura viabilizar uma aplicação de uma sequência didática, identificando as variáveis que levam ao aprendizado, além de observar as mudanças dos conceitos ao longo do tempo e de que modo eles devem ser abordados dentro dessa temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-AVALOS, Daniel et al. Insetos Sociais: um Exemplo de Magnetismo Animal. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4601. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_317.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

AKASOFU, S.I. The Dynamic Aurora. **Revista Scientific American**. 1989. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/the-dynamic-aurora/>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

BELENDEZ, Augusto. La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. **Rev. Bras. Ensino Fís.** São Paulo, v. 30, n. 2, p. 2601.1-2601.20, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172008000200012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 set. 2019.

BLOXHAM, Jeremy; GUBBINS, David. The Evolution of the Earth's Magnetic Field. **Scientific American, Inc**, dezembro, 1989.

BORGES, A. Tarciso. Como evoluem os modelos mentais. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. V.1. n.1. p. 66-92. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v1n1/1983-2117-epec-1-01-00066.pdf>>. Acesso em: 12 set. de 2019.

BOSS, S.L.B. et al. Inserção de conceitos e experimentos físicos nos anos iniciais do ensino fundamental: uma análise à luz da teoria de Vygotsky. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. V.14. n.3. p.289-3.12. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00289.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

BRILL, C. Richard. Is it true that the strength of the Earth's magnetic field is decreasing? What's the effect?. **Scientific American**, 12, maio de 2019. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/is-it-true-that-the-stren/>>. Acesso em: 08, jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília, DF: MEC/ SEF, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

BURGER, J. **Aurora Boreal: um espetáculo da natureza**. 2019. Disponível em: <<https://pt.aleteia.org/2019/02/21/aurora-boreal-um-espetaculo-da-natureza/>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CARRIGAN, C; GUBBIS, D. The Source of the Earth's Magnetic Field. **Scientific American**, 240(2), 118-133. 1979.

CARRIL, L.J. The Magnetosphere. **Scientific American**. 1965. Disponível em:< <https://www.scientificamerican.com/article/the-magnetosphere/> >. Acesso em: 01 dez. 2019.

CAVALCANTE, Marisa Almeida. O Ensino de uma NOVA FÍSICA e o Exercício da cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.21, n.4, p. 500-501, 2000.

CLEMENTE, I. **Momento Magnético**. InfoEscola. 2019. Disponível em:< <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/materiais-ferromagneticos.htm>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias; WIEHE, Lilian Cristina Nalepinski. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 7-34, set. 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p7/5759>>. Acesso em: 18 jun.2019.

COLOMBO JUNIOR, P.D. O sol sob um olhar interdisciplinar – Relato de uma experiência didática com ênfase na física escolar. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. V.13, No.1. 2018. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID152/v6_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

COX, Allan et al. Reversals of the Earth's Magnetic Field. **Scientific American**. v.216. nº2. Fev. 1967.

ELVEY, C; ROACH, F. Aurora and airglow. **Scientific American**, 193(3), 140-151. 1955. Disponível em:<<https://www.jstor.org/stable/24944763?seq=1>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

FAZENDA, Ivani C. Arantes. Interdisciplinaridade: **História e Pesquisa**. 2 a ed., Campinas: Papirus, 1995.

FIS26-LATTES. [S. 1.], 2013. Disponível em: <http://fis26-lattes.blogspot.com/2013/06/>. >. Acesso em: 1 dez. 2019.

FOUNTAIN, H. Manto terrestre funciona como esponja. **Ciência e Tecnologia**. Disponível em:< <https://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/gilbert.html>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

GASPAR, A. **Museus e Centros de Ciências - Conceituação e proposta de um referencial teórico**. Tese Doutorado, 173p. FE- USP. 1993.

GASPAR, A; MONTEIRO, I.C.C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências** – V10(2), pp. 227-254, 2005

_____. **Experiências de Ciências para o 1º Grau.** São Paulo: Editora Ática. 232p. 1990.

_____. **Museus e Centros de Ciências- Conceituação e proposta de um referencial teórico.** In NARDI, R. (org.) Pesquisas em Ensino de Física. Editora Escrituras. São Paulo. 1998.

_____. **Física.** 1ª ed. São Paulo: Editora Ática. v. 2, 416 p. 2001.

_____. **Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

_____. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental.** São Paulo: Editora Ática. 2003.

GEOCITES. **William Gilbert.** Sala de Física [2018]. Disponível em:<
<https://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/gilbert.html>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

GRAF, **Física.** 4. ed. São Paulo: Edusp, 1998. v. 2.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Fundamentos de Física.** 9. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014, v. 1.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002

LEITE, J.O. **Campo magnético da Terra.** InfoEscola. 2017. Disponível em:<
<https://www.infoescola.com/fisica/campo-magnetico-da-terra/>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 562-613, ago. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p562/22936>>. Acesso em: 14 set. 2019.

MARTIN, L.K.A; CAVALCANTE, S.M.A. Magnetismo para crianças. **Física na Escola**, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol01-Num1/artigo71.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

MATOS, M. Goreti; VALADARES, Jorge. O feito da atividade experimental na aprendizagem da ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico. **Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**. V6(2), pp. 227-239, 2001

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física. 179p. 2011.

NASA SCIENCE. Space Place Explore Earth and Space. Disponível em:<<http://spaceplace.nasa.gov/menu/earth/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

NELSON, Osman Rosso; MEDEIROS, José Renan de. Assim na Terra como no céu: a teoria do dínamo como uma ponte entre o geomagnetismo e o magnetismo estelar. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 34, n. 4, 4601. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/344601.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

O BRIEN, B.J. Radiation Belts. **Scientific American**. 207:84. Maio 1963.

PARKER, E.N. The Solar Wind. **Scientific American**. 1964. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/the-solar-wind/>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

POLON, Luana. **Bússola**. Estudo Prático. 2014. Disponível em: <<https://www.estudopratico.com.br/bussola-como-funciona-como-usar-e-aprenda-a-fazer-uma/>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

REZENDE, Sérgio Machado. Magnetismo na Terra Brasilis*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4601. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_293.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

ROCHA, H.R.P; AZEVEDO, R.O.M. Formação inicial de professores de ciências: construção de saberes docentes com a linguagem de programação visual scratch. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. V.13, No.1. 2018. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID518/v13_n4_a2018.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

RODRIGUES, J.J.V; NEIDE, I.G. Contribuições para o entendimento da indução eletromagnética por meio de atividades experimentais e computacionais integradas. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**. V.13, No.1. 2018. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID464/v13_n1_a2018.pdf>. Acesso em: 13 set. 2019.

RUNCORN, S. K. The Earth's Magnetism. **Scientific American**, Inc, setembro, 1955.

SANTOS, M.A.S. **Materiais Ferromagnéticos**. Mundo Educação. 2019. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/materiais-ferromagneticos.htm>>. Acesso em: 01 dez. 2019.

SOUZA FILHO, M.P. et al. Sugestão de experimentos referentes à eletricidade e magnetismo para utilização no Ensino Fundamental. **Física na Escola**, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol12-Num1/eletromag1.pdf>> Acesso em: 12 set. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes. 1999.

_____. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WITZE, Alexandra. Earth's magnetic field is acting up: Erratic motion of north magnetic pole forces update to model that aids global navigation. **Nature Limited. All rights reserved**, 10, de january de 2019. Vol. 565. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/d41586-019-00007-1>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

APÊNDICE A – Material Instrucional

Magnetismo e Geomagnetismo

História da bússola

O campo magnético da Terra foi assunto de um dos mais antigos tratados já escritos em ciência experimental: *De Magnete*, publicado em 1600 pelo médico inglês William Gilbert. Na época, já era conhecido o fato de que uma agulha imantada não apenas tendia a apontar para o norte, mas, se livre para mover-se verticalmente, também inclinava-se para baixo no hemisfério norte e apontava para cima do horizonte no hemisfério sul. Esse fenômeno magnético, no entanto, já era usado há muito tempo, com as famosas bússolas em navegação.

A bússola é um instrumento milenar, utilizado pelos antigos marinheiros. A sua história conta que as primeiras bússolas foram criadas na China e eram construídas com pequenas colheres que continham propriedades magnéticas e que giravam sobre um pivot de bambu afiado e úmidas barras de metal que flutuavam sobre a água.

Figura 1 - Exemplo das primeiras bússolas



Fonte: Polon (2014)

Alguns textos, de 1044, descrevem o seu uso por soldados perdidos na noite ou desorientados pelo mau tempo. Foram os árabes que deram à bússola o uso náutico decisivo. Atualmente a bússola é utilizada nos aplicativos de celular, ou integrada ao GPS (embora o princípio de funcionamento de bússolas digitais em geral ser um pouco diferente das bússolas

tradicionais). Entretanto, há uns 20 anos atrás o seu uso era comum, nas navegações, trilhas e também nas cartas aéreas, mas na ausência desses dispositivos mais modernos a bússola tradicional de agulha imantada ainda é uma forma de orientação. Assim, conhecendo o conceito inicial e histórico desse equipamento, podemos realizar uma atividade **Conhecendo a Bússola**.

ATIVIDADE 1

Conhecendo a Bússola



Figura 2 - Bússolas didáticas



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais Utilizados:

- Bússola (diversos modelos)

Roteiro Experimental:

- 1º Distribuir para os grupos as bússolas;
- 2º Manusear o objeto de modo a observar sua deflexão.

Sugestão: Entregue uma bússola aos grupos formados, juntamente com uma folha que contém as perguntas. Apresente a bússola aos alunos, de modo que eles possam interagir com o objeto. É necessário que o professor mostre que o instrumento possui orientação preferencial.

Testando os seus conhecimentos



1) Você sabe o que é uma bússola?

2) Como é o funcionamento de uma bússola?

3) Por que o ponteiro da bússola sempre está indicando para o norte?

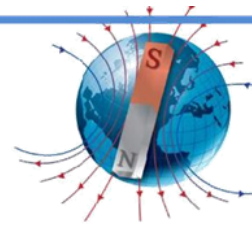
4) O que pode influenciar no bom funcionamento da bússola?

De professor para professor



O seu princípio é bem simples: uma agulha imantada, ou seja, magnetizada, com livre movimentação em seu eixo, e esta deflete e alinha-se com um campo magnético. Assim, o seu funcionamento nos permite utilizá-la para nos orientar geograficamente.

Ímãs e campo magnético



Os primeiros passos para o desenvolvimento do magnetismo foi a descoberta da pedra-ímã, conhecida também como magnetita, e exploração do chamado efeito pedra-ímã, ou seja, a atração que minérios de pedra-ímã exercem sobre pedaços de ferro e de alguns minérios de ferro. O efeito é conhecido desde os primórdios das civilizações meso-americanas, egípcia, egeia e chinesa. Conta a história que a palavra magnética surge da cidade Magnésia, lugar donde se localizou pela primeira vez um registro documental dessa pedra com propriedade de atrair determinados materiais.

O magnetismo está presente em diversas situações do nosso cotidiano, como por exemplo: em alto-falantes, microfones, motores elétricos, televisões, adesivos de geladeira, e até nos animais para se orientar, e também nos fenômenos das auroras boreais ou austrais.

Com isso, podemos afirmar que determinados materiais apresentam propriedades de atrair ou repelir outros ímãs, ou atrair materiais chamados ferromagnéticos como o ferro por exemplo. Os materiais que naturalmente apresentam propriedades magnéticas são chamados de ímãs naturais. Para identificar as características de atração e repulsão entre ímãs e outros materiais, sugere-se a realização da atividade **Interagindo com o ímã**.

ATIVIDADE 2

Interagindo com o ímã

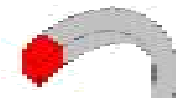


Figura 3 - Materiais para atividade, Interagindo com o ímã.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

- Dois ou mais ímãs;
- Diversos: Objetos (ferromagnéticos e não ferromagnéticos), como: prego, alumínio, ferro, clips, chave, borracha, madeira, latão, aço inox, etc.

Roteiro experimental:

- 1º Distribuir para os grupos os ímãs e também os objetos.
- 2º Aproxime o ímã dos objetos e observe o que acontecerá.

Sugestão: Entregue os materiais aos grupos, juntamente com uma folha que contém as perguntas.

Testando seus conhecimentos

- 1) Quais os materiais são atraídos pelo ímã?



2) Quais materiais não interagem com o ímã?

3) Quando aproxima-se dois ímãs, o que você observa? Isso acontece em todas as vezes que ocorre a aproximação?

4) Experimente aproximar um pedaço de ferro do ímã, deixe o prego pendurado no ímã, e depois aproxime o prego de uma agulha. Explique o que acontece.

De professor para professor



Em geral os alunos pensam que todo metal pode ser atraído por um ímã. Selecione então diversos materiais metálicos e verifique quais sofrem essa atração. Procure obter pedaços de alumínio, latão e cobre, por exemplo, pois esses metais não são ferromagnéticos e a experiência pode surpreender alguns alunos. Existem alguns materiais que não são ímãs e são atraídos fortemente pelos ímãs, estes materiais são chamados materiais ferromagnéticos. Exemplos: ferro e óxidos de ferros.

Figura 4 - Exemplos de materiais ferromagnéticos – ferro (à esquerda) e óxido de ferros (à direita)



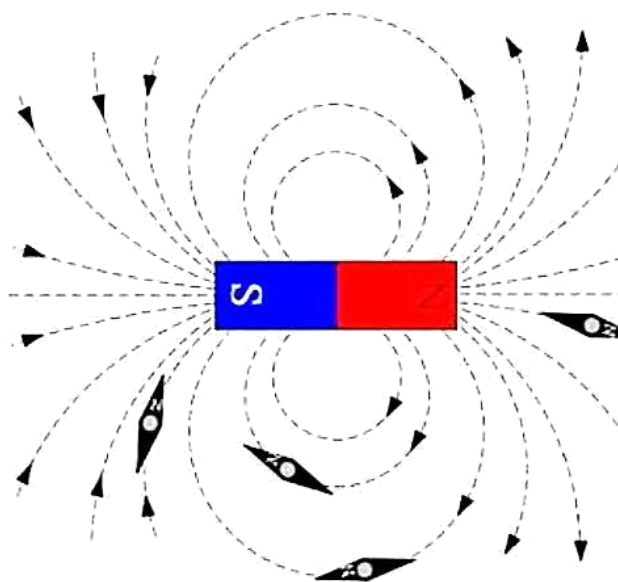
Fonte: Santos (2019)

Existem alguns materiais que aparentemente não são atraídos nem repelidos por ímãs (na verdade alguns são fracamente atraídos e outros fracamente repelidos). Genericamente podemos chamá-los materiais não ferromagnéticos.

Entretanto, ao aproximar dois ímãs é esperado que dependendo da orientação dos ímãs eles se atraiam ou se repilam. Isto pode ser explicado pela existência de dois polos opostos, o polo sul e o polo norte. Caso polos iguais sejam aproximados, deve haver repulsão. No entanto, se os dois polos forem diferentes, deverá ocorrer atração entre os ímãs.

As propriedades básicas observadas em materiais magnéticos são explicadas pela existência de dois polos diferentes em um ímã. A esses polos se dão os nomes de polo norte e sul. Polos iguais se repelem e polos opostos se atraem. A esta configuração de dois polos dá-se o nome de "dipólo magnético". Assim, podemos dizer que o dipólo magnético é a grandeza que determina quão forte é o ímã e sua orientação espacial pode ser representada por uma flecha que aponta do polo sul para o polo norte.

Figura 5 - Representação de um dipolo magnético.



Fonte: Clemente, 2019.

Ímãs atraem ou repelem outros ímãs ou materiais a distância. Como o material distante “percebe” a existência do ímã? Em física utilizamos para explicar este fenômeno o conceito de campo. Assim, entendemos que os ímãs geram campos magnéticos ao seu redor e que é a interação do material com o campo que causará atração ou a repulsão. O campo magnético gerado por um ímã pode ser representado pelas linhas de indução. Essas linhas vão do polo norte até o polo sul (figura 5).

Para esclarecer as características do campo magnético gerado por diferentes ímãs ou conjuntos de ímãs, e sobre a característica de um dipolo magnético, sugere-se a realização das atividades **Visualizando o campo magnético**, e em seguida, **Tentativa de separação de um pólo**.

ATIVIDADE 3

Visualizando o campo magnético

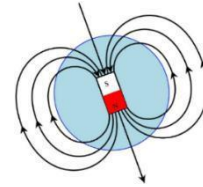
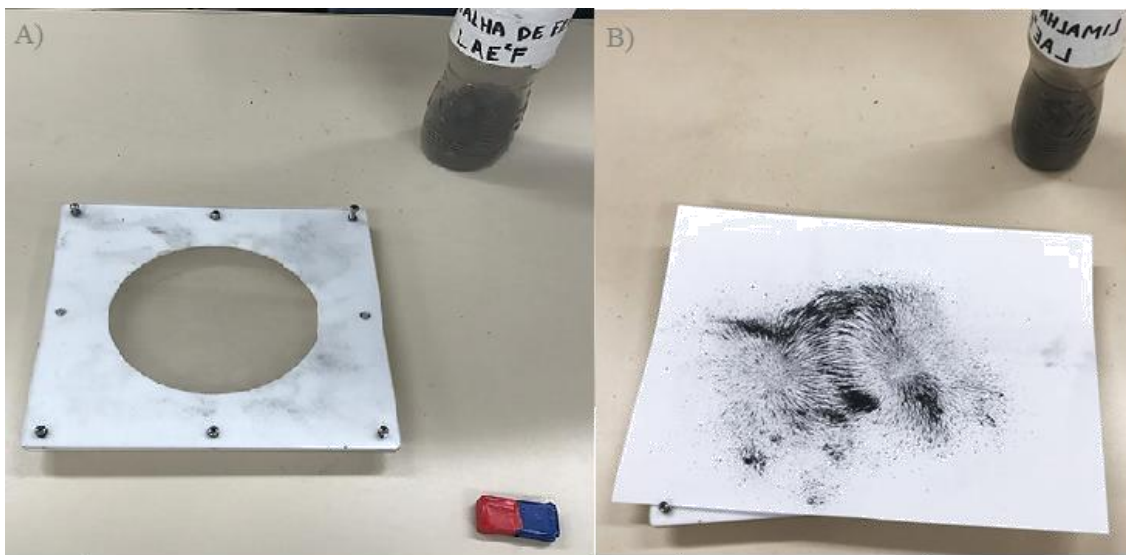


Figura 6 - A) Material para atividade e B) visualizando as linhas de campo.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

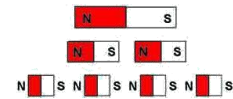
- Ímã em forma de barra;
- Folha de papel e placa acrílico;
- Limalha de ferro.

Roteiro experimental:

1º Coloque a placa de acrílico, ou uma folha A4, sobre UM ímã, e espalhe um pouco de limalha de ferro sobre a placa.

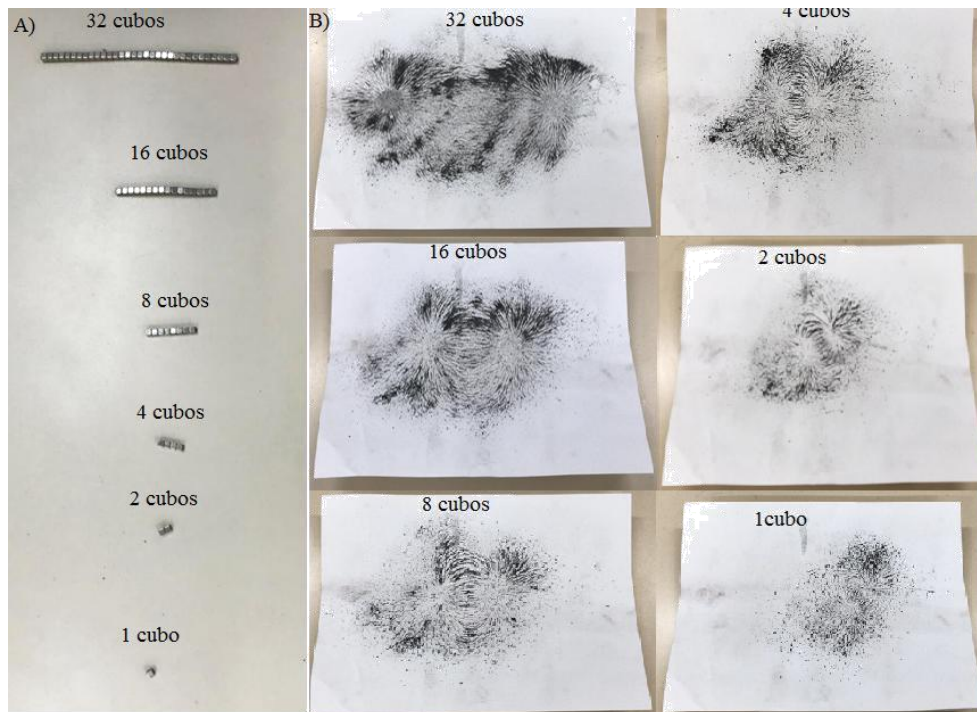
2º Observe a disposição assumida pela limalha, para melhorar a disposição das linhas de campo magnético, bata suavemente na placa para melhor alinhar a limalha de ferro.

ATIVIDADE 4



Tentativa de separação dos pólos

Figura 7 - A) Separação dos ímãs em cubo e B) Visualização do campo magnético de cada ímã separado.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

- Ímã de neodímio de 64 cubos
- Folha de papel ou placa acrílico
- Limalha de ferro.

Figura 8 - ímã em formato de cubo.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Roteiro experimental:

1º Utilize o cubo de ímãs e forme uma barra, assim, separe-as em duas partes e teste a polaridade de cada novo ímã aproximando os pedaços entre si, ou utilize a limalha de ferro. E verifique se a polaridade mantém depois da divisão.

2º Repita o experimento, Separando cada metade em 2 partes iguais, e identificando a sua polaridade.

Sugestão: Solicite aos alunos que se observem com atenção o fenômeno que irão visualizar, e que se possível, peça que eles expliquem por que isso aconteceu.

Testando seus conhecimentos



1) O que acontece quando espalhamos limalha de ferro nas proximidades de um ímã? De que forma este experimento está de acordo com a ideia de que existe campo magnético?

2) É possível separar os pólos de um ímã?

3) É possível afirmar que ao separar por diversas vezes o ímã, ele ainda vai apresentar as configurações de um dipólo magnético? Justifique a sua resposta.

De professor para professor



Na atividade da limalha de ferro podemos explicar aos alunos que uma partícula de ferro imerso no campo magnético de um ímã se torna um ímã temporário, e todo ímã imerso num campo magnético tende a se orientar na direção do campo magnético. Assim, quando as partículas de ferro caem sobre a placa imersa no campo magnético do ímã elas passam simultaneamente por duas transformações: tornam-se ímãs e, como tais, orientam-se na direção do campo magnético. Como são milhares de partículas, elas desenham sobre o a placa as diversas linhas de ação do campo magnético, permitindo sua visualização.

Já na atividade de tentativa de separação dos pólos, em geral, os alunos pensam que quando partimos um ímã ao meio será possível separar o polo sul e o polo norte desse ímã. Entretanto, é impossível isolar um único pólo, Essa é a principal diferença entre eletricidade e magnetismo. Serrando-se um ímã transversalmente, obtêm-se dois novos ímãs completos, isto é, surgem na secção de corte polos contrários aos das respectivas extremidades. Assim, quando partimos ao meio um ímã em barra, obtemos dois novos ímãs. Mesmo que continuemos dividindo o ímã até o nível molecular, e continuar a dividir a molécula em átomos e ainda separarmos o átomo em suas partes menores, por exemplo pegando apenas um cubo de ímã ainda teremos um dipólo magnético, ou seja, a estrutura magnética mais elementar encontrada na natureza até hoje é um dipólo. Essa é a principal diferença entre a eletricidade e o magnetismo. No caso elétrico podemos ter um dipólo elétrico e isolar cada parte do dipólo obtendo cargas elétricas isoladas.

A bússola

Sabemos que o ímã influencia materiais ferromagnéticos e outros ímãs, fazendo com que estes materiais se comportem como um ímã ao ser magnetizado pelo próprio. Assim, analisando a bússola também sabemos que ela é constituída por uma agulha magnética, ou seja a agulha da bússola também é um ímã que é apoiado em seu centro de gravidade de forma que possa girar

livremente. Ela orienta-se de acordo com o campo magnético de outro ímã. De forma a entender esse conceito, sugere-se a realização da atividade a seguir.

ATIVIDADE 5

Identificando os polos da bússola

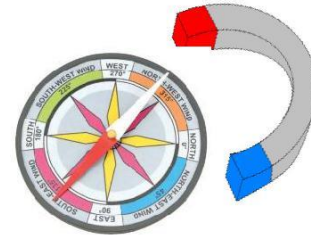
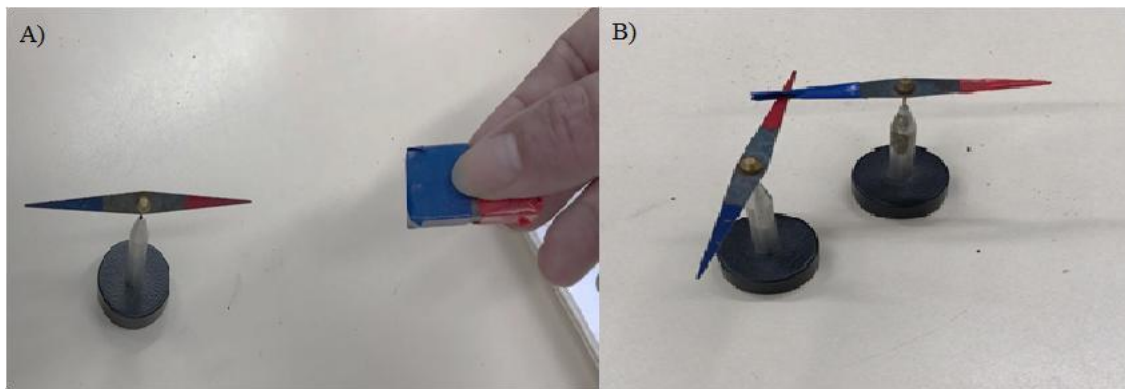


Figura 9 - A) Interação bússola e ímã e B) Interação entre bússolas.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Sugestão de organização da atividade:

Sugere-se que esta atividade seja realizada pelos alunos em grupo. Caso o professor deseje realizar o experimento e explicá-lo para o grande grupo, a atividade pode ser realizada com pequenas adaptações no roteiro e nas perguntas sugeridas.

Materiais utilizados:

- Bússola didática (suporte para bússola didática, e uma agulha magnética) e ímãs.

Roteiro Experimental

I. Interação bússola e ímã:

1º Aproxime o ímã da bússola, de diversos ângulos possíveis e observe o que vai acontecer;

2° Afaste o ímã da bússola aproximadamente uns 1 metro, observe o comportamento da bússola;

3° Repita o experimento, aproximando novamente o ímã da bússola.

II. Interação entre bússolas:

1° Aproxime duas bússolas uma perto da outra, e observe como a agulha de cada bússola irá se comportar;

2° Após analisar o comportamento, afaste uma da outra pelo menos 1 metro. Aguarde um momento até que a bússola se estabilize novamente, observe o seu comportamento, e repita o experimento, para melhor compreensão.



Testando seus conhecimentos

1) Conhecendo o comportamento da bússola, utilize-a para determinar os polos norte e sul do ímã. Explique as suas experiências utilizando textos e desenhos.

2) Uma bússola exerce alguma influência sobre a outra? Como você explica o que foi observado? Você vê alguma relação com a primeira parte dessa atividade? Se a resposta for positiva, qual?

Para o professor para professor



A agulha da bússola é um pequeno ímã. Os ímãs podem ser atraídos ou repelidos por outros ímãs ou por campos magnéticos próximos. Logo, quando uma bússola é posta na presença de um campo magnético, a atração e a repulsão se manifestam simultaneamente, na forma de deflexão (rotação parcial ou completa) desta agulha em relação à sua posição anterior. Em outras palavras, a agulha alinha-se com o campo detectado.

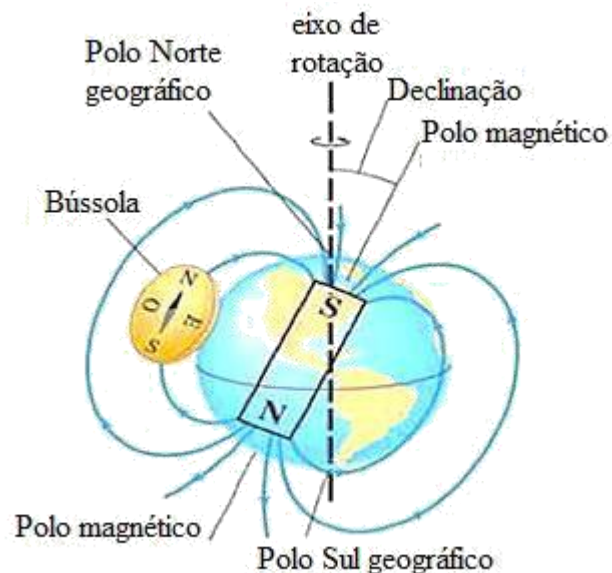
Já a interação entre bússolas nesta atividade pode destacar que as agulhas de cada bússola é um ímã. Assim, quando as aproximamos, podemos observar suas agulhas defletindo de modo a se atraírem ou repelirem. Já no momento em que se afastam as bússolas de perto uma da outra, elas apresentam uma orientação preferida. Com isso, podemos observar que a Terra se comporta como um grande ímã, pois ela demonstra a existência de um campo magnético.

Magnetismo Terrestre

Estudos relatam que o planeta se comporta como um grande ímã. Essa observação foi feita em 1600, quando o físico William Gilbert assinalou essa semelhança. O fenômeno magnético terrestre, no entanto, já era usado há muito tempo, com as famosas bússolas em navegação.

Esse grande ímã, nosso planeta, a Terra, possui um campo magnético. Inclusive, é por esse motivo que os polos sul e norte ganharam esse nome. Logo, se colocarmos um ímã (Bússola) sobre a Terra equilibrado pelo centro de gravidade e livre para mover-se, ele irá indicar as direções norte ou sul. Por esse motivo a bússola indica a direção norte, sendo que sua agulha aponta para uma direção de acordo com o magnetismo da Terra. Assim, como o princípio da eletricidade de cargas positivas e negativas, no magnetismo se aproximarmos dois pólos nortes eles se repelem (ou dois polos sul), e se forem pólos contrários o que ocorre é uma atração.

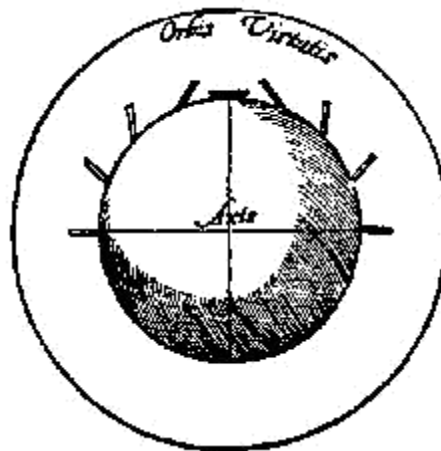
Figura 10 - Representação da orientação da bússola com o eixo do campo magnético terrestre.



Fonte: Leite, 2017.

Procurando uma explicação para esse comportamento, Gilbert confeccionou uma esfera de magnetita e mapeou as linhas de campo magnético desse objeto com agulhas imantadas.

Figura 11 - Representação da esfera de magnetita confeccionada por Gilbert.

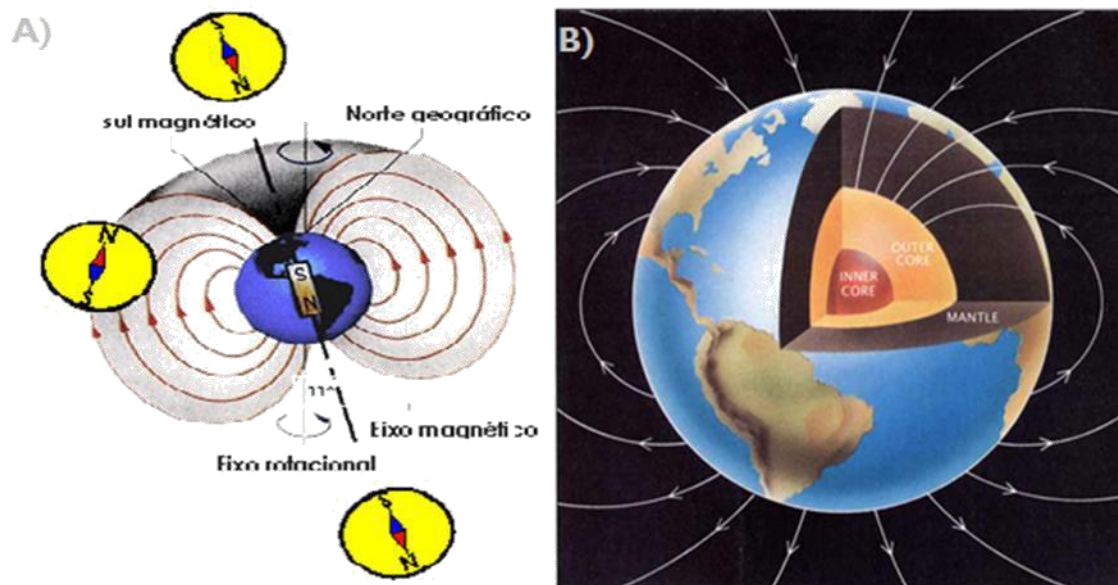


Fonte: GEOCITES, 2017.

A figura acima representa o experimento de Gilbert, nessa imagem. Podemos observar que os ímãs ficavam em “pé” nos pólos, ou seja, em posição vertical (próximo ao eixo de rotação da Terra). Entretanto, quando colocado ao longo do equador, o ímã apresentava uma posição horizontal. Assim, podemos entender como o cientista inferiu que a Terra possuía propriedades magnéticas e sugeriu um método de mapear as linhas de campo magnético da Terra.

As direções apontadas pelas agulhas sobre a esfera seguiram aproximadamente o mesmo comportamento de uma bússola quando viaja-se com ela sobre a superfície da Terra. A partir disso Gilbert concluiu que a Terra agia como um grande ímã com o polo norte magnético localizado próximo ao polo sul geográfico e o polo sul magnético próximo ao polo norte geográfico.

Figura 12 - A) Representação do alinhamento de bússolas com as linhas de campo magnético da terra.
B) Linhas de força do campo magnético da Terra.



Fonte: Bloxham, 1989.

Gilbert naturalmente inferiu que o interior da Terra era constituído de material magnético. Porém, estudos sistemáticos em vários pontos da superfície da Terra mostraram que a agulha desviava do norte verdadeiro de uma forma bastante irregular.

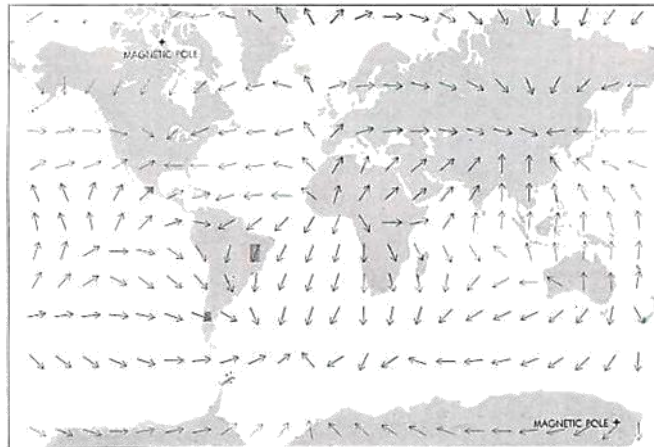
A direção do campo magnético apresentava variações locais e variações no tempo em relação ao comportamento esperado pelo modelo da esfera de magnetita inicialmente proposto por Gilbert, de modo que o campo parece ser cheio de redemoinhos irregulares. Em longo prazo as mudanças do campo também têm sido registradas em observatórios magnéticos por mais de 400 anos.

Temos várias razões hoje para acreditar que o campo magnético da Terra é constituído por duas componentes. Primeiro, existem as linhas do campo magnético constantes no tempo que são praticamente alinhadas com o eixo de rotação da Terra. Segundo, esse campo principal é modificado por outras linhas de campo, produzidas por algum mecanismo diferente dentro da Terra, que faz o campo variar de maneira irregular.

Essas irregularidades são chamadas de “efeito residual”: o campo residual é obtido subtraindo-se o campo principal (citado no parágrafo anterior), do campo medido que é obtido mapeando-se a superfície da Terra com uma bússola.

Ocorrem variações locais e variações no tempo de curto e longo prazo. Se plotarmos essas diferenças para diversos pontos da superfície da Terra – a variação do campo principal em direção e intensidade – obtemos uma imagem que representa o campo residual apresentada abaixo.

Figura 13 - Campo Residual



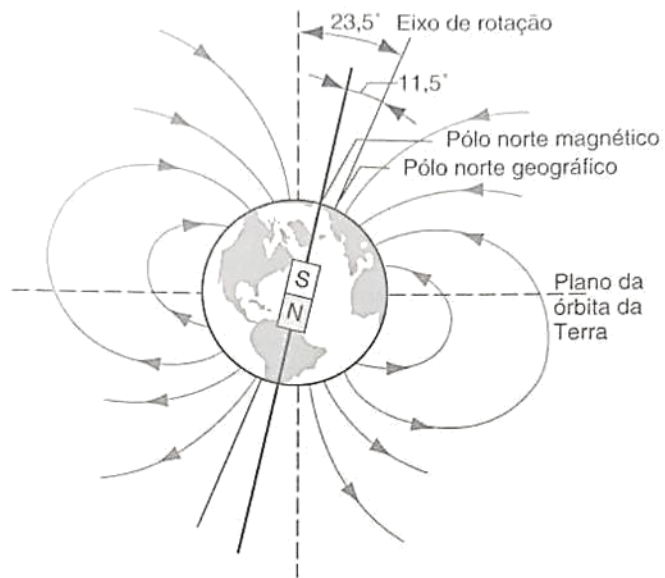
Fonte: Bloxham, 1989.

Observações realizadas ao longo dos anos nos dizem algo sobre a natureza das mudanças nesse magnetismo secundário ou “residual”. O campo residual está movendo-se lentamente para o oeste. E o padrão em si (a direção e intensidade do magnetismo residual em vários pontos) muda rapidamente – dentro de décadas, anos ou mesmo meses. O campo residual pode ser comparado à formação de nuvens em movimento: está continuamente mudando em forma e deslocando-se como um todo. O deslocamento como um todo têm se mantido constantemente para o oeste através de séculos de observação.

Concluiu-se, portanto que o interior da Terra, onde o magnetismo é gerado, não era rígido, como havia se pensado. Deveria haver, portanto, um fluxo dinâmico no interior da Terra responsável por essa componente variável. O estudioso de geomagnetismo do início do século 19, Christopher Hansteen, cunhou a seguinte frase: “A Terra fala dos seus movimentos internos através da voz silenciosa de uma agulha imantada”.

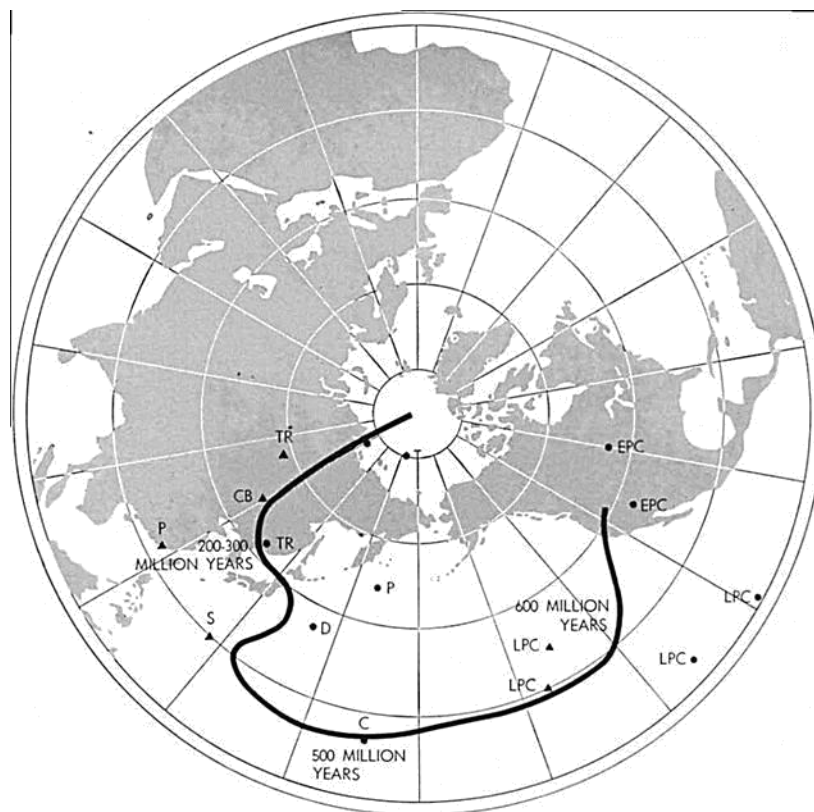
O eixo magnético encontra-se próximo do eixo de rotação, porém os dois eixos não coincidem: o eixo magnético está inclinado de modo que o polo sul magnético encontra-se a centenas de quilômetros distante do polo norte geográfico e se deslocando ao longo dos séculos. As figuras a seguir ilustram esses dois fatos.

Figura 14 - Representação do eixo de rotação não coincide com o eixo de magnético.



Fonte: FIS26-LATTES, 2013.

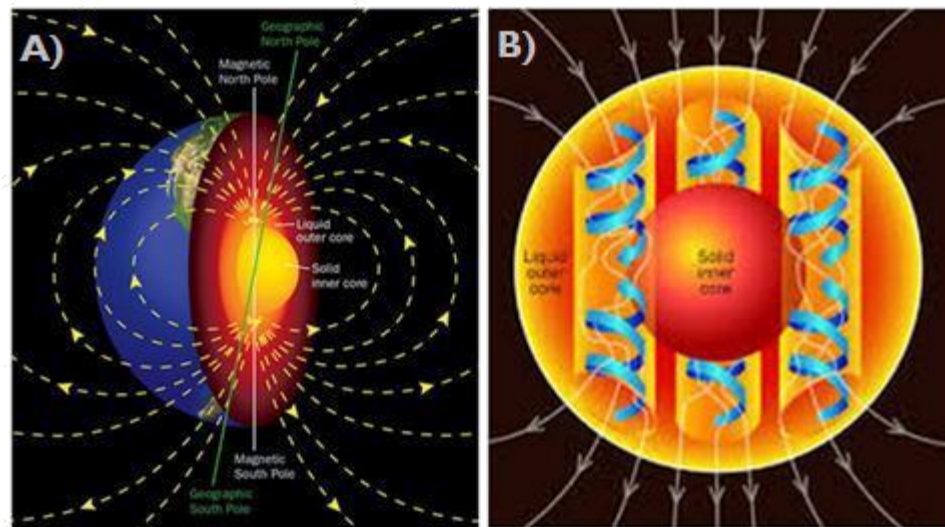
Figura 15 - Deslocamento do pólo sul magnético ao longo dos anos.



Fonte: Runcorn, 1955.

Foi atribuído como uma das possíveis causas do dinamismo do magnetismo da Terra o que chamamos de correntes de convecção internas da Terra. Esse fato ocorre no nosso planeta, pelo fato de o magma não possuir uma temperatura homogênea. As convecções ocorrem em fluidos com propriedades como o magma, como parte do manto. Na Física entendemos que o material aquecido torna-se menos denso e se expande esse material tende a subir e tomar o lugar do material acima, não aquecido ou menos aquecido, que desce e então se aquece na fonte de calor (núcleo da Terra), esse processo ocorre em todo momento onde há trocas de energia de calor. Assim, formam-se correntes de convecção. Essas correntes de convecção transportam em seus movimentos partículas carregadas, íons e elétrons. Desse modo podemos entender que o planeta Terra é uma esfera que contém, em seu interior, um material líquido, em constante movimento e carregado eletricamente. Essas correntes elétricas geram um campo magnético que envolve o planeta.

Figura 16 - Representação do modelo das correntes de convecção magnéticas



Fonte: Fountain, 2014; Runcon, 1989.

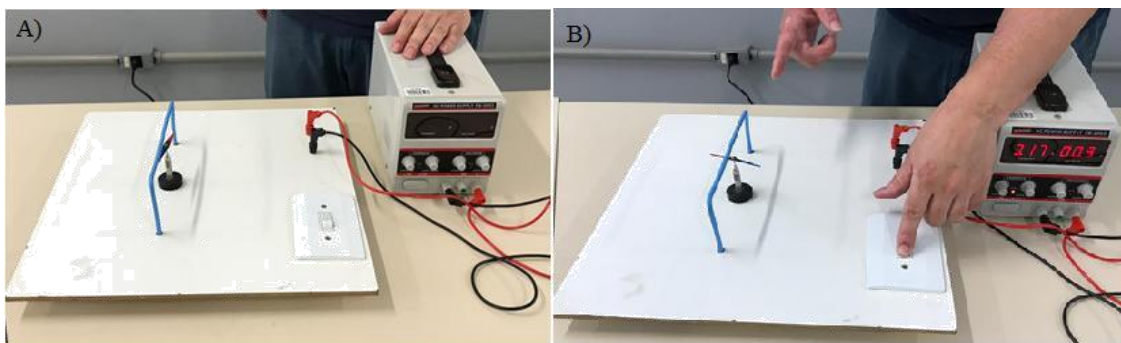
Na figura acima temos representado o modelo atualmente aceito para a forma das correntes de convecção geradas devido a uma diferença de temperatura entre o núcleo e a superfície da Terra juntamente com o movimento de rotação. Acredita-se que as correntes de convecção geram correntes elétricas, o que produz um campo magnético. Em 1819 o físico dinamarquês Oersted observou que a agulha de uma bússola sofre influência de um fio percorrido por uma corrente elétrica quando posicionada próximo ao fio. Oersted observou a

relação entre eletricidade e magnetismo. Assim, ele notou que uma corrente elétrica ao passar por um fio condutor, produz um campo magnético ao redor do condutor, como se fosse um ímã. A atividade a seguir; **experimento de Oersted** é um protótipo do experimento que o cientista realizou. E para uma melhor observação desses conceitos sugere-se a realização da atividade sete, **eletroímã**.

ATIVIDADE 6

Experimento de Oersted

Figura 17 - A) Experimento de Oersted, sem passagem de corrente elétrica a bússola permanece em sua orientação natural e B) Fonte ligada, possibilitando a passagem de corrente elétrica no fio, bússola nesse momento sofre uma deflexão.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

- 1 conjunto para experimento de Oersted;
- 2 cabos de ligação;
- 1 fonte de alimentação de 10 Ohms;
- 1 bússola;

Roteiro experimental:

1º Apresentar a bússola aos alunos, de modo que eles percebam que não há nenhum tipo de interação com os objetos do aparato quando não há corrente elétrica;

2º Observar que a agulha magnética se encontra alinhada com o campo magnético da Terra;

3º Conectar os cabos de ligação;

4º Posicionar a base do aparato de modo que a agulha da bússola fique paralela ao fio condutor;

5º Ligar a fonte e observar o comportamento da agulha magnética.



Testando seus conhecimentos

1) Você considera que eletricidade e magnetismo estão relacionados? Por quê?

2) Descrever o que se observou com relação ao movimento da agulha da bússola quando uma corrente elétrica passa a circular nas proximidades da agulha.

3) O que aconteceria se diminuíssemos a intensidade da corrente?

4) O que vai acontecer se a) aproximarmos a bússola do fio e b) afastarmos a bússola do fio?

De professor para professor



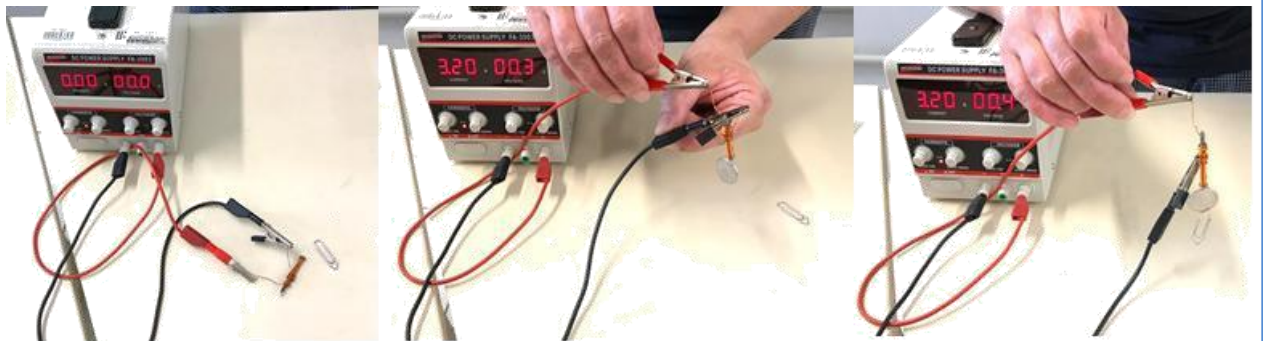
O experimento consiste em duas hastas que permitem fluir corrente elétrica em um fio condutor de eletricidade, que será controlada por um interruptor. Quando a chave do interruptor estiver fechada o resistor de 10Ω conduzirá corrente elétrica para este circuito. Criaremos em torno deste fio um campo magnético. Para verificarmos se o campo

magnético foi criado, basta aproximarmos este fio a uma bússola. Como sabemos, a agulha de uma bússola é um pequeno ímã, e todo ímã é atraído ou repelido quando aproximado de outro ímã ou um campo magnético. Portanto, ao ligar o interruptor cria-se um campo magnético em torno do fio, ao aproximá-lo da bússola de forma paralela ao fio, assim a agulha desviará da sua posição, alinhando-se com a direção do campo gerado pelo fio.

ATIVIDADE 7

Eletroímã

Figura 18 - Materiais e experimento utilizados para a realização de um eletroímã.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

- Um prego grande;
- Uma bateria de 9 volts ou uma fonte;
- Fio de cobre esmaltado;
- Um clipe.

Roteiro experimental:

- 1° Amarre o fio na ponta do prego e dê algumas voltas em torno dele;
- 2° Raspe as extremidades do fio de cobre, pode ser com auxílio de uma tesoura;
- 3° Ligue as extremidades do fio nos terminais da fonte;
- 4° Encoste a ponta do prego no clipe e levante a pilha sem deixar o fio escapar.

Testando seus conhecimentos



1) O que aconteceu quando se aproximou o prego do clipe?

2) O que acontece quando é interrompido o fornecimento de energia elétrica para o eletroímã?

3) Qual o papel do prego na experiência?

4) Você vê alguma relação entre o eletroímã e o modelo para as correntes internas da Terra?

De professor para professor

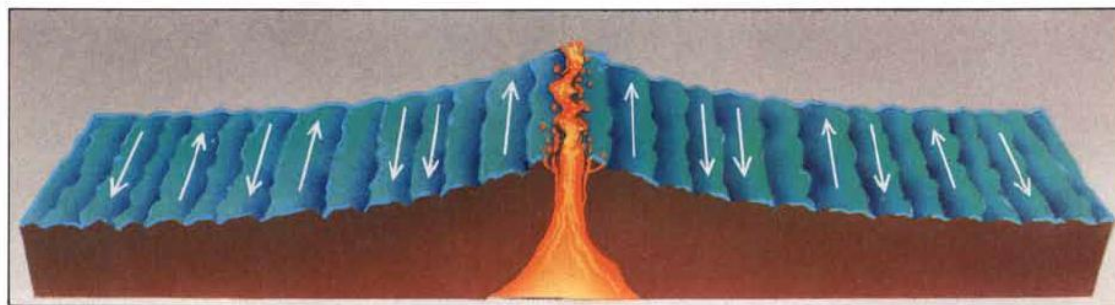


Durante a realização desse experimento é importante observar que o prego atrai o clipe como um ímã. Isso porque a pilha fornece energia para que haja uma corrente elétrica passando pelo fio. Isto faz com que o prego e o fio enrolado se comportem como um ímã, assim, acaba atraindo o clipe. Contudo criamos um eletroímã, porque o magnetismo dele é produzido pela corrente elétrica.

Reversões do campo magnético da Terra

Os problemas das variações locais e no tempo até aqui discutidos tornam-se pequenos em relação a outro muito mais surpreendente e sutil. Trata-se das reversões do campo magnético da Terra. Nos últimos anos tornou-se possível ler o registro magnético de milhões de anos através de certas bússolas naturais que a natureza congelou nas rochas. As agulhas são grãos de minerais de óxido de ferro (Fe_2O_3) e magnetita (Fe_3O_4). A alta temperaturas os átomos desses minerais prontamente alinham-se como minúsculas bússolas na direção de um campo magnético fraco. Assim, quando lava derretida, quente, deposita-se para fora, na superfície externa de um vulcão, estes grãos de minérios de ferro tornam-se magnetizados na direção do campo geomagnético local. Depois que esse material esfria, torna-se rocha sólida mantendo a orientação dos grãos e sua magnetização não pode mais ser influenciada apreciavelmente por qualquer mudança do campo da Terra. Consequentemente os grãos são fósseis magnéticos, gravando a direção do campo da Terra de quando a rocha foi formada. Em certas partes do mundo a lava flui, acumulando-se em camadas, de diferentes épocas, fornecendo um verdadeiro calendário da história magnética local. Estudos apontam que ocorreram 9 reversões nos últimos 3,6 milhões de anos. A figura seguinte ilustra esse fato e mostra duas placas tectônicas que se afastam no fundo do mar.

Figura 19 - Evidência das reversões do campo magnético terrestre.



Fonte: Fonte: Bloxham, 1989.

Ao longo da história, responder como a Terra é magnetizada tornou-se um enigma. Existem modelos até certo ponto bem sucedidos, porém trata-se de um mecanismo ainda não completamente compreendido até hoje.

Auroras polares

Se você estiver próximo ao Pólo Norte ou Pólo Sul, você pode presenciar algo realmente especial. Nessas regiões, aparecem frequentemente luzes no céu. Essas luzes são chamadas auroras. O fenômeno é chamado de aurora boreal no polo norte geográfico e de aurora austral no polo sul geográfico.

Entre os fenômenos naturais, as auroras são sem dúvida um dos mais fascinantes. De acordo com a maioria dos astrônomos a origem dessas luzes que se destacam no céu vem de correntes de partículas carregadas que são direcionadas do Sol para a Terra. Essas partículas sofrem uma canalização para os polos geomagnéticos, o que responde o questionamento sobre sua ocorrência nos polos da Terra.

No link abaixo você pode ver imagens do fenômeno das aurora boreais visto ao norte da Finlândia.

<https://www.visitfinland.com/article/on-the-hunt-for-the-northern-lights/>

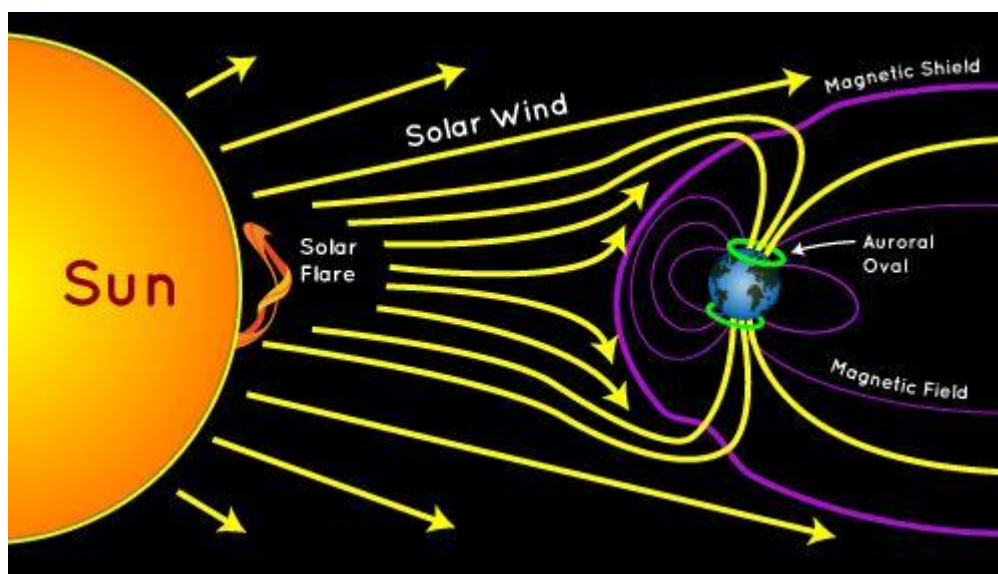
Como foi mencionado, esse fenômeno é ocasionado pela interação de partículas, corpúsculos solares, emitidos pela nossa estrela durante explosões solares. A interação dessas partículas carregadas com a atmosfera acende a nossa atmosfera de forma semelhante a uma

lâmpada de gás neon. Embora o fenômeno seja mais bem observado à noite, ele é causado pelo Sol. O Sol nos manda mais do que calor e luz, ele envia pequenas partículas na nossa direção. O campo magnético da Terra serve de escudo nos protegendo da maioria dessas partículas.

O Sol não nos envia sempre a mesma quantidade de energia e partículas o tempo todo. Existe um contínuo feixe de partículas enviado pelo Sol chamado de vento solar e também existe o que chamamos de tempestades solares. Durante um tipo de tempestade solar chamada de ejeção de massa coronal, o Sol emite uma enorme bolha de gás eletrizado que pode viajar através do espaço a enormes velocidades.

Quando uma tempestade solar vem em nossa direção, algumas dessas partículas viajam ao longo das linhas de campo e penetram nossa atmosfera.

Figura 20 - Representação animada dos ventos solares no planeta Terra.



Fonte: NASA SCIENCE, 2019.

Assim, as partículas interagem com os gases da nossa atmosfera, o que resulta em belos padrões de luzes no céu. A interação dessas partículas com o oxigênio nos dá luzes verdes e vermelhas. Já o nitrogênio brilha nas cores azul e violeta.

Figura 21 - Fotografias ilustrando o fenômeno das auroras

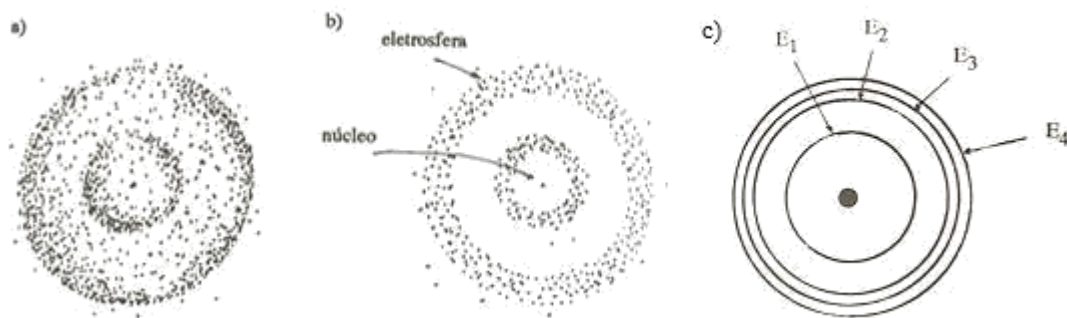


Fonte: Burger, 2019.

A aurora ocorre em outros planetas, podemos visualizar esse fenômeno no nosso sistema solar. Podendo utilizar o modelo do átomo de Rutherford-Bohr para compreendermos o processo que ocorre nesse espetáculo de luzes.

Como já sabemos, em um átomo existem sete camadas ou sete órbitas circulares onde os elétrons permanecem, cada uma com seu respectivo número de energia. As camadas mais próximas do núcleo apresentam baixa energia e quanto mais distante do núcleo, mais energética é a camada. Quando um elétron passa para uma órbita mais externa, ou seja, com maior nível de energia, tal elétron se encontrará em seu estado excitado. Para que um elétron seja promovido a um nível maior de energia ele precisa absorver um fóton (quantum de energia) de algum meio externo. Quando os elétrons retornam ao estado de mais baixa energia emitem fótons, ou seja, luz.

Figura 22 - a) Representação do átomo. b) Representação do átomo em corte. c) Representação dos níveis energéticos em camadas como no modelo do átomo de Bohr.



Fonte: GREF, 2012.

No caso das auroras boreal e austral, os ventos solares possuem partículas carregadas e com alta energia proveniente do sol. A colisão entre os elétrons presentes nos ventos com os átomos que compõe as moléculas da atmosfera (tais como gás nitrogênio - - ou gás oxigênio - - dentre outros), promove os elétrons para um estado mais energético, conhecido como estado excitado de energia, através de uma transição eletrônica. Quando estes elétrons em estado excitado retornam a um nível de menor energia, os mesmos liberam energia na forma de fótons, como, por exemplo, a luz visível, que é percebida por nossos olhos como uma coloração brilhante no céu conhecida como aurora polar.

O fenômeno das auroras ocorre em outros planetas do sistema Solar evidenciando o fato de que esses planetas também possuem campo magnético. Na figura a seguir estão representadas as auroras dos planetas Terra, Saturno e Júpiter.

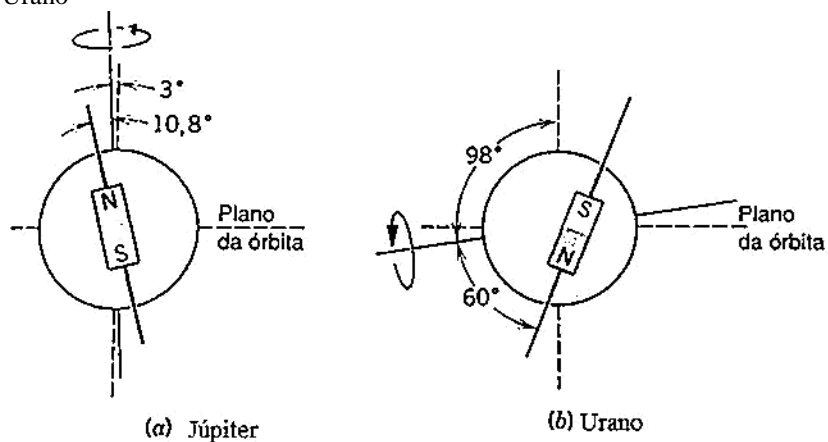
Figura 23 - Observação do fenômeno das auroras nos planetas na sequência, Saturno, Júpiter e do planeta Terra com a imagem de uma aurora austral capturada em 2005 e sobreposta digitalmente.



Fonte: NASA SCIENCE, 2015.

Podemos perceber as diferentes cores das auroras pra diferentes planetas. Diferentes colorações evidenciam diferentes composições das atmosferas. Além disso, podemos perceber uma tendência de os eixos magnéticos estarem alinhados com o eixo de rotação dos planetas, porém existe uma exceção, os eixos magnéticos e de rotação do planeta Urano tem uma grande inclinação entre si conforme a figura abaixo.

Figura 24 - Eixos de rotação e do campo magnético dos planetas Júpiter e Urano



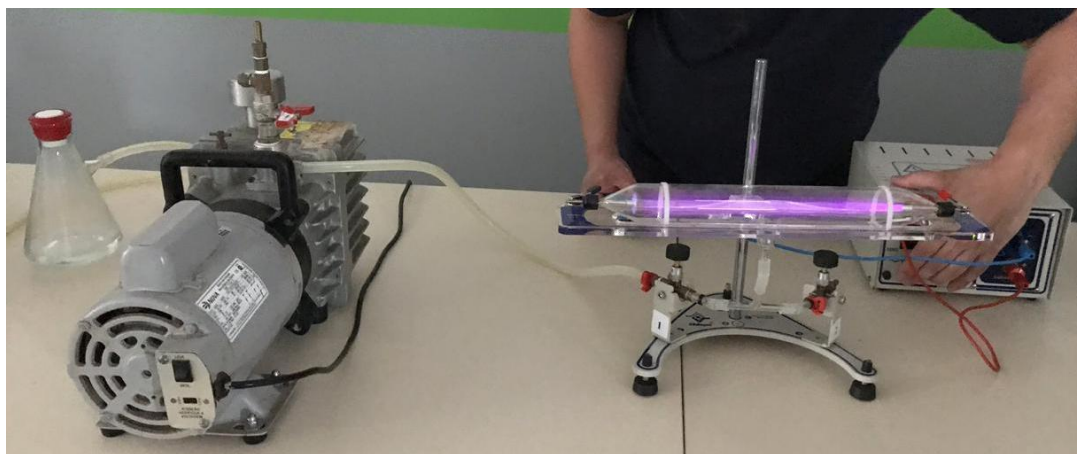
Fonte: Halliday; Resnick; Krane, 2014.

É possível realizar uma atividade experimental, que consiste em apresentar feixes de luz, representando o fenômeno das auroras. Essa atividade está descrita a seguir.

Atividade 8

Tubos de raios catódicos

Figura 25 - Experimento do tubo de raios catódicos, com a observação do feixe de luz visível.



Fonte: Própria autoria, 2019.

Materiais utilizados:

- 1 conjunto para experimento dos raios catódicos;

- 2 cabos de ligação;
- Bomba de vácuo;
- 1 fonte de alimentação;
- 1 barra de ímã

Roteiro experimental:

1° Com auxílio de uma bomba de vácuo, retire o ar do tubo de vidro;

2° Nas extremidades desse tubo conecte os eletrodos, que estão interligados a fonte de alimentação de alta tensão;

3° Pressione o botão da fonte de modo a produzir uma diferença de potencial que produzirá descargas elétricas no ar rarefeito no interior do tubo. Observe o que acontece;

4° Utilize uma barra de ímã, para interagir e desviar os feixes de luz visível.



Testando seus conhecimentos

1) O que você observou quando aplicamos descargas elétricas no tubo? Explique.

2) O que acontece com o feixe luminoso quando aproximamos o ímã? Qual a relação desse fenômeno com as auroras?

3) Que gases participam da emissão de luz na atmosfera da Terra? Quais gases participam da emissão de luz no tubo? Você consegue identificar semelhanças e diferenças entre os dois fenômenos?

De professor para professor



É importante explicar aos alunos que os raios catódicos são na verdade um fluxo de elétrons que saem naturalmente do catodo aquecido (pela corrente elétrica) para o tubo, com gases de baixa pressão. Cite que o aquecimento dos eletrodos dá energia extra aos átomos, fazendo com que os elétrons “saltem” da camada de valência. Esses elétrons ao interagirem com os átomos e moléculas dão energia ao gás e deixam os átomos e moléculas instáveis, pois os elétrons não conseguem ficar nos níveis superiores de energia e logo retornam aos níveis originais. Neste processo, a energia restante é lançada para longe, gerando energia luminosa chamada “fóton”, que pode ser observada por meio de um feixe de luz.

Magnetismo e os animais

Existem muitas espécies de animais que sofrem influência do campo magnético terrestre. Alguns estudos afirmam que certos animais usam bússolas internas próprias para se localizar nas migrações e grandes deslocamentos. Existem evidências de que pombos, aves, tartarugas, peixes, baleias, e possivelmente formigas podem detectar o campo magnético.

No entanto, os meios pelos quais esses animais conseguem perceber o magnetismo ainda é uma grande dúvida. Os campos magnéticos podem atravessar os tecidos biológicos sem os alterar, portanto os sensores poderiam estar localizados em qualquer parte do corpo. Além disso, a detecção pode não precisar de uma estrutura especializada, mas acontecer a partir de uma série de reações químicas.

Pesquisas apontam que os pombos-correios possuem pequenas partículas de ferro no bico que funcionam como uma agulha de uma bússola. Essas "agulhas" apontam sempre para o norte geográfico, auxiliando na localização. As tartarugas-cabeçudas jovens também utilizam o campo magnético terrestre para ajustar a direção em que nadam. Ao decorrer dos anos, esses animais tornam-se capazes de construir um mapa magnético e memorizá-los. Há pesquisas que sustentam a ideia de que os receptores magnéticos das tartarugas localizam-se na cabeça e seriam baseados em cristais de magnetita, capazes de se alinhar com o campo magnético. A cabeça do animal o “puxaria” para a direção certa durante as migrações.

Estudos com formigas, afirmam a influência do campo magnético nessa espécie. Analisaram-se antenas de uma espécie migratória que revelou a existência de partículas, as quais poderiam funcionar como sensores para detecção do campo. A migração dessa espécie de formiga ocorre, geralmente, no fim de tarde, quando seria mais difícil detectar características da paisagem. Portanto, a hipótese de influência do campo magnético terrestre é reforçada.

Todos os estudos realizados e descritos revelam que sem dúvida o campo é detectado pelos animais e transformado em sinais neurais, que utilizam a informação magnética para uma orientação espacial. Essa magnetorrecepção possui explicações desconhecidas.