

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

MICHELLI DA SILVA ARRUDA SORTE

**UMA PROPOSTA DE RECURSO EDUCACIONAL PARA O
ENSINO DE CAMPO MAGNÉTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

CAMPO MOURÃO
2018

MICHELLI DA SILVA ARRUDA SORTE

**UMA PROPOSTA DE RECURSO EDUCACIONAL PARA O
ENSINO DE CAMPO MAGNÉTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 , como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling

Coorientadora: Prof^a Dr^a Natalia Neves
Macedo Deimling

CAMPO MOURÃO
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S714

Sorte, Michelli da Silva Arruda

Uma proposta de recurso educacional para o ensino de campo magnético na educação básica / Michelli da Silva Arruda Sorte. — Campo Mourão, 2018.

170 f. : il. color ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling
Coorientadora: Prof. Dr^a. Natalia Neves Macedo Deimling

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

Inclui bibliografias.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Campo magnético. 3. Física – Dissertações. I. Deimling, Cesar Vanderlei. II. Deimpling, Natalia Neves Macedo. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD 530.07

MICHELLI DA SILVA ARRUDA SORTE

**UMA PROPOSTA DE RECURSO EDUCACIONAL PARA O
ENSINO DE CAMPO MAGNÉTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 , como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

Profa. Dra. Roseli Constantino Schwerz
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

Prof.Dr. Ricardo Francisco Pereira
Universidade Estadual de Maringá UEM
- UTFPR

Campo Mourão, 24 de fevereiro de 2018.

Dedico este trabalho à minha mãe, a qual muito me ajudou durante a realização do mesmo. Aos meus filhos e meu esposo, pelos momentos de ausência e ao meu pai, por ter tido paciência em deixar a minha mãe me acompanhar para cuidar de meus filhos durante meus estudos. Dedico a vocês a mais pura e sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e em especial, por ter estado ao meu lado durante todo o curso, tanto nos momentos de acertos como nos momentos de dificuldades.

Um grande e especial agradecimento aos meus orientadores, Prof. Dr. César Vanderlei Deimling e Prof. Dra Natalia Macedo Neves Deimling, pelo apoio, incentivo, motivação e, principalmente, pelas incessáveis vezes em que me ajudaram e me orientaram no decorrer da realização desta dissertação. O meu sincero agradecimento por terem me aceitado como orientanda. Agradeço também ao nosso contribuinte Douglas Lohamnn pelo apoio nos dado na elaboração do aplicativo Magneto, o qual utilizamos no desenvolvimento de nosso trabalho.

Com muito carinho, aos meus amigos de turma, com os quais, no decorrer destes dois anos de mestrado, pude contar grandemente. Estivemos sempre juntos e unidos em todos os momentos.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), pelas suas contribuições e ensinamentos no decorrer do curso, as quais muito contribuíram para o meu aperfeiçoamento e crescimento na área das Ciências.

Aos alunos e demais profissionais dos dois colégios nos quais pude trabalhar com nosso produto educacional.

E o meu grande agradecimento vai para minha querida mãe Joana, meu pai Edivaldo, meu esposo Christian e meus amados filhos Arthur e Davi. Eles que muito me apoiaram, tanto nos momentos que me foi necessário estar ausente, como nos momentos em que puderam ir comigo para a cidade de Campo Mourão, na qual fiz meu mestrado. Meu muito obrigado mesmo, pelo apoio e compreensão durante esta jornada de estudo. Que Deus os abençoe.

A todos que, de forma direta ou indireta, muito contribuíram para minha pesquisa e para que eu conseguisse chegar até aqui e atingir meu objetivo. Os meus mais sinceros agradecimentos.

A única coisa que interfere com a minha
aprendizagem é minha educação

Albert Einstein

SORTE, Michelli da Silva Arruda. **Uma proposta de recurso educacional para o ensino de campo magnético na educação básica**. 2018. 173 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido junto ao Programa de Pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), teve como objetivo elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino do conteúdo de campo magnético. Em especial, para a geração de campo por condutores com diferentes geometrias percorridos por corrente elétrica. Este estudo, configurado no modelo de pesquisa-intervenção, foi desenvolvido em duas turmas de terceiros anos do Ensino Médio, uma da rede pública estadual e outra da rede particular de ensino, contemplando assim diferentes contextos formativos. Para tanto, tendo como ponto de partida os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos, foi elaborado um produto educacional, Plano de Unidade e Unidade de Conteúdo, que contemplam atividades teórico-experimentais e a utilização de tecnologias da informação e comunicação, tais como: Simulador e aplicativos para *smartphones*; e o desenvolvimento de uma análise crítica e científica do conteúdo para a compreensão mais ampla da prática social. Como referencial teórico-metodológico, utilizamos a Pedagogia Histórico-Crítica. A partir dos resultados obtidos, pudemos observar que os estudantes puderam efetivamente articular teoria e prática por meio dos conhecimentos acadêmico-científicos trabalhados com o produto educacional desenvolvido, o que lhes permitiu, entre outros aspectos, uma compreensão mais crítica e ampla da realidade social.

Palavras-chave: Ensino de Física. Campo Magnético. Ensino Médio.

SORTE, Michelli da Silva Arruda. **A proposal for educational resources for magnetic field education in basic education**2018. 173 fls. Dissertation (Professional Master of Teaching Physics) - Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2018.

ABSTRACT

The present work, developed with the Postgraduate Program of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR) in the National Professional Master's Degree Program in Physics Teaching (MNPEF), aimed to elaborate, develop and evaluate a didactic-pedagogical proposal for the teaching of the magnetic field content, in particular, for field generation by conductors with different geometries, traversed by electric current .. This study, configured in the intervention research model, was developed in two classes of third years of High School - one from the state public network and another from the private education network - in order to know different training contexts. In order to do so, an educational product - unit plan and content unit - was developed, which includes theoretical-experimental activities and the use of information and communication technologies - simulator and smartphone applications - always having as a starting point the previous knowledge brought by students and the development of a critical and scientific analysis of content for the broader understanding of social practice. As a theoretical-methodological reference, we use as basis the Historical-Critical Pedagogy Based on the obtained results, we can observe that the students could effectively articulate theory and practice through the academic-scientific knowledge worked with the educational product developed, which allowed them, among other things, a more critical and broad understanding of social reality. We hope that this educational product can contribute, also, to the training of other students and to the professional practice of the teachers who interest him.

Keywords: Physics education. Magnetic field. High school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Momento Magnético Orbital.....	21
Figura 2: Diamagnetismo – a) material diamagnético na ausência de um campo magnético externo; b) material diamagnético na presença de um campo magnético externo aplicado.....	22
Figura 3: Paramagnetismo: a)Configuração dos momentos magnéticos de um material paramagnético na ausência de um campo magnético externo; b) Configuração dos momentos magnéticos em um material paramagnético na presença de um campo magnético externo.....	23
Figura 4: Ferromagnetismo: a) ferromagneto na ausência de um campo magnético externo; b) ferromagneto na presen;a de um campo magnético externo.....	24
Figura 5: Inseparabilidade dos polos de um ímã.....	25
Figura 6: Interação entre polos de um ímã.....	25
Figura 7: Campo magnético de um fio retílineo.....	28
Figura 8: Campo magnético de um fio retílineo longo.....	29
Figura 9: Representação das variáveis físicas associadas à Lei de Ampère para o caso de um fio infinito.....	31
Figura 10: Ilustração apresentando o sentido do campo magnético à esquerda (saindo) e a direita (entrando) do fio.....	32
Figura 11: Ilustração das grandezas físicas aplicadas à lei de Biot Savar para o caso do campo no centro da espira circular.....	32
Figura 12: Regra da mão direita para uma espira – polegar indica a corrente i e os outros dedos o campo magnético.....	33
Figura 13: Representação do campo magnético simbolicamente.....	34
Figura 14: Ilustração das variáveis envolvidas no cálculo do campo magnético ao longo do eixo de uma espira.....	34
Figura 15: Ilustração de um solenoide à esquerda. À direita, vista esquemática de um solenoide onde a corrente elétrica está saindo do plano de projeção na parte superior e entrando na parte inferior.....	36
Figura 16: Alunos quebrando o ímã em várias partes.....	64
Figura 17: Alunos realizando o experimento “ímãatrai ou não atrai alumínio e canudo?”	65

Figura 18: Alunos realizando experimento “ímãatrai ou não atrai clips, grampo de cabelo e moedas?”	66
Figura 19: Alunos realizando o experimento de deflexão da bússola.....	67
Figura 20: Alunos visualizando linhas de campo na escola pública.....	70
Figura 21: Alunos visualizando linhas de campo na escola particular.....	70
Figura 22: Alunos visualizando linhas de campo.....	71
Figura 23: Visão frontal do kit experimental (bobina 350 espiras).....	74
Figura 24: Alunos analisando as linhas de campo magnético e vetor campo magnético através da bobina.....	75
Figura 25: Alunos medindo campo magnético da bobina utilizando o aplicativo Gauss Meter na escola pública.....	77
Figura 26: Alunos medindo campo magnético da bobina utilizando o aplicativo Gauss Meter na escola particular.....	77
Figura 27: Visão da interface do Simulador de campo magnético.....	78
Figura 28: Visão da interface do Simulador de campo magnético.....	78
Figura 29: Desenho representando as linhas de campo das espiras, feito pelos alunos.....	80
Figura 30: Desenho representando as linhas de campo das espiras, feito pelos alunos.....	81

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	133
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. BREVE HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO.....	20
2.2 CAMPO MAGNÉTICO.....	28
2.2.1 Campo magnético gerado em um fio longo.....	32
2.2.2 Campo magnético no centro de uma espira.....	36
2.2.3 Campo magnético gerado no centro de um solenoide.....	36
2.3 O ENSINO DE FÍSICA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CRÍTICA.....	37
3.MÉTODO E PROCEDIMENTOS.....	43
3.1 PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO DOS DADOS.....	44
3.2 OS DIFERENTES CONTEXTOS DE ESTUDO – PERFIL DAS ESCOLAS E DAS TURMAS.....	46
3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS.....	48
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1 PARTINDO DA PRÁTICA SOCIAL INICIAL: MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO.....	54
4.2 PROBLEMATIZANDO A PRÁTICA SOCIAL E INSTRUMENTALIZANDO OS ESTUDANTES COM OS CONTEÚDOS CULTURAIS.....	61
4.3 RETORNANDO À PRÁTICA SOCIAL – A IMPORTÂNCIA DO CONTEÚDO PARA A COMPREENSÃO E TRANSFORMAÇÃO DA REALIDADE.....	83
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
APÊNDICE A: Entrevista com professores do 3º ano do Ensino Médio.....	98
APÊNDICE B: Plano de Unidade.....	99
APÊNDICE C: Questionário Inicial.....	105

APÊNDICE D: Questionário Final.....	106
APÊNDICE E: Termo de Consentimento.....	107
APÊNDICE F: Produto Educacional - Unidade de Conteúdo.....	108

1. INTRODUÇÃO

Diferentes estudos e pesquisas (GIORDAN, 1999, SANTOS *et al.*, 2000, FIOLHAIS e TRINDADE, 2003, entre outros) têm discutido sobre as dificuldades encontradas no processo de ensino-aprendizagem de Física no Brasil, especialmente nas escolas públicas. Muitos desses estudos alertam para o fato de que a ausência de formação específica dos professores para lecionar esse conteúdo configura-se como um dos fatores – não isoladamente – que podem prejudicar o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula.

Certamente, a formação de professores, ou sua ausência, não pode ser considerada a única responsável por processos de ensino-aprendizagem inadequados, ou mesmo pela má qualidade da educação, uma vez que outros aspectos igualmente importantes, tais como a valorização financeira e social da carreira docente, as condições objetivas de trabalho, o financiamento educacional, os recursos materiais e pedagógicos e as políticas voltadas à educação integral (em termos reais e não apenas formais) devem ser ponderados no momento de análise dessa qualidade. Todavia, a formação dos professores se apresenta como uma das variáveis que afetam diretamente no processo educativo, podendo contribuir ou prejudicar o processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Deimling (2014), os dados da auditoria realizada no ano de 2014 pelo Tribunal de Contas da União (TCU) indicam, no Brasil, um déficit estimado de pelo menos 32.700 professores com formação específica no conjunto das doze disciplinas obrigatórias que compõem o currículo do Ensino Médio. Física é a disciplina com maior carência - mais de nove mil professores - e é o único caso com déficit em todos os estados. Em seguida, vêm as disciplinas de Química e Sociologia, ambas com carência de mais de quatro mil profissionais. Só no Estado do Paraná, há atualmente 2.630 professores sem formação específica na área em que atuam.

Os dados apresentados por essa auditoria se somam à estatística apresentada pelo CNE em 2007 e evidenciam a alarmante escassez de professores para a Educação Básica. Esta não é uma exclusividade do Brasil. Segundo dados recentes apresentados por Zeichner (2013) *apud* Deimling, (2014), havia uma estimativa internacional de que eram necessários, até o ano

de 2015, cerca de 10,5 milhões de professores em todo o mundo para que fosse possível atender ao objetivo de universalização da educação fundamental.

De acordo com Deimling (2014), a escassez de professores não pode ser caracterizada como um problema emergencial, mas sim como um problema crônico, produzido historicamente pela retirada da responsabilidade do Estado pela manutenção da educação pública de qualidade e da formação de seus educadores. Conforme Freitas (2007), *apud* Deimling (2014), as condições do trabalho pedagógico na escola, em especial na escola pública, aliadas à produção da vida material de nossa infância e juventude, demandam investimento público massivo em políticas que melhorem tais condições na prática. Afinal, como afirma Deimling (2014), não parece coerente que se projete uma formação com níveis de exigência que representem a importância do papel do professor sem considerar, por exemplo, a necessidade de associá-la a boas condições de trabalho e a uma carreira que seja atraente e que estimule o investimento pessoal dos professores.

O aumento de matrículas na Educação Básica da rede pública nos últimos 20 anos tem resultado em um avanço significativo e democrático para a universalização desse nível de ensino. Entretanto, tal expansão tem sido acompanhada, em muitos casos, de perda de qualidade, com diminuição de salário real dos professores, classes superlotadas, aumento da jornada de trabalho, entre outros aspectos (FREITAS, 1999; FREITAS, 2007, *apud* DEIMLING, 2014). Aliada a essas questões tem-se, também, a escassez de recursos materiais e tecnológicos para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, especialmente nas escolas públicas.

Há, também, o problema que envolve a histórica dicotomia entre teoria e prática em sala de aula, com a discussão sobre a importância da relação entre teoria e prática e entre conhecimento científico e cotidiano na formação escolar tem permeado diversos estudos e pesquisas de diferentes áreas do conhecimento e, em especial, da área de ensino. Observamos ainda que, em muitas situações, os conteúdos estudados em âmbito escolar são trabalhados de forma desconexa da prática social, o que frequentemente faz com que os estudantes apresentem algumas dificuldades em relacionar os conteúdos curriculares à realidade cotidiana.

Sabemos que tais dificuldades não estão relacionadas apenas a forma como o professor desenvolve os conteúdos em sala de aula, uma vez que essa

forma depende, direta ou indiretamente, dos princípios e concepções, das finalidades e das condições objetivas e subjetivas que norteiam e permeiam a educação escolar e, mais especificamente, do processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, partindo do princípio de que a educação não deixa de influenciar o elemento determinante, consideramos que a forma como os conteúdos são desenvolvidos em sala de aula também necessita ser ponderada no momento de análise desse processo, tendo em vista, também, a transformação das concepções, finalidades e condições que são postas. Assim, se consideramos a necessidade de um ensino que vise à articulação entre teoria e prática, precisamos igualmente pensar em algumas das condições materiais que são necessárias para que tal articulação seja favorecida dentro de sala de aula.

O ensino de Física vem ocorrendo, em muitas situações, de forma descontextualizada, sem que o aluno a entenda como um fenômeno concreto, articulado com a realidade cotidiana. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCN - (BRASIL, 2000), o ensino de Física não tem ocorrido de acordo com o que se espera em sala de aula, uma vez que esta disciplina tem enfatizado:

[...] a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo. (BRASIL, 2000, p.229).

Ainda de acordo com os PCNs, a Física deve ser analisada em um parâmetro de aproveitamento social e cultural para que o educando, na elaboração do conhecimento, possa aproveitá-lo em sua vida como convivência na sociedade. Nessa mesma perspectiva, as Diretrizes Curriculares Educação Básica de Física - DCE de Física (PARANÁ, 2008) dispõem que:

Os conteúdos disciplinares devem ser tratados, na escola, de modo contextualizado, estabelecendo-se, entre eles, relações

interdisciplinares e colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles. Desta perspectiva, propõe-se que tais conhecimentos contribuam para a crítica às contradições sociais, políticas e econômicas presentes nas estruturas da sociedade contemporânea e propiciem compreender a produção científica, a reflexão filosófica, a criação artística, nos contextos em que elas se constituem. (PARANÁ, 2008, p.58).

As DCEs (PARANÁ, 2008) também enfatizam que o currículo da Educação Básica deve oferecer ao estudante a formação necessária para a compreensão e transformação da realidade social, econômica e política de seu tempo, pois a escola deve ser um espaço de confronto e diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os conhecimentos do cotidiano popular.

Outro fator importante para o qual as DCEs fazem referência se refere ao uso das tecnologias no ensino de Física, uma vez que na atualidade, considerando os recursos tecnológicos disponíveis aos alunos, como *smartphones*, *vídeo games*, *tablets* e *notebook*, torna-se necessária a elaboração de estratégias que permitam o uso desses recursos a favor da educação:

Não se trata mais de ser a favor ou contra, usar ou não usar, mas de planejar o uso do recurso tecnológico conforme a necessidade, a serviço de uma formação integral dos sujeitos, de modo a permitir o acesso, a interação e, também, o controle das tecnologias e de seus efeitos. (PARANÁ, 2008, p.77).

Por esse motivo, é de grande valia estimular, na medida do possível e mediante as condições necessárias, a utilização de recursos tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem e, mais especificamente, no ensino de Física, tendo em vista deixar as aulas mais dinâmicas, buscando uma maior atenção e interesse dos alunos em relação ao conteúdo. Tais recursos poderiam incluir Simuladores, experimentos e jogos, entre outros.

Em muitas situações, as escolas não dispõem de laboratórios para o desenvolvimento de atividades práticas. Isso, todavia, não pode ser utilizado como única justificativa para a não realização de atividades experimentais. Nesse sentido, além do desenvolvimento de atividades práticas/experimentais com materiais de baixo custo na própria sala de aula, existem os Simuladores que se podem se apresentar, também, como uma alternativa possível – desde que haja as condições mínimas necessárias - para o desenvolvimento de

atividades práticas em sala de aula. Por meio desse recurso, é possível reproduzir um evento em ambiente virtual sem a necessidade de uma estrutura laboratorial avançada, gerando a oportunidade de simular algo que realmente acontece. Como descrito por Pidd (2004), *apud* Glória *et al.*, (2013) a simulação computacional visa projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos no computador. Por intermédio desse ambiente virtual, os alunos podem apresentar menos dificuldades em compreender o conteúdo e se sentir familiarizados e até mesmo mais motivados com as aulas.

Outra ferramenta importante para o ensino de Física é o emprego de experimentos em sala de aula, os quais, aliados à teoria, podem contribuir para a aprendizagem, uma vez que dão oportunidade aos alunos de relacionarem os conhecimentos empíricos aos conceitos e linguagens científicas. Além disso, as atividades experimentais podem permitir aos professores e alunos perceberem e darem sentido aos acontecimentos, despertando, assim, o caráter investigativo e orientando os aprendizes na compreensão de fenômenos e modelos explicativos, tendo em vista a aprendizagem e o uso da linguagem científica (OLIVEIRA, 2016).

Considerando esses aspectos, nosso objetivo com esse trabalho foi o de elaborar, desenvolver e avaliar um material paradidático sobre campo magnético, em especial para a geração de campo por condutores com diferentes geometrias, percorridos por corrente elétrica. Este trabalho foi desenvolvido em 2 turmas do terceiro ano do Ensino Médio na disciplina de Física e aborda o conteúdo de maneira diferenciada em relação ao ensino tradicional, tendo em vista a utilização de atividades teórico-experimentais e a construção e aplicação de um Simulador de campo magnético.

Escolhemos este tema porque em muitas situações o conteúdo de campo magnético acaba por não ser discutido nas aulas de Física no Ensino Médio. Essa constatação foi identificada em entrevistas realizadas com professores de Física do Ensino Médio que lecionam em escolas da rede pública e particular da região de Assis Chateaubriand – interior do estado do Paraná¹. Os dados obtidos por meio dessa entrevista apontam que os professores das escolas públicas não trabalham esse conteúdo por diferentes motivos. Segundo um dos professores entrevistados, na maioria das escolas a disciplina de Física é desenvolvida em

¹ Entrevista realizada com professores de escolas públicas e particulares pertencentes ao Núcleo Regional de Assis Chateaubriand.

apenas duas aulas semanais, o que dificulta o trabalho e o aprofundamento do conteúdo com o devido rigor. Outro motivo identificado está relacionado às condições de trabalho e a formação do professor, as quais, muitas vezes, não permitem que esse conteúdo seja trabalhado de forma que os alunos possam fazer sua relação e articulação com a realidade prática. Já os professores da escola particular afirmaram que o conteúdo eletromagnetismo é trabalhado de forma a contemplar apenas o cálculo matemático - o que não deixa de ser importante. No entanto, não trabalham a parte prática e nem envolvem a dimensão social, histórica e econômica dos conteúdos.

Tendo isso em vista, buscamos com este trabalho propor uma nova estratégia de ensino – especificamente do conteúdo de campo magnético - que vise o melhor aproveitamento das aulas de Física, proporcionando um aprendizado significativo e a articulação entre saberes cotidianos e conhecimentos científicos.

Elaboramos um Plano de Unidade e Unidade de Conteúdo que contempla atividades teórico-experimentais, a utilização de tecnologias da informação e comunicação, uso de Simuladores e aplicativos digitais, tendo sempre como ponto de partida os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos para o desenvolvimento de uma análise crítica e científica do conteúdo, proporcionando uma compreensão da prática social mais ampla.

Tomamos como referencial teórico-metodológico os princípios e pressupostos que fundamentam a Pedagogia Histórico-Crítica e sua didática (SAVIANI, 2009; 2008; GASPARIN, 2009), a qual, entre tantos outros aspectos, defende a relação dialética entre conhecimentos científicos, cotidianos e o papel da prática social como ponto de partida e de chegada da ação educativa, tendo em vista sua problematização em diferentes dimensões. A partir desse referencial teórico, buscamos discutir o conteúdo a partir de questões relacionadas a fenômenos físicos presentes no cotidiano, os quais, frequentemente, não são articulados ao conhecimento teórico, científico e, na maioria dos casos, abstrato das teorias utilizadas na disciplina de Física.

Por esse motivo, a produção de recursos educacionais que busquem favorecer essa articulação entre conteúdos abstratos e realidade concreta torna-se um importante instrumento, tanto para a internalização do conhecimento científico quanto para compreensão do contexto social.

Com este material, objetivamos contribuir para essa necessária articulação entre conhecimentos científicos e fenômenos cotidianos no processo de ensino-aprendizagem, concretizando-o como um dos muitos recursos e elementos mediadores que podem ser utilizados por professores e alunos no momento de discussão, análise e problematização deste conteúdo em sala de aula. Da mesma forma, buscamos com este estudo contribuir para a formação e a prática educacional de professores de Física do Ensino Médio.

Partimos do pressuposto de que é necessário um trabalho diferenciado em relação à Física e, neste caso particular, ao conteúdo de campo magnético, tendo em vista mostrar sua relação com os fenômenos do cotidiano dos alunos e evidenciar a Ciência como área em constante transformação. A Ciência não pode ser vista como algo estático e acabado, não passível de mudanças. Pelo contrário, teorias podem ser alteradas dando origem a outras, na medida em que estabelecem uma relação com a realidade dos fenômenos observados, permitindo compreender o mundo em que se vive. De acordo com Einstein e Infeld (2008):

A ciência não é apenas uma coleção de leis, um catálogo de fatos não relacionados entre si. É uma criação da mente humana, com seus conceitos e ideias livremente inventados. As teorias Físicas tentam formar um quadro da realidade e estabelecer sua conexão com o amplo mundo das impressões sensoriais. (EINSTEIN; INFELD, 2008, p. 241).

Com esse produto educacional, buscamos apresentar uma alternativa diferenciada para o desenvolvimento do conteúdo de campo magnético em sala de aula, tendo em vista sua sistematização, problematização e contextualização em seus aspectos teóricos e práticos e em sua relação com a prática social mais ampla, tendo em vista as diferentes dimensões que o conteúdo comporta.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO

De acordo com a Bassalo (1994), o magnetismo já era conhecido desde as civilizações antigas. Tales de Mileto, na Grécia já conhecia os efeitos de atração e repulsão de uma pedra que tinha como composição óxido de ferro. Posteriormente, essa pedra recebeu o nome de magnetita (conhecido popularmente como ímã), em homenagem a um pastor de ovelhas grego chamado Magnes que percebeu que as pedras grudavam em seu cajado de ferro. Relatos envolvendo magnetismo citam em seu contexto inicial estudos envolvendo um mineral chamado magnetita, como a primeira substância com propriedades magnéticas conhecida pelo homem, conforme esse autor.

Este ficou surpreso ao observar que a ponta de ferro de seu cajado, assim como os pregos de sua sandália, eram atraídos por certas pedras que encontrava ao longo de seu pastoreio. Este, provavelmente se localizava na Tessália, uma província grega que passou a ser chamada, por razões óbvias, de Magnésia. Essas pedras, pela mesma razão, passaram a ser conhecidas como magnetita ou ímã natural, quimicamente conhecida como Fe_3O_4 . (BASSALO, 1994, p. 76).

O primeiro a escrever sobre o magnetismo no Ocidente, de acordo com Silva (2012), foi Peter Peregrinus – filósofo e engenheiro do exército de Charles d'Anjou, que escreveu um tratado datado de 1269 onde, além de descrever a magnetita e suas propriedades, definia a propriedade do ímã de apontar sempre para o norte geográfico, mencionando pela primeira vez o termo polo magnético e explicando o porquê de um ímã se transformar em dois quando partido.

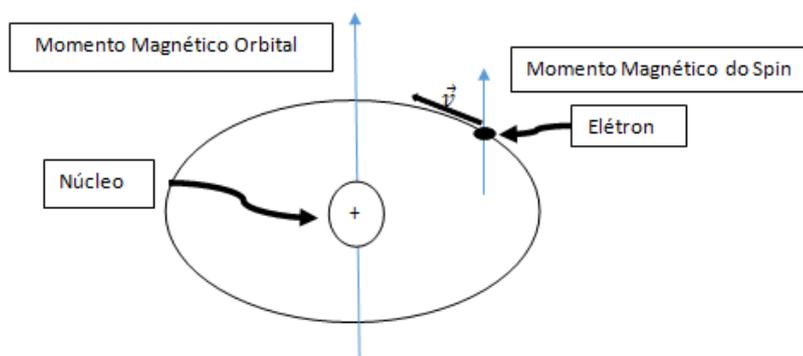
William Gilbert (1544-1603) é considerado por muitos como o primeiro grande físico britânico. Ele estabeleceu-se em Londres por volta de 1570, após estudar medicina na Universidade de Cambridge, tendo sido nomeado, inclusive, médico da rainha Elizabeth I. Foi como cientista que ele ficou conhecido, conforme afirma Ribeiro (2000):

Dos filósofos naturais que estudaram magnetismo, o mais famoso é William Gilbert de Colchester (1544- 1603), chamado de “Pai do Magnetismo”, pois sistematizou as especulações sobre o assunto. Vinte anos à frente de Sir Francis Bacon, foi um firme defensor do que nós chamamos hoje de método experimental. De *Magnete* foi sua obra-prima, dezessete anos do seu trabalho registrado, contendo todos os seus resultados. Nesta foi reunido todo o conhecimento sobre magnetismo digno de confiança de seu tempo, junto com suas maiores contribuições. Entre outros experimentos, foram reproduzidos aqueles executados três séculos antes por Peregrinus com a magnetita esférica que foi chamada de *terrela* (pequena terra), pois Gilbert a idealizou como sendo um modelo atual da Terra e assim foi o primeiro a afirmar que a Terra é um ímã, ou seja, possui um campo magnético próprio. (RIBEIRO, 2000, p.300).

De acordo com Rocha (2011), Gilbert, em seu livro *De Magnete*, publicado em 1600, além de enfatizar a distinção entre os efeitos magnéticos do âmbar e do ímã, compila todos os fatos importantes conhecidos sobre fenômenos elétricos e magnéticos

As substâncias, em geral sólidas, líquidas ou gasosas, mostram alguma característica magnética, indiferente da temperatura. Sendo assim, todo material possui uma propriedade do magnetismo. Essa propriedade dos materiais tem sua origem na estrutura eletrônica dos átomos. Do ponto de vista clássico, o magnetismo está associado aos momentos magnéticos atômicos, que estão relacionados ao movimento dos elétrons em torno do núcleo do átomo. Dessa maneira, o momento magnético atômico é composto por duas contribuições: o momento magnético orbital - relacionado com o movimento de translação do elétron, e o momento magnético de spin – característica intrínseca dos elétrons, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1: Momento Magnético Orbital



Fonte: Autoria própria (2017).

Os materiais que conhecemos, de uma maneira geral podem ser classificadas de acordo com a origem microscópica de sua magnetização e de suas interações internas, sendo que as principais fases magnéticas são: o diamagnetismo, o paramagnetismo, e o ferromagnetismo.

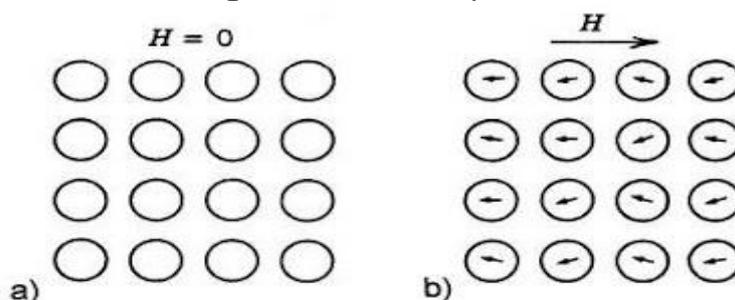
Nas substâncias diamagnéticas os momentos magnéticos se orientam de maneira contrária à do campo magnético aplicado sobre a amostra. Conforme afirma Ribeiro (2000), diamagnetismo, em geral, corresponde ao tipo mais fraco de resposta magnética de um sistema, caracterizado por susceptibilidade negativa da ordem de 10^{-5} (SI) – onde o sinal negativo se deve ao fato de que os domínios magnéticos terem sentido oposto ao do campo magnético ao qual o objeto está exposto. O fato desse valor ser negativo indica que a magnetização (caracterizada pela soma dos momentos magnéticos dividida pelo volume da amostra) nesses materiais tem orientação oposta à do campo aplicado.

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009):

o diamagnetismo existe em todos os materiais, mas é tão fraco que em geral não pode ser observado se o material possui uma das outras duas propriedades. No diamagnetismo, momentos dipolares magnéticos são produzidos nos átomos, do material apenas quando esse é submetido a um campo magnético externo. A combinação desses momentos dipolares induzidos resulta em um campo magnético de baixa intensidade no sentido contrário ao do campo externo, que desaparece quando o campo externo é removido (Halliday, Resnick e Walker, p. 356, 2009).

São exemplos de substâncias que exibem respostas diamagnéticas: o Bismuto, o Cobre, a Prata e o Chumbo. Esse fenômeno pode ser observado através da Figura 2.

Figura 2: Diamagnetismo – a) material diamagnético na ausência de um campo magnético externo; b) material diamagnético na presença de um campo magnético externo aplicado



Fonte: Callister (2013).

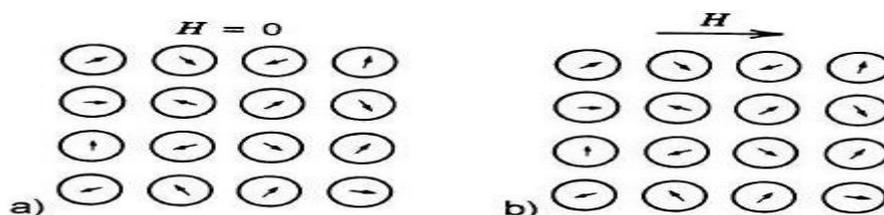
O paramagnetismo pode ocorrer em materiais cujos momentos magnéticos não exibem orientação preferencial. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009):

Os átomos desses elementos possuem um momento dipolar magnético diferente de zero, mas como os momentos dos átomos estão orientados aleatoriamente, o campo magnético resultante é zero. Entretanto, um campo magnético externo pode alinhar parcialmente os momentos dipolares magnéticos atômicos, fazendo com que o material apresente um campo magnético resultante, inerente aos momentos magnéticos, no mesmo sentido que o campo externo que desaparece quando o campo externo é removido (Halliday, Resnick e Walker p.356, (2009).

Podemos citar como exemplo de materiais paramagnéticos o Alumínio e a Platina, conforme na Figura abaixo, têm-se a representação de um material paramagnético.

Figura 3: Paramagnetismo:

- a) Configuração dos momentos magnéticos de um material paramagnético na ausência de um campo magnético externo; b) Configuração dos momentos magnéticos em um material paramagnético na presença de um campo magnético externo

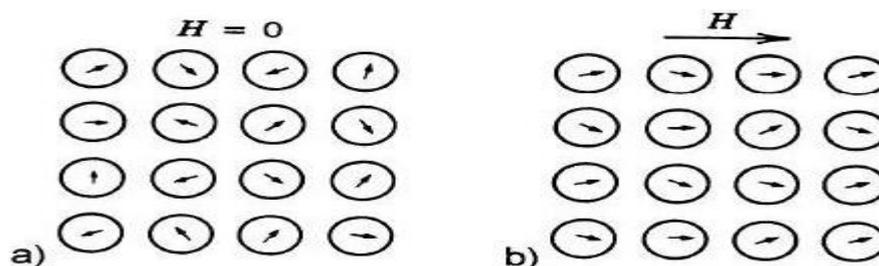


Fonte: Callister, 2013.

Quando nos referimos ao ferromagnetismo, devemos lembrar que apenas alguns elementos puros pertencem a essa classe. São eles o Ferro, Níquel, Cobalto e em baixas temperaturas o Disprósio e o Gadolínio, além de ligas envolvendo esses elementos. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009), Nesses materiais, os momentos dipolares magnéticos de átomos vizinhos se alinham, produzindo regiões com alto alinhamento dos momentos magnéticos. Em materiais magnéticos, como o Ferro e o Aço, o campo magnético dos elétrons, ou seja, os momentos magnéticos se alinham formando regiões que apresentam magnetismo espontâneo. Essas regiões são chamadas de

domínios magnéticos. Em uma peça não-magnetizada de um material magnético os domínios estão distribuídos de forma aleatória e o campo magnético total em qualquer direção é zero. Quando esse material sofre a ação de um campo magnético externo, os domínios se orientam com o campo aplicado. Esse alinhamento cresce à medida que o campo externo aumenta, conforme mostrado na Figura abaixo:

Figura 4: Ferromagnetismo: a) ferromagneto na ausência de um campo magnético externo; b) ferromagneto na presença de um campo magnético externo.



Fonte: Callister, 2013.

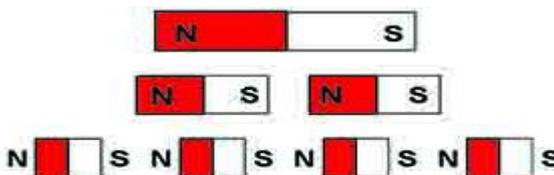
Nos materiais ferromagnéticos, assim como nos paramagnéticos ocorrem nos átomos que possuem momentos de dipolo magnéticos resultantes permanentes. O que diferencia os materiais ferromagnéticos dos paramagnéticos é que nos primeiros existe uma forte interação entre momentos de dipolo atômicos vizinhos que os mantêm alinhados, mesmo quando o campo magnético externo é removido. O resultado desse alinhamento é a formação dos domínios magnéticos. A temperatura a partir da qual um material ferromagnético passa a ser paramagnético é denominada temperatura de Curie, também chamado de ponto Curie. Trata-se de uma temperatura na qual um ímã ou material ferromagnético perde suas propriedades magnéticas.

Tal característica foi descoberta por um pesquisador francês, Pierre Currie. Nesse sentido, Ribeiro (2000) afirma que:

Alguns elementos do grupo de transição, como o ferro, níquel e cobalto puros ou em ligas com outros elementos, apresentam uma alta magnetização espontânea abaixo da temperatura de Curie (TC). Essa alta magnetização nos materiais ferromagnéticos está relacionada ao fato destes possuírem momentos de dipolo magnético intrínsecos altamente interagentes que se alinham paralelamente entre si. (RIBEIRO, 2000, p.302).

Os ímãs possuem algumas propriedades como inseparabilidade dos polos e interação entre os polos. Quanto a inseparabilidade dos polos, ao dividir um ímã em várias partes, cada parte será um novo ímã com dois polos, ou seja, é impossível existir um monopolo magnético, como mostra a Figura 5.

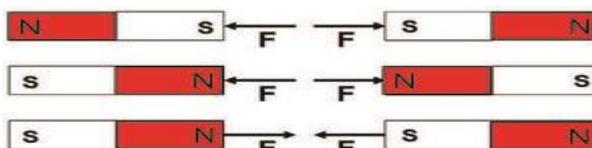
Figura 5: Inseparabilidade dos polos de um ímã



Fonte: Educação.Globo

Ao relacionar a Figura 5 com a ideia de que as linhas de campo são contínuas no espaço, ou seja, se fecham sobre si mesmo, fica evidente que a denominação de polo magnético serve apenas para indicar um ponto de entrada ou se saída de linhas de campo magnético da amostra, indiferente do tamanho do ímã, ou de como esse foi formado. Em relação a interação entre os polos, quando se aproximam dois polos iguais, ocorre a força de repulsão entre eles. Se os polos forem diferentes, a força será de atração, como se pode ver na Figura 6.

Figura 6: Interação entre polos de um ímã



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

Por volta de 1800, muitos acreditavam na existência de relações entre eletricidade e magnetismo. Essa crença poderia ser inclusive em função de questões filosóficas, como foi o caso de Oersted. Muitas vezes, os fenômenos elétricos e magnéticos eram abordados como se não possuíssem nenhuma relação. No entanto, um físico dinamarquês, Hans Christian Oersted, iniciou estudos em 1807 sobre a ação da eletricidade sobre uma agulha imantada, mas só em 1820 percebeu que ao aproximar uma agulha imantada de um fio no qual

passava uma corrente, a agulha sofria uma deflexão. Oersted observou a deflexão de um pequeno ímã colocado próximo a um fio percorrido por uma corrente elétrica, o que o convenceu que os campos magnéticos radiam a partir de todos os lados de um fio carregado. A relação entre magnetismo e eletricidade fora finalmente observada.

Isola (2003) afirma que isso ocorreu durante uma das aulas de Oersted, sobre o efeito térmico das correntes nos fios condutores, onde ele percebeu que uma agulha magnetizada sofria influência da corrente elétrica que passava por um fio colocado nas proximidades.

Após algum estudo, ele percebeu que ao se passar uma corrente elétrica por um fio, gerava-se campo magnético em torno do mesmo. Essa descoberta fundamental desencadeou uma série de pesquisas que levou a unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos. Os trabalhos de Oersted foram publicados pela primeira vez em 1820, às custas do próprio autor (CHAIB; ASSIS, 2007).

Sobre a origem dos efeitos magnéticos Chaib e Assis (2007) afirmam que Oersted:

Estava entre os pesquisadores que acreditava que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos fatores que os elétricos. Para tentar confirmar suas ideias, realizou experiências a fim de buscar uma relação entre uma agulha imantada e o “conflito elétrico.” Este termo, utilizado por Oersted, vinha de sua concepção da natureza da corrente elétrica. Ele imaginava que existiam duas correntes em um fio metálico ligado a uma bateria, uma positiva e outra negativa, fluindo em sentidos opostos. (CHAIB; ASSIS, 2007, p.42).

Em 1831, Michael Faraday (1791-1867), um famoso físico experimentalista, descobriu os efeitos elétricos produzidos pelo magnetismo. Ele teve conhecimento com a Física por trabalhar em uma copiadora. Conta a história que durante as horas vagas, ele lia os livros de Física que estavam no seu trabalho. A partir daí, começou a estudar Física e fazer grandes e importantes experimentos.

Ao fazer uma experiência com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro, notou acidentalmente que toda vez que a corrente variava num fio (circuito), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito). Faraday também mostrou experimentalmente que o núcleo de ferro não era necessário para ocorrer o fenômeno, depois observou apenas com a aproximação de uma

barra imantada era possível gerar corrente na bobina. Ele observou que o fator principal do acontecimento era a variação das linhas de força. Mais tarde, utilizou a palavra campo para se referir à disposição das linhas de força no espaço.

Segundo Hessel, Freschi e Santos (2015), Faraday observou que o movimento de um ímã nas proximidades de uma bobina condutora provocava o aparecimento de uma corrente na bobina. Através desse efeito, chamado de indução eletromagnética, ele descreveu quantitativamente a relação entre a variação do fluxo magnético e a força eletromotriz induzida, responsável pela geração de corrente elétrica.

Nesse sentido, André Marie Ampère (1775-1867) percebeu em suas experiências que espiras percorridas por corrente elétrica reagem por meio de forças similares às dos ímãs. Considerava que os ímãs naturais eram compostos por uma infinidade de pequeninas espiras por onde passava correntes, mais tarde chamada de “correntes amperianas”. Foi o primeiro a publicar sobre a indução eletromagnética, caracterizado pelo surgimento de uma diferença de potencial chamada de força eletromotriz em função da ação de um campo magnético variável perpendicularmente ao plano da espira.

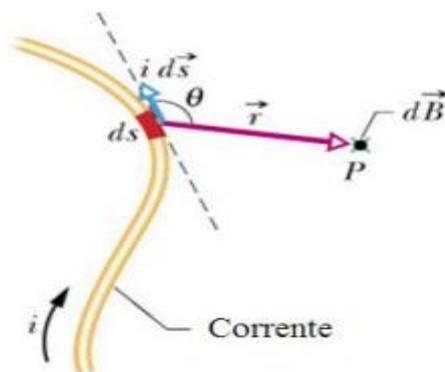
A base do desenvolvimento do eletromagnetismo foi estabelecida em 1873 por James Clerk Maxwell (1831-1879), que foi um físico e matemático escocês, conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica. Maxwell demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagam com a velocidade da luz. Conforme relatado por Rocha (2011), Maxwell apresentou uma teoria detalhada da luz como um efeito eletromagnético, isto é, que a luz corresponde à propagação de ondas elétricas e magnéticas, hipótese que tinha sido posta por Faraday. Seu trabalho em eletromagnetismo foi a base da relatividade restrita. O primeiro trabalho de Maxwell em eletromagnetismo já é marcado pelo projeto de buscar uma abordagem teórica alternativa dos fenômenos elétricos e magnéticos.

2.2 CAMPO MAGNÉTICO

Depois da descoberta de Oersted, muitos cientistas investigaram os fenômenos eletromagnéticos que ocorriam com as cargas elétricas em movimento. O físico francês André-Marie Ampere (1775-1836) realizou muitos experimentos com limalhas de ferro e em fios retilíneos percorridos por correntes elétricas. Através desses experimentos, Ampère e outros cientistas notaram que as linhas de campo de indução magnética são circunferências concêntricas contidas em planos perpendiculares a um fio retilíneo.

Nesse sentido, o campo magnético apresenta características que dependem da corrente elétrica e da forma como o condutor é moldado. A partir da lei de Biot-Savart, descrita na equação 1, podemos obter valor do campo magnético em função da corrente elétrica que passa em um fio condutor com forma arbitrária, como indicado na Figura 7.

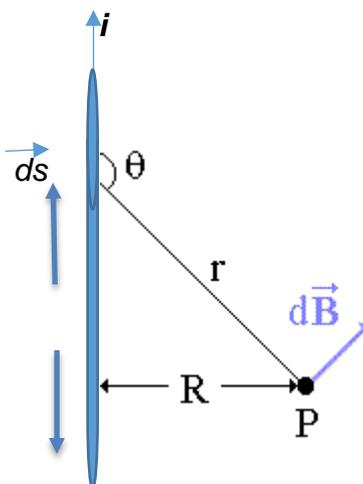
Figura 7: Campo magnético de um fio retilíneo



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

2.2.1 Campo magnético gerado em um fio longo

Analisando a Figura 8, podemos compreender com mais facilidade o significado de cada uma das variáveis atribuídas à lei de Biot-Savart aplicada ao caso do fio muito longo (infinito). Inicialmente, devemos entender que a lei de Biot-Savart serve para determinar o campo magnético gerado por um pequeno elemento do fio.

Figura 8: Campo magnético de um fio retilíneo longo

Fonte: Autoria própria (2017).

Portanto, para determinar a contribuição total do campo do fio, devemos inicialmente dividir o fio em várias partes muito pequenas (dl) e realizar o cálculo do valor de dB várias vezes, uma para cada elemento do fio. Ao final, devemos somar vetorialmente todos os valores de dB .

Abaixo, apresentaremos duas maneiras de calcular algebricamente o valor do campo magnético de um condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica. Para tanto, faz-se necessário o uso de uma linguagem matemática mais elaborada: a notação integral e diferencial, que permite o cálculo analítico dessa soma dos elementos dB , partindo da lei de Biot-Savart:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} dl \times \hat{r} \quad 1$$

Se escrevermos a Lei de Biot Savart escalarmente, teremos:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\sin(\theta)}{r^2} \quad 2$$

Para se calcular o módulo do campo magnético \vec{B} no ponto P a uma distância R do fio (conforme figura 8) devemos multiplicar o resultado da integral por 2, o que nos dá:

$$B = \int_0^\infty dB = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^\infty \frac{\sin\theta ds}{r^2} \quad 3$$

Ao analisarmos a figura 8, percebe-se que foi utilizado trigonometria, ou seja:

$$r^2 = s^2 + R^2 \text{ nos resultando em } r = \sqrt{s^2 + R^2},$$

$$\text{Sendo que } \operatorname{sen}\theta = \operatorname{sen}(\pi - \theta) = \frac{R}{\sqrt{s^2 + R^2}} \quad 4$$

Substituindo 4 em 3, temos:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^\infty \frac{R ds}{(s^2 + R^2)^{3/2}} \quad 5$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \left[\frac{s}{(s^2 + R^2)^{1/2}} \right]_0^\infty \quad 6$$

Fazendo as substituições devidas e, conseqüentemente, as operações matemáticas, chegamos a equação 7, válida para o lado de fora de um fio longo retilíneo:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad [T] \quad 7$$

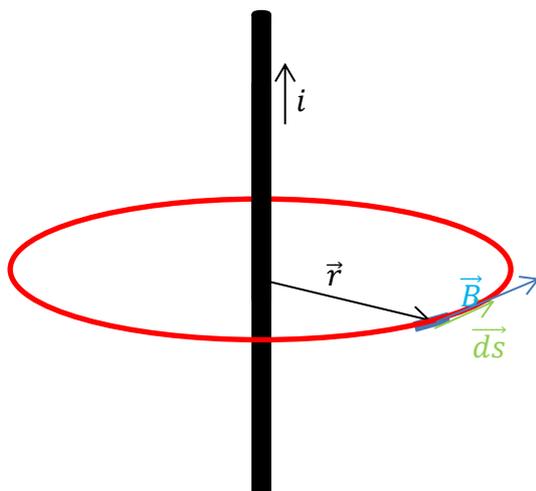
Para o caso do fio infinito, a equação 7 descreve o comportamento do módulo do campo magnético B que depende apenas da constante μ_0 que vale $4\pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A, da corrente (i) e da distância perpendicular (r) entre um ponto e o fio, sendo que o seu valor decai linearmente à medida que se afasta do fio.

Podemos ainda calcular a intensidade do campo magnético através da Lei de Ampère, descrita pela equação 8, que pode ser utilizada sempre que o problema apresentar grande simetria. Para entendermos plenamente todas as funcionalidades da Lei de Ampère, necessitaríamos do domínio dos conteúdos de cálculo integral e diferencial, porém, em alguns casos como o do fio infinito, podemos simplificar alguns passos de modo a facilitar sua aplicação.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i \quad 8$$

Como a lei de Ampère depende da integral de caminho fechada, para aplicá-la devemos inicialmente ter uma ideia de como as linhas de campo magnético se distribuem pelo espaço. No caso do fio infinito, as linhas de campo serão descritas por circunferências cujo eixo de simetria está paralelo à direção do fio, como mostrado na Figura 9.

Figura 9: Representação das variáveis físicas associadas à Lei de Ampère para o caso de um fio infinito



Fonte: Autoria própria (2017).

Como o campo magnético é constante ao longo de toda a circunferência, e o ângulo entre o vetor de campo, B , e o elemento infinitesimal do caminho, ds , é constante ($\theta = 0^\circ$), a lei de Ampère pode ser reescrita conforme a equação 8.

$$\sum(B)(ds) \cos 0 = \mu_0 i \quad 8$$

Neste caso a equação pode ainda ser simplificada conforme a equação 9.

$$B \sum ds = \mu_0 i \quad 9$$

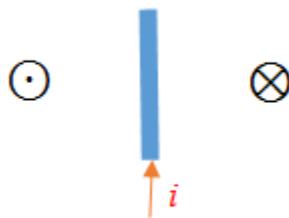
Sabendo que $\sum ds = 2\pi r$, ou seja, o perímetro da circunferência, podemos reescrever a equação 9 de modo a obter a equação 10.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad 10$$

É importante notar que, tanto pela lei de Biot-Savart quanto pela lei de Ampère, obtemos a mesma equação para calcular o campo de um fio muito longo. O sentido e direção do campo é dado pela regra da mão direita, ou seja, as linhas de campo são formadas por circunferências concêntricas ao fio, sendo que no centro do fio o campo é zero, pois a corrente é zero e até a borda do fio o campo cresce linearmente no caso de uma distribuição homogênea de corrente elétrica.

Para representação do campo magnético no papel, temos:

Figura 10: Ilustração apresentando o sentido do campo magnético à esquerda (saindo) e a direita (entrando) do fio

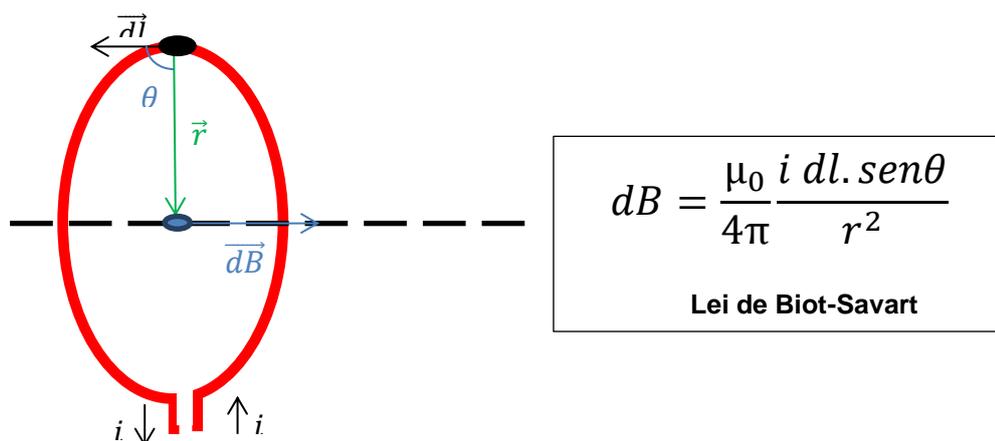


Fonte: Autoria própria (2017).

2.2.2 Campo magnético no centro de uma espira

Ao enrolarmos um fio retilíneo de forma a formar uma circunferência, temos uma espira de raio r . Ao passar uma corrente por essa espira, surge um campo magnético em todos os pontos de sua vizinhança. Sua intensidade pode ser calculado partindo da Lei de Biot-Savart (equação 1), que descreve o comportamento do elemento infinitesimal de campo magnético, dB , gerado por um elemento infinitesimal de fio, dl , que compõe a espira. A Figura 11 abaixo mostra as grandezas físicas associadas à lei de Biot-Savart aplicada ao cálculo do campo gerado no centro da espira circular.

Figura 11: Ilustração das grandezas físicas aplicadas à lei de Biot Savart para o caso do campo no centro da espira circular



Fonte: Autoria própria (2017).

Nesse caso, torna-se importante constatar que tanto o ângulo $\theta = 90^\circ$, quanto o valor de r são constantes, ou seja, não variam em função de dl . Sendo

assim, podemos obter o valor de B somando todos os elementos dB , obtidos a partir de cada contribuição dl da espira circular, conforme mostrado na equação 12.

$$B = \sum dB = \frac{\mu_0 i \sin 90}{4\pi r^2} \sum dl \quad 12$$

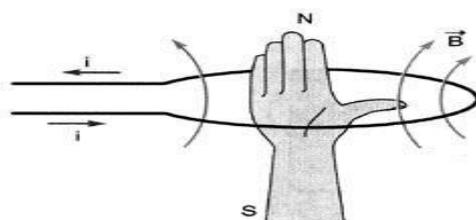
O modo mais simples de realizar essa ação é abrindo mão do formalismo integral e diferencial, porém, em função dos pré-requisitos envolvidos e visando a transposição de conteúdos para o Ensino Médio, para esse caso as mesmas conclusões podem ser obtidas observando o comportamento da função somatório. Ao finalizar a soma de todos os elementos dl , teremos computado todo o caminho percorrido pela corrente elétrica, ou seja, toda a espira. Nesse caso a equação que corresponde ao módulo do campo magnético no centro de uma espira corresponde a equação 13 descrita abaixo;

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} 2\pi r \quad 13$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2 r} \quad 14$$

No centro da espira, a direção do campo magnético é perpendicular ao plano da espira, e o sentido é definido pela regra da mão direita, conforme pode se perceber na Figura 12 e 13, onde o polegar indica a corrente i , e os outros dedos o campo magnético:

Figura 12: Regra da mão direita para uma espira – polegar indica a corrente i e os outros dedos o campo magnético



Fonte: Cavalcante (2017).

Para representação do campo magnético de uma espira no papel, temos as mesmas regras que valem para um fio retilíneo, a simbologia \odot saindo e \otimes entrando. A Figura 13 ilustra bem essas situações:

Figura 13: Representação do Campo Magnético simbolicamente



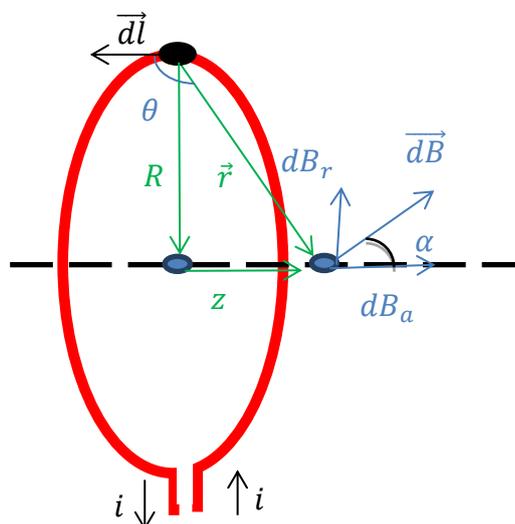
Fonte: Cavalcante (2017).

Se considerarmos várias voltas iguais em torno da mesma circunferência, teremos uma situação hipotética causada pela superposição de espiras com mesmo diâmetro (aproximação de bobina chata ou plana) e nessa situação o campo resultante no centro da composição seria equivalente à multiplicação do número de espiras, N , pelo campo gerada em cada uma delas, conforme descreve a equação 15.

$$B = N \frac{\mu_0 i}{2 r} \quad 15$$

Outra situação possível de ser analisada analiticamente no caso de uma espira circular é determinação do campo magnético ao longo do eixo da espira.

Figura 14: Ilustração das variáveis envolvidas no cálculo do campo magnético ao longo do eixo de uma espira



Fonte: Autoria própria (2017).

Nessa situação, os cálculos envolvidos na determinação do campo que partem da Lei de Biot-Savart não são facilmente realizáveis sem o auxílio de ferramentas tipicamente usadas no ensino superior, como segue abaixo:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} dl \sin(90) \quad 16$$

Nesse problema em particular, devemos lembrar que o vetor dB correspondente à cada elemento dl é oblíquo, possuindo, portanto, 2 componentes, sendo uma radial e outra axial. Por condições de simetria, a componente radial dB do campo magnético se anula aos pares. Dessa forma, para obtermos a componente axial devemos projetar o vetor dB ao longo do eixo da espira utilizando a função cosseno, como segue:

$$dB_a = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} (dl) \cos(\alpha) \quad 17$$

Ao analisar a Figura 14 podemos notar que o vetor r , a corrente i e o ângulo α são constantes, ou seja, não mudam em função da escolha de elementos dl arbitrários. Sendo assim, o processo de integração passa a ser simplificado como mostrado abaixo:

$$\int_0^B dB_a = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} \cos(\alpha) \int_0^{2\pi R} dl$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} \cos(\alpha) 2\pi R \quad 18$$

A partir da equação 18, podemos facilmente reescrever as funções cosseno e r em termos das variáveis z e R , que indicam respectivamente a distância na qual se queira determinar o valor do campo magnético sobre o eixo da espira e o raio da espira.

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{r^2} \left(\frac{R}{r}\right) 2\pi R \quad 19$$

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{i}{r^3} R^2 \quad 20$$

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{iR^2}{(z^2 + R^2)^{3/2}} \quad 21$$

O sentido do campo magnético B é o mesmo do momento magnético μ da bobina, sendo que o mesmo é dado pela regra da mão direita, que sempre pode ser utilizada para obtenção da direção e sentido de qualquer vetor obtido a partir de um produto vetorial.

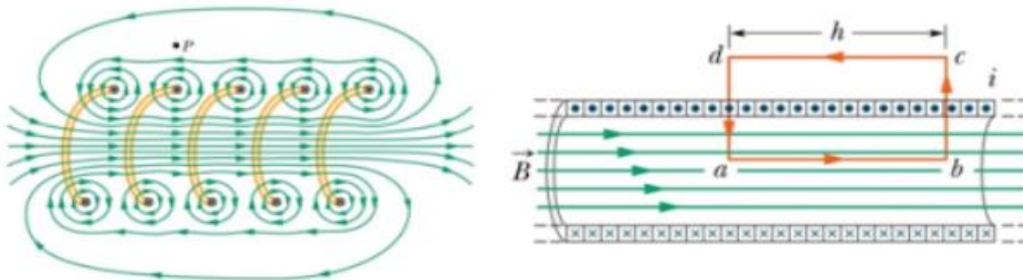
2.2.3 Campo magnético gerado no centro de um solenoide

Um solenoide ou uma bobina é definido por um enrolamento de várias espiras circulares, uma do lado da outra, podendo conter também várias camadas. Quando um solenoide de N voltas e comprimento L é percorrido por corrente elétrica i , é produzido no seu interior, um campo magnético B , conforme descreve a equação 22.

$$B = \frac{N\mu_0 i}{L} \quad 22$$

Nesse caso, a equação 22 pode ser obtida a partir da análise da Lei de Ampère que será aplicada em quatro partes – de a até b , de b até c , de c até d e de d até a - formando um caminho fechado, conforme a Figura 15.

Figura 15: Ilustração de um solenoide à esquerda. À direita, vista esquemática de um solenoide onde a corrente elétrica está saindo do plano de projeção na parte superior e entrando na parte inferior



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

Como sabemos, para utilizar a lei de Ampère, torna-se necessária a definição de um caminho fechado, preferencialmente no qual o campo magnético tenha um comportamento conhecido. No caso do Solenoide, necessitaremos reescrever a lei de Ampère conforme a equação abaixo, onde a integral de caminho fechado é substituída por quatro integrais que juntas formam um caminho fechado cujos segmentos são ligados pelos pontos a , b , c e d .

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_a^b B(ds)\cos 0 + \int_b^c B(ds)\cos 90 + \int_c^d B(ds) + \int_d^a B(ds)\cos 270 = \mu_0 N i$$

Analisando a Figura 15 combinada com a equação 23, podemos notar que na trajetória de a até b (termo azul) o campo magnético está orientado ao longo do eixo do solenoide (ao longo do segmento ab) e de acordo com a regra da mão

direita, ou seja, o ângulo entre o segmento ab e campo magnético é zero. Para o caso dos segmentos bc e da (termos vermelho e verde), os ângulos entre o campo magnético no interior do solenoide os segmentos fazem com que os cossenos se anulem respectivamente, de modo que tais termos podem ser desprezados. Para o caso do trajeto cd (termo amarelo), temos a liberdade de escolhê-lo tão distante do solenoide de modo que o valor do campo B torna-se desprezível, e, sendo assim, este termo passa a ser desprezível. Nesse cenário, podemos reescrever a equação 12 de modo a obter a equação 23.

$$\int_a^b B(ds) = \mu_0 Ni \quad 23$$

Embora a equação 23 necessite de conhecimentos cálculo diferencial e integral para ser compreendida plenamente, algumas simplificações podem ser realizadas de modo a facilitar a compreensão. Inicialmente, é necessário notar que se o solenoide for longo, o campo magnético no seu interior será constante, e, sendo assim, podemos reescrever a integrar como um somatório de pequenos elementos ds , partindo de a para b . Considerando que o comprimento L seja a distância que separa o ponto b do ponto a , e que ao longo dessa distância existam N espiras do solenoide, podemos reescrever a equação 23 de modo a obter as equações 25, 26 e 27.

$$B \sum_a^b ds = \mu_0 Ni \quad 25$$

$$BL = \mu_0 Ni \quad 26$$

$$B = \mu_0 ni \quad 27$$

Analisando a equação 26 que representa o campo magnético no interior de um solenoide longo, onde n representa o número total de espiras N dividido pelo comprimento L do solenoide, podemos notar que o campo não depende do raio do solenoide, bastando apenas que o comprimento do mesmo seja maior que o raio, sendo que quanto maior for a razão entre o comprimento e o raio, mais precisa será a determinação do campo magnético.

2.3 O ENSINO DE FÍSICA NA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CRÍTICA

O ensino de Física exige uma reflexão a respeito das formas de se trabalhar os conteúdos e das metodologias a serem utilizadas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Nesse enfoque, a utilização de atividades teórico-experimentais e de recursos tecnológicos, tais como

Simuladores, tende a ser um elemento facilitador para o ensino de Física, uma vez que podem contribuir para estabelecer uma maior articulação entre teorias, práticas, conceitos, leis e linguagens. Por esse motivo, é muito importante que os docentes percebam a relevância de se utilizar diferentes recursos e ferramentas de ensino e de avaliação, além das já tradicionais listas de exercícios, a fim de tornar as aulas mais dinâmicas e relacionadas também com o cotidiano.

Considerando esses aspectos, tomamos como concepção de educação e de método de ensino-aprendizagem a Pedagogia Histórico-Crítica, a qual, segundo SAVIANI (2008, p.18),

[...] busca fundamentos no materialismo histórico e dialético, compreendendo a história a partir do seu desenvolvimento material, da determinação das condições materiais da existência humana, e assim, compreende a educação no seu desenvolvimento histórico objetivo e a possibilidade de se articular uma proposta pedagógica cujo ponto de referência, cujo compromisso, seja a transformação da sociedade na direção da construção da sociedade socialista, baseada nos ideais de liberdade, igualdade, fraternidade e justiça ótica do materialismo histórico. (SAVIANI, 2008, p.18).

A pedagogia Histórico-Crítica foi preconizada no Brasil principalmente por Dermeval Saviani, segundo o qual (...) “a expressão pedagogia histórico-crítica é o empenho em compreender a questão educacional com base no desenvolvimento histórico objetivo”. (SAVIANI, 2008, p.88).

A Pedagogia Histórico-Crítica parte da conjectura que o sujeito se institui através das relações sociais que são postas de acordo com o contexto social no qual ele (sujeito) está inserido. Para ela, a educação é uma forma de acesso à cultura intelectual, desenvolvida de forma sistemática e intencional, no qual o acesso ao saber sistemático permite a participação na sociedade. De acordo com Saviani:

(...) a educação é, sim determinada pela sociedade, mas que essa determinação é relativa e na forma da ação recíproca, o que significa que o determinado reage sobre o determinante. Consequentemente, a educação também interfere sobre a sociedade, podendo contribuir para sua própria transformação. (SAVIANI, 2008, p.93).

Para a Pedagogia Histórico-Crítica, o papel da educação escolar é o de possibilitar aos indivíduos o conhecimento sistematizado, conhecimento formal,

ou seja, a cultura letrada, como afirma o autor: “a escola tem o papel de possibilitar o acesso das novas gerações ao mundo do saber sistematizado, do saber metódico, científico” (SAVIANI, 2009, p.89). Nesse processo educacional, o professor possui um papel muito importante na formação da consciência crítica dos alunos perante a sociedade. Na verdade, o professor torna-se fundamental, uma vez que se configura-se como o mediador entre o conhecimento científico e o estudante, ou seja, é o professor quem fará a mediação do processo de ensino-aprendizagem, proporcionando ao estudante a passagem do senso comum ao conhecimento científico.

Em sua obra intitulada “Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica”, Gasparin (2007) defende o trabalho pedagógico por meio do método dialético prática-teoria-prática. Segundo esse autor, essa metodologia dialética do conhecimento

[...] perpassa todo o trabalho docente-discente, estruturando e desenvolvendo o processo de construção do conhecimento escolar, tanto no que se refere à nova forma do professor estudar e preparar os conteúdos e elaborar e executar seu projeto de ensino, como às respectivas ações dos alunos. A nova metodologia de ensino-aprendizagem expressa a totalidade do processo pedagógico, dando-lhe centro e direção na construção e reconstrução do conhecimento. Ela dá unidade a todos os elementos que compõem o processo educativo escolar. (GASPARIN, 2007, p.5).

Gasparin (2008) traz uma alternativa de ação docente na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica, explicando cada um de seus cinco passos: prática social inicial, problematização, instrumentalização, catarse e prática social final.

O primeiro, denominada prática social inicial, se refere a uma mobilização do aluno para a construção do conhecimento escolar, ou seja, a prática social, sendo comum ao professor e aos alunos, pois é através do conhecimento cotidiano que o aluno traz para escola que o professor, sendo o mediador, conseguirá levá-lo ao saber sistematizado. De acordo com o autor:

O interesse do professor por aquilo que os alunos já conhecem é uma ocupação prévia sobre o tema que será desenvolvido(...), isso possibilita ao professor desenvolver um trabalho pedagógico mais adequado, a fim de que os educandos, nas fases posteriores do processo, apropriem-se de um conhecimento significativo para suas vidas. (GASPARIN, 2008, p.16).

O segundo passo refere-se à problematização, onde o professor deverá perceber e analisar quais as questões que apresentam a necessidade de ser resolvidas no âmbito da prática social inicial. De acordo com Gasparin (2007), esse passo é fundamental para o encaminhamento de todo o processo docente-discente. Segundo o autor:

A problematização é um elemento chave na transição entre a prática e a teoria, isto é, entre o fazer cotidiano e a cultura elaborada. É o momento em que se inicia o trabalho com o conteúdo sistematizado. (GASPARIN, 2007, p.35).

Gasparin (2007) ainda reforça que a problematização é a fase em que o professor irá identificar e discutir sobre os problemas encontrados na prática social e transformar o conteúdo em questões que são desafiadoras ao discente. Assim, professores e alunos devem dialogar sobre a realidade; não uma realidade individual, específica, mas sim sobre a realidade social, da totalidade histórica, para que essa possa ser posteriormente “iluminada”, repensada e analisada com base na teoria.

No terceiro passo, tem-se a instrumentalização. De acordo com Gasparin (2009), nesse momento o conteúdo é posto à disposição dos alunos para que o internalizem por meio do ensino. Nesse momento ocorre a aprendizagem. Trata-se do momento de apreensão dos instrumentos teóricos e práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social e que foram considerados fundamentais na fase da problematização, considerada a ação didático-pedagógica para a aprendizagem. Nela, o autor afirma ainda:

Os sujeitos aprendentes e o objeto da sua aprendizagem são postos em recíproca relação através da mediação do professor. É uma relação triádica, marcada pelas determinações sociais e individuais que caracterizam os alunos, o professor e o conteúdo. (GASPARIN, 2007, p.51).

Nesse momento, os conceitos científicos se estruturam e o aluno internaliza os conhecimentos científicos, deixando, então, o conhecimento cotidiano para trás, tendo condição de responder e participar dos problemas levantados em sala de aula. Portanto, o professor poderá trabalhar o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico possibilitando que os alunos incorporem esses conhecimentos a partir dos quais eles poderão enfrentar e responder aos problemas levantados em sala de aula.

O próximo passo é a catarse, que o autor justifica como “a síntese do cotidiano e do científico, do teórico e do prático a que o educando chegou, marcando sua nova posição em relação ao conteúdo e à forma de sua construção social e sua reconstrução na escola” (GASPARIN, 2007, p.128). Trata-se da compreensão da realidade não mais de uma maneira empírica, de senso comum, espontânea, mas científica e elaborada. Esse é o momento em que há o efetivo confronto entre aquilo que o aluno sabia, ou seja, seu conhecimento do cotidiano, e o que aprendeu enquanto conhecimento científico pela mediação do educador no processo de ensino-aprendizagem.

O último passo consiste no retorno a prática social. Esse retorno tem uma finalidade específica: transformar a prática. De acordo com Gasparin (2007), neste momento “... o educando pode se posicionar de maneira diferente em relação à prática, pois modificou sua maneira de entendê-la. [...] Seu pensar e agir pode passar a ter uma perspectiva transformadora da realidade” (GASPARIN, 2007, p.8).

Esse passo é muito importante, pois é onde o aluno deverá ter percebido a importância do que se aprendeu, não apenas para prestar um concurso de vestibular, mas algo que aparente-se como útil e que tenha significado em sua vida.

Isso significa que o retorno à prática é necessário não como um simples retorno, mas um retorno transformado pela teorização. Trata-se, portanto, da busca pela superação da prática a partir de uma comprovação teórica. Para Gasparin (2007),

A prática social final é a nova maneira de compreender a realidade e de posicionar-se nela, não apenas em relação ao fenômeno, mas a essência do real, do concreto. É a manifestação da nova postura prática, da nova atitude, da nova visão do conteúdo no cotidiano. É ao mesmo tempo, o momento da ação consciente, na perspectiva da transformação social, retornando à Prática social, agora modificada pela aprendizagem. (GASPARIN, 2007, p.147).

Foi utilizando-se dos conceitos e princípios da Pedagogia Histórico-Crítica que desenvolvemos o atual trabalho, onde realizamos um Plano de Unidade e uma Unidade de conteúdo sobre campo magnético, levando em conta que esse conteúdo quase nunca é trabalho nas escolas que fazem parte do núcleo regional de Assis Chateaubriand, PR.

Também, em nosso trabalho, considerou-se a importância do professor como mediador, pois para a Pedagogia Histórico-Crítica o educador tem o papel de mediador, com o intuito de construir um processo de aprendizagem dos alunos numa perspectiva crítica e revolucionária, de forma a propiciar a compreensão das relações sociais existentes e tendo em vista a transformação da sociedade.

3. MÉTODO E PROCEDIMENTOS

O objetivo de nossa pesquisa foi o de elaborar, desenvolver e avaliar um material paradidático sobre campo magnético, especificamente sobre o conteúdo de geração e determinação envolvendo diferentes geometrias para a corrente elétrica, conteúdo comumente desenvolvido em turmas do terceiro ano do Ensino Médio na disciplina de Física.

Com base no referencial teórico-metodológico adotado, elaboramos uma proposta didática para o ensino de campo magnético, contemplando o desenvolvimento de seus aspectos teóricos e práticos, bem como desenvolver e avaliar a proposta em uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular e de uma escola pública, tendo em vista a análise do processo educativo como fenômeno concreto, bem como a análise da aprendizagem dos sujeitos envolvidos nesse processo.

Dessa forma, considerando esses objetivos, optamos por desenvolver uma pesquisa de abordagem qualitativa, por essa permitir uma investigação contextualizada e aprofundada do campo de estudo, bem como a construção e análise dos dados obtidos (LÜDKE; ANDRÉ, 2014). De acordo com Bogdan e Biklen (1994), *apud* Deimling (2014),

Um aspecto significativo da pesquisa qualitativa é o seu caráter descritivo-analítico. Neste tipo de pesquisa, todas as informações retiradas do estudo mostram-se com um rico potencial de fornecimento de dados, que vão além de dados estatísticos. Para estes autores, na pesquisa qualitativa os dados não são construídos para confrontar uma hipótese pré-estabelecida, mas sim para construir um cenário. Dessa forma, a direção tomada para a análise e a organização dos dados aparece após a sua construção e após ter-se dispensado certo tempo com esses dados, estudando-se o que pode ser extraído do mesmo para a caracterização do fenômeno em estudo e do contexto ao qual se encontra. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, *apud* DEIMLING, 2014, p. 118).

Essa abordagem vai ao encontro de nossos objetivos uma vez que, para além da simples coleta de dados, buscamos construí-los a partir da intervenção direta da pesquisadora com os ambientes e os sujeitos envolvidos. Por esse motivo, denominaremos este estudo de pesquisa-intervenção.

Para tanto, tomaremos como referencial teórico-metodológico os princípios e pressupostos que fundamentam a Pedagogia Histórico-Crítica e sua didática (SAVIANI, 2009; 2008; GASPARIN, 2009), a qual, entre tantos outros

aspectos, defende a relação dialética entre conhecimentos científicos e cotidianos e o papel da prática social como ponto de partida e de chegada da ação educativa, tendo em vista sua problematização em diferentes dimensões. A partir desse referencial teórico, buscaremos discutir o conteúdo a partir de questões relacionadas a fenômenos físicos presentes no cotidiano, os quais, frequentemente, não são articulados ao conhecimento teórico, científico e, na maioria dos casos, abstrato das teorias utilizadas na disciplina de Física.

Esse é o caso, por exemplo, do conteúdo de campo magnético - foco deste trabalho - o qual, além de muitos pré-requisitos matemáticos, exige a compreensão de elementos que não são visivelmente perceptíveis ou palpáveis em nosso dia a dia, tais como momentos magnéticos, ordenamento magnético da matéria, carga elétrica, condução elétrica e diferença de potencial, os quais, porém, se encontram presentes em muitos dos fenômenos cotidianos.

3.1 PROCEDIMENTO DE CONTRUÇÃO DOS DADOS

O estudo foi realizado em diferentes etapas. A primeira se configurou na revisão bibliográfica, na qual construímos nosso referencial teórico-metodológico - norteador do estudo. Nessa etapa, também objetivou-se o aprofundamento teórico sobre o tema, bem como a possível redefinição dos objetivos de nosso estudo. Durante o desenvolvimento dessa etapa, muitas obras foram lidas e exploradas, com o intuito de aprimorarmos nosso conhecimento e obtermos dados que nos dessem suporte na construção e aplicação do produto, bem como do objeto de estudo e em sua análise.

A segunda etapa configurou-se na coleta de dados, a qual visou à análise minuciosa das fontes que poderiam servir de suporte para a investigação projetada. Para alcançarmos os objetivos propostos, desenvolvemos, primeiramente, um Plano de Unidade, ponto de partida de nosso trabalho de intervenção. Nele, apresentamos a organização do conteúdo que foi trabalhado, tendo como base os cinco momentos pedagógicos propostos pela Pedagogia Histórico-Crítica (método dialético de ensino). Neste Plano de Unidade, buscamos apresentar uma alternativa diferenciada para o desenvolvimento do conteúdo de campo magnético em sala de aula, tendo em vista sua sistematização, problematização e contextualização em seus aspectos teóricos e práticos e em sua relação com a prática social mais ampla. Anexas ao Plano

de Unidade foram apresentadas as atividades experimentais propostas, seguidas de um tutorial de montagem e aplicação.

Este Plano de Unidade foi a base para a elaboração da Unidade de Conteúdo, a qual contemplará todo o conteúdo teórico-prático (incluindo as atividades experimentais) e os recursos necessários para o trabalho com o tema em sala de aula. Neste trabalho, o Plano de Unidade e a Unidade de Conteúdo serão nosso produto educacional.

Juntamente com o Plano de Unidade foi elaborado, em parceria com um estudante do curso de cientista da computação, um Simulador de campo magnético. Por meio dele foi possível obter o vetor de campo magnético e de força magnética, bem como verificar o valor das componentes do vetor, possibilitando que o usuário identificasse a resposta numérica encontrada para o cenário observado. Este simulador foi utilizado como recurso tecnológico ao longo da intervenção e está disponível no *link*:

< <https://lohmandouglas.github.io/magneto/#pt>>.

De posse desses recursos (Plano de Unidade, Unidade de Conteúdo e Simulador), iniciamos o segundo momento da construção dos dados: a intervenção. No momento da intervenção, tanto o Plano de Unidade quanto a Unidade de Conteúdo sofreram algumas modificações ou adequações, dadas as diferentes realidades nas quais foram desenvolvidos e o caráter flexível e não estático do planejamento.

Considerando os objetivos da pesquisa, buscamos desenvolver a intervenção em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio de suas escolas: uma da rede pública e uma da rede particular, tendo em vista conhecer diferentes contextos formativos, pois como afirma Saviani (2009) em seu livro “Escola e Democracia”, a Pedagogia Histórico-Crítica pode ser o ponto de partida e de chegada para uma prática social igualitária. Pode-se optar por uma teoria que trabalhe dialeticamente a prática pela teoria e a teoria pela prática, valorizando o ensino sistematizado e o conteúdo historicamente acumulado.

Nesse intuito, trabalhamos com escolas de realidades diferentes, buscando comprovar que não importa a realidade na qual o professor trabalha, mas a sim a postura que o professor poderá tomar ao ensinar determinado conteúdo.

Antes, todavia, apresentamos à gestão escolar, professores e estudantes os objetivos de nosso estudo e solicitamos a eles a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Somente após a assinatura desse termo

pelos envolvidos iniciamos a intervenção, a qual foi realizada no 4º bimestre letivo - mês de novembro de 2017².

Para a intervenção, utilizamos a organização e as atividades propostas pelo Plano de Unidade e pela Unidade de Conteúdo. Ao longo de todo o processo, avaliamos a aprendizagem dos estudantes, a atuação da professora-pesquisadora e os produtos educacionais propostos, tendo em vista suas possíveis reorientações, modificações ou adequações para o processo de ensino-aprendizagem. Foram também elaborados questionários abertos (inicial e final) aos estudantes, a fim de que pudéssemos compreender seus conhecimentos prévios e, no final, após a problematização e discussão do conteúdo em suas diferentes dimensões e em seus aspectos teóricos e práticos, os conhecimentos científicos adquiridos por eles por meio da mediação educativa.

3.2 OS DIFERENTES CONTEXTOS DE ESTUDO – PERFIL DAS ESCOLAS E DAS TURMAS

A intervenção foi realizada com duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio (ambas do período matutino), sendo uma turma de uma escola da rede pública e outra da rede particular, ambas pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Assis Chateaubriand, localizado na região oeste do Estado do Paraná³.

A opção por desenvolver um estudo em escolas diferentes (de rede pública e particular) se deu pela necessidade de se conhecer e vivenciar diferentes contextos formativos. De acordo com Saviani (2009), devemos partir do princípio de que todos devem ser incluídos socialmente e a aprendizagem deve fugir aos padrões excludentes e seletivos do sistema de ensino brasileiro.

A escola da rede pública na qual a intervenção foi desenvolvida oferece os ensinos Fundamental e Médio. As instalações da escola apresenta boa estrutura física: conta com aparelhos condicionadores de ar em todas as salas de aula, Laboratório de Ciências, quadras cobertas, salas de artes, sala de vídeo. Dispõe

² Esta atividade foi desenvolvida no 4º bimestre porque esse conteúdo é, na maioria dos casos, abordado no final do ano letivo.

³ A escolha por essas escolas se deu pelo fato de a pesquisadora ser professora efetiva de Física nessas instituições.

ainda de alguns projetores multimídia para uso dos professores e com televisores com conexão USB (*Universal Serial Bus*) em todas as salas.

Nessa escola, o ensino fundamental nas séries finais é ofertado nos períodos matutino e vespertino, enquanto que o Ensino Médio é ofertado nos períodos matutino e noturno. No ano de 2017, foi implantado na escola o Ensino Integral, que funciona nos períodos matutino e vespertino. Trata-se de uma das escolas pioneiras a ofertar Educação Integral dentre as escolas do Núcleo Regional de Educação de Assis Chateaubriand, atendendo cerca de 750 alunos.

De acordo com a diretora e a equipe administrativa dessa escola, cerca de 45% dos alunos do período matutino são moradores zona rural do município (cerca de 15 km de distância), necessitando, dessa forma, de transporte escolar para se locomover até a escola, o qual frequentemente é limitado em dias chuvosos, resultando em um aumento de faltas desses estudantes.

Os alunos do período vespertino moram em sua maioria na zona urbana. Os que estudam no período noturno são residentes da zona rural e urbana, sendo em sua maioria trabalhadores que necessitam se matricular nesse período para conciliar trabalho e estudos.

Nessa escola, desenvolvemos a intervenção em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio do período matutino. Essa turma possui 36 alunos matriculados, mas somente 27 estão frequentando as aulas regularmente - os demais evadiram-se ou foram remanejados para o período noturno. A faixa etária de idade está entre os 16 a 18 anos. Mais da metade dos alunos dessa turma mora na zona rural. A maioria da turma exerce trabalho remunerado, seja ajudando seus pais nos ofícios vinculados à fonte de renda da família, seja trabalhando em empresas da região por intermédio do programa Jovem Aprendiz⁴. As aulas de Física aconteceram nas segundas-feiras, 5^o aula (11:10 h – 12 h) e sextas-feiras, 1^o aula (7:35 h – 8:25 h) totalizando 2 horas/aulas semanais.

Já na escola da rede particular de ensino são ofertados Ensino Fundamental (inicial e final) e Ensino Médio. Trata-se de uma pequena escola que conta com uma boa estrutura física e material, sendo o prédio e todo o espaço pertencentes a essa escola patrimônio de uma mantenedora com 13 integrantes.

⁴ Um programa destinado à adolescente ou jovem entre 14 e 24 anos que esteja matriculado e frequentando a escola. Caso não tenha concluído o ensino médio, é inscrito em programa de aprendizagem.

Essa última escola dispõe de salas que possuem aparelhos de ar condicionado e projetores multimídia. A escola possui também uma quadra coberta e um Laboratório de Ciências.

A instituição oferta apenas um turno: matutino, onde se tem uma turma de cada série dos Fundamentais e Médios. Segundo dados obtidos em contato com a direção da escola, aproximadamente 20% dos alunos são filhos de agricultores, o que representa um percentual muito baixo, tendo em vista as atividades agrícolas desenvolvidas no município. A família dos alunos apresenta poder aquisitivo acima da média do município.

Nessa escola, tem-se em média 400 alunos matriculados. Desses, a maioria vai à escola a pé ou com ônibus escolar – o qual é disponibilizado pela prefeitura. Assim, desenvolvemos nessa instituição particular a intervenção também em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, composta por 15 estudantes. Nessa turma, 3 alunos trabalham em empresas como jovem aprendiz. As aulas de Física são desenvolvidas as segundas-feiras, na 2ª e 3ª aulas (8:15 h – 9:45 h) e as quartas-feiras, na 4ª aula (10:00 h – 10:45 h), totalizando 3 horas-aula semanais.

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

De posse dos dados, partimos para a terceira etapa da pesquisa: a análise e interpretação dos dados. De acordo com Lüdke e André (2014), no momento da análise dos dados o pesquisador deve rever suas ideias iniciais, repensá-las, reavaliá-las e reestruturá-las, a fim de que novas ideias possam surgir nesse processo.

Na pesquisa qualitativa, a análise dos dados ocorre ao longo de todo o processo. Todavia, ao final, quando todas as etapas da pesquisa foram concluídas, foi possível organizar os dados de modo a dar-lhes coerência e interpretação, com base no referencial teórico que norteou o estudo. Essa etapa compreendeu a articulação entre o referencial teórico do estudo e os instrumentos que foram utilizados durante todo o processo da pesquisa-intervenção, dentre eles: observação, gravações de voz, relatos das aulas e questionários, entre outros.

Para a análise, discussão e interpretação dos dados, realizamos inicialmente a transcrição dos dados orais, obtidos por meio das gravações de áudio de todas as aulas com o auxílio de um gravador de áudio. Para tanto, foi necessário escutar e reescutar alguns trechos gravados para podermos descrever todas as expressões verbais dos alunos. Todo esse processo de transcrição foi importante no desenvolvimento da pesquisa e nos auxiliou na interpretação dos questionamentos e comentários dos estudantes.

Feita a transcrição dos áudios, partimos para a leitura e releitura minuciosa do material e dos documentos disponíveis para a análise dos dados, a fim de que, a partir da triangulação dessas fontes, fosse possível construir um conjunto de categorias de análise, tendo como base os objetivos da pesquisa e o referencial teórico que norteia o estudo.

Defendida amplamente na pesquisa qualitativa, a triangulação dos dados permite que os mesmos sejam válidos. Com base em uma analogia, na qual múltiplas leituras são tomadas para aumentar a precisão das respostas obtidas, a triangulação na análise envolve a comparação dos dados obtidos por meio de diferentes fontes (LÜDKE; ANDRÉ, 2014).

Os dados obtidos por meio das diferentes fontes foram organizados em três categorias de análise, descritas no Quadro 1:

Quadro 1: Articulação entre os objetivos específicos da intervenção, os instrumentos de construção dos dados e as categorias de análise

CATEGORIA DE ANÁLISE 1	
Objetivos específicos	<p>Introduzir uma discussão problematizadora e crítica sobre magnetismo, campo magnético de um fio retilíneo, espira circular e de uma bobina, através de um questionário inicial, para que o mesmo nos auxilie a conhecer os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Explicar a interação dos ímãs com outros materiais, enfatizando sua estrutura atômica e a organização interna dos momentos magnéticos; * Discutir o conceito de domínio magnético e as definições de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos; * Discutir brevemente a história do eletromagnetismo; * Discutir sobre a relação entre eletricidade e magnetismo;

Instrumentos de construção dos dados	<ul style="list-style-type: none"> *Questionário inicial; *Discussão oral; *Gravações de áudio; *Observações e anotações; *Textos de reportagens; *Experiência em laboratório para mostrar o comportamento de ímãs; *Exposição oral e dialogada do professor utilizando recursos como tiras de charge, vídeos e listas de exercícios.
Categoria de análise	Partindo da prática social inicial: magnetismo e eletromagnetismo.
CATEGORIA DE ANÁLISE 2	
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> * Oferecer condições de aprendizagem para o aluno compreender campo magnético; * Permitir que os estudantes adquiram uma noção sobre o campo magnético produzido por um ímã e como ele se distribui no espaço; * Discutir as representações geométricas dos campos magnéticos; *Analisar e compreender a relação entre o campo magnético e as correntes elétricas que o originam; * Desenvolver conhecimentos sobre a aplicação do magnetismo na medicina; * Estudar a importância do campo magnético no dia a dia do aluno.
Instrumentos de construção dos dados	<ul style="list-style-type: none"> *Vídeos; *Jogo; *Simulador; *Aplicativo: Gauss Meter; * Kits de experimento: bobinas; * Experimentos de Oersted: Corrente elétrica gera campo magnético; Linhas de Campo; * A Determinação do campo magnético; * Discussão oral; * Gravações de áudio; * Lista de exercícios; * Observações e anotações.
Categoria de análise	Problematizando a prática social e instrumentalizando os estudantes com os conteúdos culturais: campo magnético e campo magnético de um condutor retilíneo, de uma espira circular e de um solenoide.
CATEGORIA DE ANÁLISE 3	

Objetivo Específico	Trabalhar com os alunos um questionário final, ou seja, fazer uma nova retomada do questionário inicial, com o intuito de saber o quanto o aluno conseguiu se apropriar do conteúdo científico por meio de todo o trabalho realizado durante o desenvolvimento do produto.
Instrumentos de construção dos dados	* Questionário final; * Gravação de áudio; * Discussão oral; * Observações e anotações.
Categoria de análise	Retornando a prática social a importância do conteúdo para a compreensão e transformação da realidade.

Fonte: Adaptado de Deimling (2014).

É importante ressaltar que somente participaram do estudo as escolas e os estudantes que assinaram o “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”, consentindo sua participação. Todas as informações obtidas foram utilizadas exclusivamente para os fins da pesquisa, sendo o sigilo dos envolvidos respeitado.

Para assegurar o sigilo dos participantes e das escolas e diferenciar seus relatos, foram utilizadas siglas. Assim, ao final de cada relato é apresentada entre parênteses a sigla que corresponde ao sujeito da pesquisa (A para aluno) seguida de um número que indica o aluno correspondente e da sigla correspondente à escola (Pu - para a escola da rede pública, Pa - para a escola de rede particular). Com esses cuidados, firmamos nosso compromisso institucional e ético com o conhecimento científico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que haja uma efetiva qualidade educacional – em termos reais, e não apenas formais - são necessárias condições objetivas e subjetivas que garantam a socialização da cultura a todos, indistintamente. Tais condições referem-se à políticas amplas e globais que indiquem não apenas os caminhos mas, na mesma intensidade, as condições efetivas para que esses caminhos sejam percorridos e para que as finalidades educacionais sejam alcançadas. É importante, também, que essas finalidades educacionais estejam articuladas com a efetiva democratização da educação.

Diferentes variáveis – macro e micro - podem interferir no sucesso ou no fracasso do processo de ensino-aprendizagem nas escolas. Sem deixar de considerar a importância de todas essas variáveis, um dos fatores que influenciam nesse processo se refere ao método utilizado em sala de aula, o qual, por sua vez, também é influenciado por questões de ordem mais ampla que extrapolam os limites da prática docente. Segundo Gasparin e Petenucci (2012), a prática docente tem sido pautada em uma superficialidade do conhecimento sobre os fundamentos da educação, o que pode trazer sérios prejuízos aos métodos utilizados pelos professores nas escolas.

Sabemos que os métodos e as estratégias didático-pedagógicas, articulados as demais condições necessárias para o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, bem como à formação e concepções docentes, podem favorecer o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes nas escolas de educação regular. Todavia, não podemos reduzir o método de ensino apenas aos recursos ou estratégias de ensino. Como sabemos, método se refere não apenas aos meios, mas também aos caminhos e finalidades educacionais.

Partimos do pressuposto de que uma educação articulada com a democratização tem a ver com os objetivos que se buscam alcançar com essa educação e com a natureza do processo que envolve essa busca. Afinal, são os fins que se buscam que acabam por determinar a forma de se utilizarem os recursos disponíveis para tal. Por esse motivo, o método não pode referir-se apenas aos recursos e estratégias de ensino, mas, também e principalmente, aos objetivos de uma educação verdadeiramente democrática.

Considerando esses aspectos, é preciso que as técnicas, os recursos, os métodos e os meios utilizados no processo de ensino-aprendizagem estejam adequados a tais objetivos. Concordamos com Paro (2012) quando esse afirma que a educação democrática tem a ver mais com a mudança de concepção e de objetivos do que com a mudança de recursos e técnicas de ensino.

Por esse motivo, partimos para a elaboração, desenvolvimento e avaliação dessa pesquisa-intervenção de um método dialético de ensino, o qual tem como ponto de partida e de chegada a prática social dos homens historicamente situados. Trata-se do método proposto pela Pedagogia Histórico-Crítica, uma teoria criada dentro da realidade educacional brasileira e que visa à superação de suas limitações por meio de uma concepção democrática de educação, o que pressupõe, por sua vez, condições de igualdade entre os diferentes agentes sociais.

Segundo Saviani (2008, 2009), criador dessa teoria, o processo educativo corresponde à passagem da desigualdade para a igualdade. Considerando que vivemos em uma sociedade de classes na qual a minoria possui privilégios sobre a maioria, a democracia torna-se possibilidade no ponto de partida, devendo ser realidade no ponto de chegada. Por isso, a necessidade de que no âmbito educacional os meios – recursos, estratégias – sejam diferenciados, tendo em vista atender as necessidades e superar as desigualdades, mas que os objetivos educacionais a serem alcançados sejam comuns a todos, indistintamente.

Foi partindo desses princípios que elaboramos nosso produto educacional – Plano de Unidade e Unidade de Conteúdo -, tendo em vista alcançar essa tão almejada e necessária democracia também dentro de sala de aula. Este produto foi desenvolvido e avaliado com alunos do terceiro ano do Ensino Médio e teve como foco o conteúdo campo magnético. A intervenção, em cada turma totalizou 9 horas/aula (apesar de ter sido planejada para 8 horas/aula). Mesmo diante da necessidade de utilização de recursos e estratégias de ensino diferenciadas, buscamos desenvolver as atividades igualmente nas duas turmas, almejando alcançar em ambas os objetivos educacionais traçados.

Tendo em vista uma melhor organização dos dados construídos, apresetamos a seguir os principais achados do estudo em três categorias de análise, tendo como base de análise o referencial teórico norteador do trabalho.

Considerando que a intervenção foi realizada apenas no último bimestre do ano letivo de 2017 – especificamente no mês de novembro⁵.

4.1 PARTINDO DA PRÁTICA SOCIAL INICIAL: MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO

Um bom planejamento de aula deve ter previsto o diagnóstico sobre o que o aluno sabe ou o quanto sabe sobre o assunto a ser trabalhado. Trata-se de partir do que é denominado pela Pedagogia Histórico-Crítica de prática social inicial, momento muito importante onde se pode e deve trazer para sala de aula todas as vivências e experiências do aluno em relação ao que se irá trabalhar. Segundo Gasparin (2007), é nesse momento que o professor desafia os alunos a mostrarem seus conhecimentos prévios em relação ao tema que será estudado, tendo em vista mostrar a relação do conteúdo com a realidade social do educando. Para o autor,

O primeiro passo do método caracteriza-se por uma preparação, uma mobilização do aluno para a construção do conhecimento escolar. É uma primeira leitura da realidade, um contato inicial com o tema a ser estudado. [...] Uma das formas para motivar os alunos é conhecer sua prática social imediata a respeito do conteúdo curricular proposto. (GASPARIN, 2007, p.15).

Partindo desse momento pedagógico, iniciamos nossa intervenção com um diagnóstico sobre o que os alunos sabiam sobre magnetismo e eletromagnetismo. Para tanto, entregamos a eles um questionário inicial, com o intuito de identificarmos o que traziam consigo de senso comum, de seu dia a dia em relação ao conteúdo.

No Plano de Unidade, levantamos algumas hipóteses sobre o que os estudantes poderiam apresentar em termos de conhecimento prévio relacionado às suas vivências cotidianas, o que nos possibilitou vislumbrar o caminho necessário para o alcance dos objetivos traçados. Tais hipóteses foram corroboradas pelas respostas dos estudantes ao questionário.

⁵ Devido ao fato de o conteúdo de campo magnético ser abordado apenas no último bimestre letivo no planejamento das escolas, sendo um dos últimos tópicos de conteúdo do ano letivo na disciplina de Física.

Primeiramente, o questionário envolvendo 11 questões abertas foi respondido por escrito pelos estudantes. Em seguida, o mesmo foi recolhido e as mesmas questões nele propostas foram discutidas oralmente, tendo em vista possibilitar diálogo e debate entre os estudantes e a professora-pesquisadora. A partir dessa discussão oral, foi possível observar uma maior e melhor participação dos estudantes no processo de diagnóstico de seus conhecimentos prévios sobre o tema.

A partir desse momento, iniciamos a discussão sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema, apresentados no questionário escrito e na discussão oral.

Na primeira questão, os alunos foram solicitados a explicar o que entendiam por magnetismo, justificando sua resposta. A partir dos dados objetivos, podemos observar que nas duas escolas as respostas foram parecidas: na escola pública (Pu), 9 alunos responderam “não sei” e na escola particular (Pa), 6 alunos responderam “não sei”. Algumas das justificativas apresentadas podem ser observados nos excertos que se seguem:

Algo que pode ser usado com imãs (A01 - Pu).

Que é relacionada a elétrica, envolve o magnetismo do ímã(A02-Pu).

Força elétrica presente em imãs (A03 - Pu).

Experimento da moeda, experimento da bexiga eletrizada (A04 - Pu).

Atração de duas forças de mesma intensidade nos polos (A05 - Pu).

É o estudo dos imãs e campos magnéticos (A06 – Pa).

É um ramo da física que um corpo atrai o outro devido a energia que a nele (A07 – Pa).

São ondas eletromagnéticas que atraem objetos magnetizados (A07 - Pa).

A partir dos excertos apresentados, podemos observar que os alunos tiveram dificuldades em responder essa questão, apresentando respostas inadequadas, superficiais e demonstrando pouco conhecimento em relação ao assunto.

A segunda questão - “qual a relação você faz entre o magnetismo e o átomo?” -, 19 alunos deixaram em branco ou responderam “não sei”, e os que justificaram mostraram não ter conhecimento sobre o assunto, como se pode observar em algumas respostas:

O átomo estabelece q relação entre os polos norte e sul (A06 - Pa).

Elétrons (A17 – Pu).

É usado no micro-ondas para esquentar as coisas, e em outras as coisas, e em outras diversas coisas como transmissão de satélites para antenas (A9 - Pa).

Pois quando os átomos são agitados são eletrizados e isso causa a atração (A12 - Pu).

A relação do eletromagnetismo com o átomo é que possui polos positivos e negativos e um núcleo (A13-Pu).

Os átomos podem ser controlados pelo magnetismo (A25-Pu).

O átomo é a mesma partícula que tem elétrons, prótons e nêutrons (A02-Pa).

A partir dos excertos, é possível observar que a maioria dos estudantes explicou a relação entre magnetismo e átomo a partir de conhecimentos de senso comum. Para muitos deles, magnetismo e eletricidade são dois termos totalmente desconexos e a maioria não conseguiu associar que o átomo ou o movimento dos elétrons de forma ordenada pode gerar campo magnético.

Na terceira questão, os alunos foram solicitados a explicar quais são as fases do ímã. Nela, 22 alunos responderam “não sei”, e os demais fizeram relações equivocadas quanto às propriedades dos ímãs:

Os polos negativos e positivos (A20 - Pu).

Possui polos que atrai uma coisa na outra (A15 - Pa).

Polo norte e sul (A06-Pa).

Cargas positivas (A17-Pu).

Atração e repulsão (A09-Pa).

São os fios que temos em casa, como o de energia (A31-Pu).

Magnetizar metais como ferro (A25-Pu).

A partir dos excertos, podemos observar que os estudantes tiveram grande dificuldade em justificar a questão, confundindo em alguns casos campo magnético e campo elétrico, bem como cargas elétricas e os polos de um ímã. Isso é compreensível nesse momento, pois, uma vez que os alunos já estudaram o conteúdo de campo elétrico e aprenderam que cargas iguais se repelem e cargas de sinais opostos se atraem, torna-se quase que automática uma correlação direta para os ímãs, pois neles também ocorre atração e/ou repulsão, de forma que eles fizeram assimilação com campo elétrico. Cabe destacar que esse tipo de correlação não deve ser tomada uma vez que a origem do campo elétrico difere da do campo magnético.

A importância do campo magnético para o dia a dia e exemplos onde ele esteja presente no cotidiano foi o tema da quarta questão. Nela, 22 alunos responderam “não sei”. Dentre as demais respostas, podemos destacar:

Relógio (A23-Pu).

É muito presente em nossa vida, nas interações moleculares, interações em ímãs e motores elétricos (A03 - Pa).

Proteger da radiação solar (A18 - Pu).

Fios, hidrelétricas (A31 - Pu).

Por conta da gravidade, que nos faz andar (A09 - Pa).

Ímã de geladeira (A17 - Pu).

Nessa questão, esperávamos que os alunos articulassem o tema com seu cotidiano, indicando a presença de campo magnético em um ímã, em redes de alta tensão, na transmissão que ocorre em seus celulares, no motor de um carro, enfim, em várias situações e objetos de seu dia a dia, o que ocorreu de maneira sucinta.

A quinta questão solicitava que os estudantes explicassem o porquê de os ímãs se atraírem ou se repelirem. Nessa questão, 15 alunos disseram não saber a resposta, ao passo que os demais apresentaram algumas explicações:

Devido a atração do seus polos (A05-Pa).

Por conta da atração por consequência de seus polos (A08-Pa).

Os opostos se atraem (A14-Pa).

Porque os polos iguais se atraem e quando são opostos se repelem (A30-Pu).

Por causa do seu campo magnético positivo ou negativo (A01-Pa).

Como podemos observar, a maioria dos alunos associou o fato de os ímãs se atraírem ou se repelirem a seus polos iguais ou diferentes, ou, ainda, aos polos positivos e negativos de um ímã, porém errado, uma vez que possivelmente associaram esse conteúdo a campo elétrico, conforme discutido na quarta questão. Em resumo, nesta questão podemos ver que os alunos ainda não compreendem o real significado dos polos dos ímãs, que está apenas associado à entrada ou à saída de campo de um ímã.

A próxima questão, “Explique por que os ímãs são capazes de atrair alguns tipos de materiais”, 23 alunos responderam “não sei”, e os demais arriscaram alguma resposta. Todavia, mais uma vez os estudantes confundiram campo magnético com campo elétrico e os polos norte e sul de um ímã com cargas positivas e negativas:

A partir do magneto (A06 - Pa).

Com um lado positivo e outro negativo (A28-Pu).

É gerado por causa da sua força magnetica e dos polos positivo e negativo (A30-Pu).

A partir dos excertos, pudemos observar que os alunos tiveram bastante dificuldade em justificar suas respostas, possivelmente por falta de conhecimento científico sobre o assunto. Nessa questão, esperávamos que os alunos já soubessem que um ímã em repouso atrai apenas materiais ferromagnéticos; no entanto, tanto na escola particular como na pública, os alunos demonstraram não terem conhecimento sobre o assunto.

A bússola foi o tema da sétima questão, a qual solicitava aos alunos que explicassem por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte geográfico. Nessa questão, 15 alunos indicaram não saber o motivo pelo qual esse fenômeno ocorre, 2 conseguiram apresentar respostas coerentes e os demais apresentaram respostas incorretas:

Devido a atração do campo magnético da Terra (A05-Pa).

Pois é atraída pelo campo magnético da Terra (A03-Pa).

Porque é o polo norte magnético (A25-Pu).

Porque o polo norte é uma espécie de ímã(A06-Pa).

Pois no norte possui maior atração magnética (A09-Pa).

As próximas 3 questões (oito, nove e dez) abordavam os contextos históricos relacionados ao tema. São elas: “Explique como é gerado o campo magnético nos fios elétricos.”; “Você conhece a história da contribuição de Biot e Savart para a Lei de Biot-Savart? ”; “Você conhece as contribuições de Hans Christian Oersted para a história do eletromagnetismo?”. Muito estudantes responderam “não sei”, especialmente nas questões que se referiam a Biot e Savart e Hans Christian Oersted, nas quais os alunos afirmaram nunca terem ouvido falar desses teóricos. Nessas questões, foi possível observar que os estudantes não possuíam conhecimento em relação ao contexto histórico do magnetismo e do eletromagnetismo.

A aplicação econômica e social que se atribui ao magnetismo foi objeto da última questão. Apesar de o eletromagnetismo se fazer presente na vida das pessoas constantemente, os alunos não conseguiram fazer essa relação - 19 responderam “não sei” ou “não me lembro no momento”. Outros apresentaram alguns exemplos cotidianos sem, contudo, aprofundar ou explicar suas respostas:

Nos celulares, ímãs de geladeira (A08-Pa).

Nas antenas de televisão e no sol (A31-Pu).

Nos exames que faz na cabeça (A29-Pu).

De acordo com a análise das respostas do questionário (escrito e oral), pudemos perceber que, de maneira geral, os alunos demonstraram pouco conhecimento sobre magnetismo e eletromagnetismo, mas o diagnóstico desses conhecimentos prévios sobre o tema foi fundamental para que pudéssemos dar prosseguimento à elaboração do produto educacional e ao processo de intervenção.

Dando continuidade ao processo pedagógico, iniciamos a problematização do conteúdo. De acordo com Gasparin e Petenucci (2012):

A problematização consiste na explicação dos principais problemas postos pela prática social, relacionados ao conteúdo que será tratado. Este passo desenvolve-se na realização de: a) uma breve discussão sobre esses problemas em sua relação com o conteúdo científico do programa, buscando as razões pelas quais o conteúdo escolar deve ou precisa ser aprendido; b) em seguida, transforma-se esse conhecimento em questões, em perguntas problematizadoras levando em conta as dimensões científica, conceitual, cultural, histórica, social, política, ética, econômica, religiosa etc, conforme os aspectos sobre os quais se deseja abordar o tema, considerando-o sob múltiplos olhares. Essas dimensões do conteúdo são trabalhadas no próximo passo, o da instrumentalização. (GASPARIN; PETENUCCI, 2012, p.9-10).

Saviani (2008, p.15) afirma que “a problematização deve detectar que questões precisam ser resolvidas no âmbito da prática social e, em consequência, que conhecimento é necessário dominar”. Assim, durante a problematização, procuramos desafiar os estudantes em relação ao tema, mostrando o fundamento e a necessidade de se estudar este conteúdo.

No Plano de Unidade e na Unidade de Conteúdo destacamos algumas das questões problematizadoras e as dimensões que buscamos abordar com o tema – histórica, social, conceitual, econômica. Tais questões problematizadoras foram discutidas e abordadas ao longo de toda a intervenção.

4.2 PROBLEMATIZANDO A PRÁTICA SOCIAL E INSTRUMENTALIZANDO OS ESTUDANTES COM OS CONTEÚDOS CULTURAIS

Após identificarmos o conhecimento inicial que os alunos possuíam em relação ao campo magnético por meio do questionário e da discussão oral em sala de aula, iniciou-se a problematização e instrumentalização do conteúdo por meio de atividades teórico- práticas, as quais podem ser encontradas, em seu conteúdo e forma, na Unidade de Conteúdo.

Nesse momento, procuramos entrelaçar a prática social inicial ao conteúdo científico a ser estudado por meio de questionamentos. Segundo Gasparin (2009), no momento da problematização são realizados questionamentos com base nas dimensões dos conteúdos a serem trabalhadas, tendo como base a prática social inicial e os problemas que precisam ser solucionados no cotidiano. Para o autor,

A problematização é um elemento-chave na transição entre a prática e a teoria, isto é, entre o fazer cotidiano e a cultura elaborada. É o momento que se inicia o trabalho com o conteúdo sistematizado [...] é o caminho que predispõe o espírito do educando para a aprendizagem significativa, uma vez que são levantadas situações-problema que estimulam o raciocínio. (GASPARIN, 2007, p. 35).

Já a instrumentalização se refere à sistematização do saber científico, ou seja, ao caminho no qual o conteúdo sistematizado é posto à disposição dos alunos para que o internalizem, o recriem e o transformem em instrumento de construção pessoal e profissional (GASPARIN, 2007). Nesse momento, os alunos incorporam o conhecimento adquirido, podendo fazer comparação entre o conhecimento do dia a dia com o saber científico. Nesse momento, o papel do professor é muito importante, uma vez que é ele quem faz a mediação entre o saber cotidiano e o científico. Segundo Gasparin (2009),

O papel do professor, como mediador, é definir a relação e estabelecer a ligação entre os conceitos científicos e os cotidianos. Ora, a mediação somente acontece à medida que ele conhece tanto os conceitos científicos quanto os cotidianos. Desta forma, sua primeira ação consiste em apropriar-se adequadamente dos conceitos científicos. Deve, outrossim, tomar conhecimento dos conceitos cotidianos dos alunos. (GASPARIN, 2009, p.116).

Daí reside a necessidade de que o professor tome como ponto de partida os conhecimentos prévios trazidos pelos estudantes em sala de aula. Foi a partir desse diagnóstico inicial, da problematização do conteúdo tendo como base o cotidiano e a realidade social mais ampla, bem como da mediação do professor que iniciamos a terceira aula com a discussão sobre as interações existente entre ímãs.

Inicialmente, partimos de conceitos relacionados à natureza atômica da matéria, aos domínios magnéticos, as definições de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos, bem como da história do magnetismo, onde discutimos a relação entre eletricidade e magnetismo. No decorrer de duas aulas desenvolvemos ações como: exposição oral dialogada, debates sobre textos, reportagens e tiras de charge e atividades experimentais. Para tanto, foram utilizados alguns recursos, tais como: laboratório, ímã, bússola, baterias, TV multimídia ou Datashow. Durante o desenvolvimento desse tópico, discutimos o conteúdo em suas dimensões - científica, histórica, social e econômica.

Iniciamos a terceira aula com um debate sobre uma figura: um pastor com seu cajado sendo atraído pela rocha magnetita. Com ela, foram apresentados os seguintes questionamentos: O que esta imagem busca representar? Por que magnetismo? De onde deriva esse nome? Com base nessas questões, abordamos o contexto histórico do magnetismo, de Tales de Mileto à Willian Gilbert e, no decorrer dessa discussão, algumas curiosidades como, por exemplo, de onde derivou a palavra ímã. Ao longo dessa aula, algumas das questões problematizadoras propostas no Plano de Unidade foram trabalhadas- O que é um ímã? Por que ele atrai alguns tipos de metais e outros não? Quais são as propriedades de um ímã? Buscou-se abordar o conteúdo em suas diferentes dimensões - conceitual, científica, econômica e social.

Nessa aula, com a ajuda do multimídia, foi explicado aos alunos as fases de um ímã e, tendo em vista abordar o conteúdo também em sua dimensão prática, dois experimentos foram desenvolvidos. De acordo com Nardi (2014), a experimentação:

[...] vai além de “motivar” ou “cativar” o aluno. Ela é importante, entre outros aspectos, para orientar os alunos na compreensão de suas formas de explicar e interagir com os colegas visando aprimorar raciocínios e ampliar sua linguagem científica. (NARDI, 2014, p. 111).

Considerando esses aspectos, entendemos a experimentação como uma estratégia que permite não apenas a melhor compreensão do conteúdo científico, em suas diferentes dimensões, mas, igualmente, o desenvolvimento de algumas habilidades essenciais para o desenvolvimento, tais como a socialização, o trabalho colaborativo e a criatividade.

Assim, tendo em vista superar tanto a concepção ilustrativa de experimentação - empregada para demonstrar conceitos discutidos anteriormente sem muita discussão dos resultados experimentais -, bem como a concepção investigativa - empregada anteriormente à discussão conceitual, visando obter informações que subsidiem a discussão teórica sem, contudo, oferecer ao estudante a base de conteúdo anterior necessária para a compreensão, explicação e interpretação dos fenômenos -, desenvolvemos os experimentos da intervenção a partir da perspectiva problematizadora, a partir da qual, segundo Galiazzi e Gonçalves (2004), os estudantes têm a possibilidade de argumentar, refletir e discutir com os colegas e com o professor o conteúdo durante todas as etapas do experimento. Nessa atividade, o aluno passa a assumir os desafios não como ponto de chegada, mas como ponto de partida da prática investigativa.

Nessa atividade, os estudantes são questionados e desafiados a analisar a prática tendo como base o conteúdo adquirido, buscando a efetiva articulação entre teoria e prática. Trata-se, assim, de uma atividade realizada pelo professor mediador entre os alunos e o conhecimento científico e pelos alunos, agentes ativos da aprendizagem.

No primeiro experimento, buscamos com os alunos identificar as propriedades de um ímã. Primeiramente, pedimos a eles que quebrassem um ímã, aproximassem as partes quebradas e observassem o que estava ocorrendo (Figura 16). Ao longo da atividade a professora-pesquisadora buscou recapitular o que já havia sido trabalhado em aulas anteriores, a fim de que os alunos pudessem melhor compreender a atividade.

Figura 16: Alunos quebrando o ímã em várias partes



Fonte: Autoria própria (2017).

Com essa atividade, foi explicado que um ímã não é monopolo, ou seja, procuramos mostrar que ao cortamos um ímã temos novos polos norte e sul. Reforçamos que o fato de o ímã não ser monopolo deve-se aos domínios magnéticos contidos nos ímas elementares e aproveitamos também para trabalhar um pouco da dimensão histórica: expomos aos estudantes que uma das primeiras explicações dadas a esse fenômeno foi proposta por André Marie Ampere.

No segundo experimento, utilizamos ímãs e alguns metais com o intuito de que os alunos percebessem a característica dos ímãs em atrair alguns metais e outros não (Figuras 17 e 18). Durante a realização desse experimento, resgatamos os conceitos das fases do ímã (diamagneto, ferromagneto e paramagneto) e discutimos os conceitos relacionados ao magnetismo da matéria. Nesse momento, buscamos discutir e reforçar que cada elétron de um átomo possui um momento dipolar magnético orbital e um momento dipolar magnético de spin, onde a resultante dessas duas grandezas vetoriais se combinam vetorialmente com as resultantes dos outros átomos em uma amostra de um material, o que nos faz obter as fases do magnetismo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p. 356).

Por meio desse experimento fomos explicando cada fase dos ímãs, sempre buscando a participação ativa dos estudantes na análise das questões problematizadoras propostas. Nesse momento foram abordadas as seguintes questões: por que o ímã atrai o clip e o papel alumínio não? Cada material desse pertence a qual fase do ímã? O que acontece com cada fase? Em todas as etapas do experimento os alunos se mostraram bastante participativos.

Figura 17: Alunos realizando o experimento “ímãatrai ou não atraí alumínio e canudo?”



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 18: Alunos realizando experimento “ímãatrai ou não atraí clips, grampo de cabelo e moedas?”



Fonte: Autoria própria (2017).

Em seguida, a professora-pesquisadora entregou aos alunos duas charges que mostravam dois ímãs “brigando entre si”, uma vez que atraíam um

ao outro. Novamente, os alunos foram questionados sobre o motivo pelo qual ocorria uma e outra situação. A partir da discussão gerada, foi explicado aos estudantes que ao aproximarmos dois ímãs, percebemos que existem duas situações que podem ocorrer: ou eles se repelem, ou se atraem. Isso se deve a propriedade que os ímãs têm, de se atraírem ou se repelirem. Os alunos gostaram muito das atividades teórico-práticas, mostrando o entendimento do conteúdo trabalhado.

Dando continuidade à intervenção, trabalhou-se com os alunos um pequeno texto que contém uma curiosidade que envolve campo magnético. Trata-se de um tratamento que pesquisadores da Faculdade de Zootecnia de Alimentos da USP (Universidade de São Paulo) estão desenvolvendo com um equipamento que poderá ajudar na conservação de alimentos. Segundo os pesquisadores, a partir desse equipamento será possível submeter amostras de carne fresca moída a um campo magnético, o que fará com que a carne leve mais tempo para escurecer. Os alunos se mostraram muito curiosos e com interesse em compreender o conhecimento científico envolvido nesse processo. A partir de então, foi explicado aos alunos que com o tempo a carne ganha uma cor amarronzada porque o átomo de ferro presente na proteína da carne perde elétrons em contato com o ar e, quando sujeita a um campo magnético, esse processo de escurecimento é retardado (DIAS, 2017).

Nessas primeiras atividades, observamos uma grande participação e interesse de todos os alunos de ambas as turmas, o que favoreceu debates e discussões sobre o conteúdo, que foi problematizado e explicado em suas diferentes dimensões, tendo em vista sua articulação com a prática social mais ampla.

Finalizando o tópico 1, lemos junto aos alunos o texto –“Campo Magnético da Terra” (disponível na Unidade de Conteúdo). Ao longo da leitura, foram novamente levantadas algumas questões problematizadoras, agora melhor compreendidas pelos estudantes devido à instrumentalização do conteúdo realizada ao longo do tópico.

Em seguida, foi exibido um vídeo sobre campo magnético da Terra. Esse vídeo nos permitiu elaborar uma síntese do conteúdo abordado. Ao final, os alunos realizaram algumas atividades sob a mediação da professora-pesquisadora (essas atividades estão disponíveis na Unidade de Conteúdo).

Dando continuidade ao nosso trabalho de intervenção, iniciamos na aula seguinte o tópico 2, Campo Magnético, tendo como base uma retomada do conteúdo que havíamos trabalhado nas aulas anteriores (tópico 1).

No tópico 2, abordamos o conteúdo a partir de atividades teórico-experimentais, articulando o conteúdo com a prática social de modo a oferecer condições de aprendizagem para o aluno compreender campo magnético e adquirir noções sobre como o campo magnético produzido por um Ímã se distribui no espaço. No desenvolvimento desse tópico, abordamos o conteúdo em suas dimensões - científica, histórica, social e econômica -, no intuito de despertar o conhecimento científico no aluno. Para o desenvolvimento desse tópico necessitamos de recursos como laboratório, limalhas de ferro, imã, TV e Datashow.

Iniciamos nosso trabalho discutindo um pouco sobre o início do eletromagnetismo. Para tanto, usamos duas perguntas norteadoras e problematizadoras: Qual foi a contribuição de Oersted para o eletromagnetismo? Pode corrente elétrica gerar Campo Magnético? Por meio de uma aula expositiva dialogada fizemos a leitura e debate do material (nosso produto educacional) a fim de trabalhar o contexto histórico de Hans Christian Oersted e Michael Faraday. Para que os alunos pudessem melhor compreender a descoberta de Oersted, trabalhamos o experimento realizado por Hans Christian Oersted, a partir do qual os alunos puderam perceber a deflexão da agulha de uma bússola ao passar corrente elétrica por um fio. Para tanto, utilizamos materiais simples, de fácil acesso e de baixo custo, tais como fios de cobre, baterias e bússolas. Os alunos tiveram grande facilidade em realizar esse experimento e se mostraram interessados pela atividade (Figura 19).

Figura 19: Alunos realizando o experimento deflexão da bússola.



Fonte: Autoria própria (2017).

Para a realização desse experimento, os alunos foram organizados em grupos, a fim de que pudessem, pelo debate e pelo confronto de pontos de vista, discutir sobre o que estava acontecendo e sobre o motivo pelo qual a bússola era afetada pela corrente elétrica que atravessava o fio condutor. Com essa experimentação problematizadora os alunos puderam compreender o fenômeno em seus aspectos teóricos e práticos e internalizar os conceitos e demais dimensões inerentes a esse tópico de conteúdo de maneira científica. Santos (2016) também defende a importância de atividades que instiguem a reflexão dos estudantes a respeito do conteúdo. Nesse enfoque, a utilização de experimentos no ensino de Física tende a ser um elemento facilitador da aprendizagem, uma vez que contribui para estabelecer uma relação entre teorias, conceitos, leis, linguagens e fenômenos e permite que os alunos relacionem a teoria aprendida em sala de aula com as situações do seu dia a dia. Segundo Araujo e Abib (2003),

[...] são amplas as possibilidades de utilização de atividades experimentais que visam a verificação de leis físicas e o estudo do comportamento de diferentes sistemas físicos. Ainda que estas atividades apresentem limitações inerentes a sua própria característica, acredita-se que quando conduzidas adequadamente elas também podem contribuir para um aprendizado significativo, propiciando o desenvolvimento de importantes habilidades nos estudantes, como a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações e de realização de atividades em equipe, bem como o aprendizado de alguns aspectos envolvidos com o tratamento estatístico de dados e a possibilidade de questionamento dos limites de validade dos modelos físicos. (ARAUJO; ABIB 2003, p.184).

Dando continuidade ao tópico, explicamos aos alunos como se calcula a intensidade do campo magnético utilizando a Lei de Biot-Savart. Explicamos como se faz uso dessa Lei para diferentes geometrias, deixando claro que essa matematização – utilização de integral e derivada - não é comum no Ensino Médio, pois a maioria das escolas em nosso Estado não faz uso dela:

$$dB = \frac{\mu_0 i dl \cdot \sin\theta}{4\pi r^2}$$

Em muitas situações, foi possível perceber que os alunos não gostaram da parte que compreendia os cálculos. Com base nessa observação, a professora pesquisadora buscou mostrar aos estudantes o quanto a matemática se faz necessária para compreender os fenômenos e, nesse caso particular, para

identificar e calcula campo magnético. Além da matematização, ensinamos também aos alunos como identificar a direção e o sentido do campo magnético pela “regra da mão direita”. Quanto a essa regra, os mesmos não demonstraram dificuldade, utilizando-a com facilidade. A partir de então, explicou-se como utilizar a regra da mão direita para verificar a direção e o sentido do campo magnético de um fio. Por meio de um exercício exemplo, foi possível identificar a direção e o sentido do campo magnético em uma espira e em uma bobina e, em seguida, foram resolvidos mais dois exercícios exemplos com os alunos no quadro. Em seguida, explicou-se o funcionamento e aplicação de um solenoide, e mais uma vez resolveu-se dois exercícios exemplos no quadro com os alunos, sempre tendo como base a regra da mão direita. A partir dessas atividades, foi possível explicar, também, as principais características do vetor campo magnético.

Nessa aula, foi desenvolvido também uma atividade experimental utilizando um eletroímã construído com materiais simples – fio de cobre, prego e bateria de 9 V. Durante essa atividade, foi retomado o conteúdo já trabalhado em aulas e atividades anteriores, buscando sempre trazer para o contexto questões problematizadoras e mostrar aos alunos algumas das aplicabilidades do eletroímã no dia a dia. No decorrer da atividade, um aluno ressaltou: “*agora estou começando a gostar de física*”. Isso demonstra não apenas o interesse e a motivação dos estudantes mas, igualmente, a importância das atividades desenvolvidas na compreensão do conteúdo.

A título de exemplo, foi resolvido no quadro dois exercícios junto com os alunos. Neles, os alunos deveriam, pela regra da mão direita, indicar o que acontecia com o campo e/ou corrente em uma determinada região.

Com o intuito de complementar e enriquecer as atividades já desenvolvidas, foi realizado com os alunos mais um experimento para identificar as linhas de campo de um ímã (Figuras 20, 21 e 22), tendo como base algumas questões problematizadoras, como: o que são linhas de campo magnético? O que fazer para se calcular campo magnético? Para tanto, foram utilizadas limalhas de ferro e bússola. Nessa atividade os alunos deveriam colocar um ímãdebaixo de uma folha de papel, e polvilhar limalhas de ferro por cima, as linhas de campo ficam perfeitamente formadas. Aproveitando, utilizando a bússola, aproximando do ímã, os alunos puderam detectar onde situava o polo norte e sul do ímã. Os alunos gostaram tanto dessa atividade que fizeram várias

linhas de campo com as limalhas de ferro. Com a bússola, eles conseguiram também identificar os polos norte e sul do ímã.

Figura 20: Alunos visualizando linhas de campo na escola pública



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 21: Alunos visualizando linhas de campo na escola particular



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 22: Alunos visualizando linhas de campo

Fonte: Autoria própria (2017).

Por meio dessa atividade, os alunos conseguiram estabelecer a adequada articulação entre teoria e prática. Ao final, a professora pesquisadora solicitou que cada grupo desenhasse as linhas de campo formadas, assim como o vetor campo magnético do ímã que estavam utilizando.

Logo após o experimento, fizemos uma breve problematização sobre o uso da bússola na sociedade e sobre a importância da mesma. Em seguida, com intuito de trabalharmos sobre a aurora boreal, lançamos mais algumas questões problematizadoras: o que é Aurora Boreal? E Aurora Austral? Qual a relação com o campo magnético? Os alunos sabiam o que era Aurora Boreal e/ou Austral, mas não sabiam diferenciar uma da outra, tampouco justificar a causa desse fenômeno. Após uma breve explicação dada pela professora-pesquisadora, foi passado um vídeo explicativo sobre o fenômeno, a partir do qual os alunos também puderam compreender a ciência que o envolve ⁶.

Como nosso tempo havia finalizado – utilizamos duas horas/aula para trabalhar o tópico 2. Foi sugerido aos alunos que fizessem algumas atividades

⁶ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nkAdYtYJzXg>>.

complementares em casa, as quais seriam retomadas e discutidas no início da aula seguinte, caso fosse necessário.

Assim, demos início a sexta aula, com a discussão das atividades (exercícios) que haviam sido propostos na aula anterior. Em seguida, foi transmitido aos alunos um trecho de 15 minutos do filme “O núcleo: Missão ao Centro da Terra” (2003), o qual mostra uma mudança nas propriedades do campo magnético da Terra que gera uma grande “bagunça” no planeta⁷. Os alunos gostaram bastante, inclusive demonstraram interesse em assistir ao filme completo. Ao discutir essas mudanças das propriedades do campo magnético indicadas no filme, a professora-pesquisadora diferenciou situações que se enquadravam na realidade e outras que eram meramente ficção científica, e isso foi muito bom, pois foi possível desmitificar várias situações que os alunos acreditavam serem verdadeiras e outras que eles não compreendiam, como, por exemplo, o fato de muitos animais se orientarem pelo campo magnético terrestre.

Ao longo do debate, um dos alunos perguntou por que uma pessoa que usa marca-passo não pode passar pelas portas de segurança dos bancos. A partir dessa questão, foi explicado aos alunos que o campo magnético da porta giratória ou da porta de segurança dos bancos pode influenciar no mecanismo de funcionamento campo magnético do marca-passo, causando danos à saúde dessa pessoa.

Para finalizar o debate, lemos um texto (disponível na Unidade de Conteúdo, tópico 2), que discute a dimensão econômica do tema: a venda – em valores altíssimos – de colchões magnéticos, pulseiras magnéticas, etc, com a promessa de que tais produtos trazem benefícios a saúde. Esse assunto gerou muita polêmica e troca de experiências entre os estudantes, os quais relataram algumas situações familiares a respeito da aquisição de tais produtos. Ao longo dessa discussão, também foi possível perceber o quanto a apropriação do conhecimento científico referente a este tópico de conteúdo proporcionou aos estudantes uma visão ampliada, crítica e consciente da realidade.

Inicia-se o tópico 3, a partir do qual também buscamos abordar o conteúdo em suas dimensões - científica, histórica, social e econômica - no intuito de permitir aos estudantes a constante relação entre teoria e prática. Com este tópico foram desenvolvidas atividades teórico-experimentais de modo a

⁷ Esse filme poderá ser encontrado no YouTube.

possibilitar aos estudantes a análise da relação entre o campo magnético e as correntes elétricas, bem como a articulação entre o conhecimento científico e a prática social mais ampla.

Inicialmente, foi abordado o contexto histórico que envolve André Marie Ampere, Michael Faraday e James Clerk Maxwell. Os alunos participaram bastante da discussão, demonstrando muito interesse na vida desses físicos, principalmente na de Faraday, que começou sua história na Física trabalhando em uma loja de fazer cópias. Para finalizar essa aula, foi passado aos alunos um vídeo de 30 minutos que visou sintetizar todo o conteúdo trabalhado até o momento⁸. Em alguns momentos, a professora-pesquisadora parava o vídeo e fazia um debate com os alunos, lançando a eles algumas questões problematizadoras (muitas delas já trabalhadas anteriormente) de modo a retomar o conteúdo e garantir a participação de todos.

No intuito de reforçar e enriquecer o debate, utilizamo-nos de mais uma montagem experimental, tendo em vista discutir diferentes configurações das linhas de campo magnético obtidas a partir de condutores percorridos por corrente elétrica com diferentes formatos. Para tanto, foram organizados grupos de 4 ou 5 alunos cada, e cada grupo recebeu um kit de bobina. Nesse experimento os estudantes puderam, com base na discussão do conteúdo, determinar o perfil do campo magnético no eixo de uma bobina compacta (Figura 23). A bobina foi impressa em ABS⁹. Nela, foi enrolado um fio de cobre e feito um suporte para que pudesse ficar em pé. Foram também confeccionados um eixo e um vetor em ABS. Ao todo, foram confeccionados 4 kits: com 350 espiras, com 325 espiras, com 300 espiras e com 274 espiras. Esses kits foram confeccionados, sendo primeiramente desenhados em um programa Thinkercad, e sendo impresso em uma impressora 3D, no Laboratório de Física, que fica na UTFPR, campus de Campo Mourão. Em seguida, utilizando-se de fio de cobre, cada bobina recebeu um número que varia de 274 a 325 espiras, sendo o a aluna pesquisadora dessa intervenção e seu professor orientador responsáveis pela confecção desse material,.

Figura 23: Visão frontal do kit experimental (bobina 350 espiras)

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0k-9cXG5_jU> - o vídeo tem uma duração de 52 minutos. No entanto, a professora pesquisadora passou apenas os 30 primeiros minutos.

⁹ Acrilonitrila butadieno estireno.



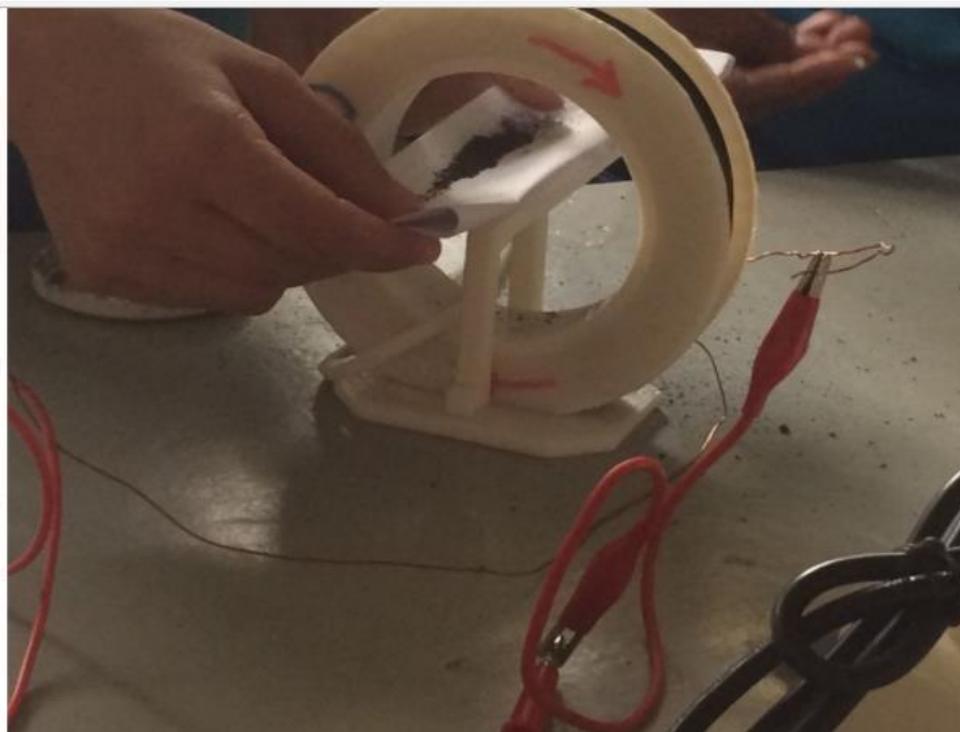
Fonte: Autoria própria (2017).

Solicitamos aos alunos que fizessem em suas respectivas casas, o *download* de um aplicativo gratuito e de livre acesso, o Gauss Metter. Esse aplicativo usa o sensor de campo magnético em seu dispositivo para medir a densidade de fluxo magnético (B) em Gauss ou Tesla. Possui uma bússola, além de um gráfico que mostra o tempo de depressão do campo magnético.

Como os alunos já haviam baixado o aplicativo em seus celulares em casa, dividimos as turmas em pequenos grupos, de modo que em cada houvesse ao menos um celular com o Gauss Metter instalado. Cada grupo recebeu, também, uma bateria de 9 volts e limalhas de ferro.

Primeiramente, os alunos conectaram a bobina na bateria, colocaram uma folha no centro da espira e polvilharam limalhas de ferro (Figura 24). Ao longo da atividade, a professora-pesquisadora lançou alguns questionamentos: Como você explica o fenômeno observado? O que Hans Christian Oersted descobriu? O que você observa neste experimento? Pode corrente elétrica gerar campo magnético?

Figura 24: Alunos analisando as linhas de campo magnético e vetor campo magnético através da bobina



Fonte: A autoria própria (2017).

Em seguida, solicitamos aos alunos que identificassem com o aplicativo de celular e também com a regra da mão direita a orientação das linhas de campo. Os alunos demonstraram ter gostado muito das atividades. Em certo momento, foi possível ouvir comentários como: *“Isso sim é aula de Física!”*

No laboratório de Física da escola pública havia uma fonte que foi utilizada no experimento. Conectamos a bobina aos terminais da fonte e ao multímetro, e os alunos acertaram a corrente na fonte em 0.25 A. De posse do celular, acionaram o aplicativo Gauss Metter e mediram o campo magnético a 2 cm a 4 cm e a 6 cm do centro da espira. Durante a atividade a professora-pesquisadora questionava os alunos sobre o que ocorria com a intensidade do campo magnético a medida que afastavam o celular da bobina. Os alunos conseguiram responder e argumentar corretamente os fenômenos físicos que ali aconteciam, ou seja, que o campo magnético diminui com o aumento da distância. Eles gostaram tanto da atividade que quiseram repetir o experimento aumentando a corrente elétrica para 0,5 A, dentro de uma margem de segurança para evitar o aquecimento da bobina. Nesse sentido, foi possível notar qualitativamente que o campo aumentou com o aumento da corrente elétrica. É importante ressaltar que todas as etapas da atividade foram orientadas e mediadas pela professora-pesquisadora.

Dando continuidade à aula, foi explicado aos alunos como calcular o campo magnético de uma bobina. Para tanto, foram resolvidos alguns exercícios no quadro. Alguns alunos se mostraram confusos nesse momento, apresentando dificuldades em alguns cálculos, mas com a mediação da professora foi possível realizar os exercícios.

Nesse momento, foi proposto também um experimento utilizando o mesmo kit de bobina da atividade anterior. Neste experimento os alunos, aplicando uma corrente elétrica à bobina e utilizando o aplicativo Gauss Meter previamente instalado em seus *smartphones*, puderam medir o campo magnético no eixo da bobina, podendo comparar os resultados aos do modelo teórico descrito na equação abaixo, a qual já havia sido explicada aos alunos anteriormente:

$$B = \frac{\mu_0 i R^2}{2(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

Nessa equação, B é o campo magnético (T), i é a corrente elétrica (A), μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo (Tm/A), R é o raio da espira (m) e z é a distância medida sobre o eixo da espira até o ponto que se deseja determinar o valor do campo magnético. Nesse experimento, alguns cuidados foram tomados pois medidas quantitativas e precisas do campo magnético necessitam de um controle fino da posição e da calibração dos sensores de campo magnético envolvidos na medida, que para o nosso caso, variam conforme o modelo de *smartphone* utilizado no processo. Ainda utilizando o mesmo aplicativo, os alunos puderam identificar o norte e o sul do campo magnético gerado na bobina com a bússola disponível no Gauss Meter.

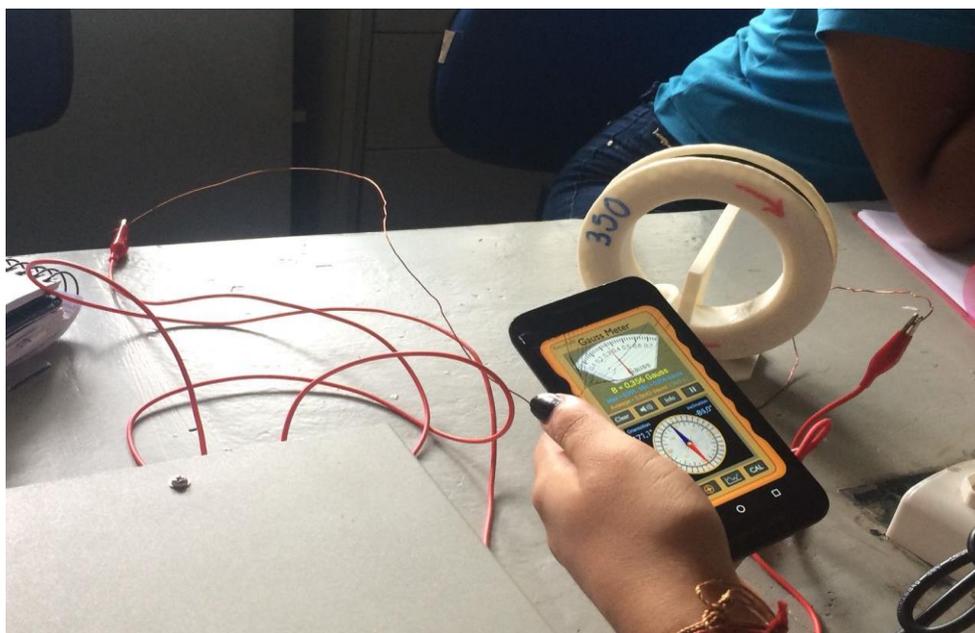
Abaixo, apresentamos a Figura 25 que mostra os alunos medindo a intensidade do campo e identificando sua orientação com o Gauss Meter.

Figura 25: Alunos medindo campo magnético da bobina utilizando o aplicativo Gauss Meter na escola pública



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 26: Alunos medindo campo magnético da bobina utilizando o aplicativo Gauss Meter na escola particular



Fonte: Autoria própria (2017).

Visando ampliar um pouco mais o conhecimento dos alunos sobre o assunto, apresentamos no Laboratório de Informática¹⁰, disponível nas escolas, um Simulador¹¹ capaz de determinar o campo magnético em qualquer ponto do espaço tridimensional, considerando condutores percorridos por corrente elétrica que apresentem geometrias simples. Por meio desse Simulador, os alunos

¹⁰ Ao tentar desenvolver essa atividade no Laboratório de Informática, a professora-pesquisadora não obteve sucesso, uma vez que a internet se mostrou muito lenta. Dessa forma, como a professora havia enviado também o *link* do Simulador aos alunos via *whatsapp*, foi sugerido aos mesmos utilizarem o celular, o que deu muito certo.

¹¹ Disponível em: <<https://lohmandouglas.github.io/magneto/#pt>> .

punderam moldar diferentes condutores variando a corrente elétrica, o que facilitou a visualização tanto do vetor campo magnético quanto do valor obtido pelo mesmo.

As Figuras 27 e 28 apresentam a interface utilizada no Simulador. Com ele, podemos escolher condutores com diferentes formas, espiras circulares ou condutores retilíneos, gerando configurações compostas como por exemplo uma espira quadrada ou uma bobina. Uma das tarefas posteriormente desenvolvida pelos alunos se consistiu em comparar o campo medido na atividade experimental com os dados gerados a partir da simulação.

Figura 27: Visão da interface do Simulador de campo magnético



Fonte: Autoria própria (2017)

Figura 28: Visão da interface do Simulador de campo magnético



Fonte: Autoria própria (2017).

Dando continuidade e tudo se encaminhando ao final das atividades propostas em nosso produto, foi enviado aos alunos, via *whatsapp* o *link* do Magneto.

De posse do aplicativo Magneto, ainda em grupos os alunos calcularam a intensidade do campo magnético no eixo de uma espira a uma distância z de seu centro. Fizeram os cálculos matemáticos para a espira em que estava em seu grupo e compararam esses cálculos com o resultado obtido com o Gauss Metter. Em seguida, foi solicitado aos alunos que fizessem um desenho representando o campo magnético da bobina, (Figuras 29 e 30).

Com essa atividade, pudemos observar que o uso da tecnologia em sala de aula pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem quando utilizada adequadamente, o que vai ao encontro do que defendem muitos

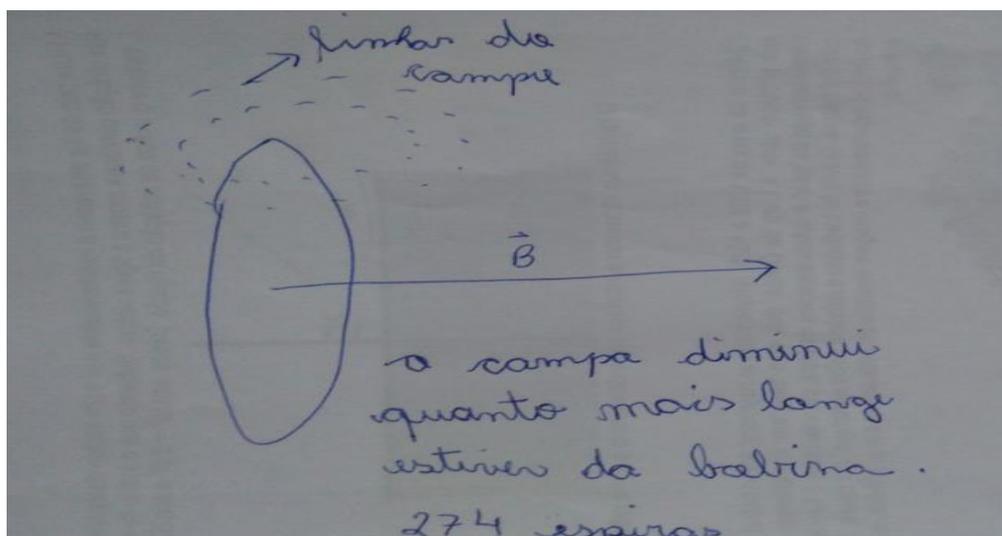
estudos e pesquisas da área de ensino. Em um momento em que a grande maioria dos estudantes tem acesso ao mundo virtual e as tecnologias da informação e comunicação, é importante que a escola busque meios de agregar essas tecnologias em suas práticas. Como afirma Santos (2016),

[...] acreditamos que o professor não pode basear seus planos de aula ou sua prática pedagógica apenas no livro didático, e sim utilizar de outros subsídios para tornar a sua aula mais enriquecedora para o aprendizado do aluno, deixando de lado uma aula regulada na teoria tradicional de ensino, e tornando uma aula participativa, onde o aluno não é meramente um receptor da aprendizagem transmitida pelo professor, e sim os dois constroem juntos o aprendizado. (SANTOS, 2016, p. 45).

Aproveitamos esse momento nos grupos para também avaliar a relação que os alunos estavam fazendo entre o número de espiras e a intensidade da corrente elétrica. Para tanto, pedimos que cada grupo fosse à frente da sala e apresentasse o valor da intensidade da corrente usado no experimento e, utilizando a regra da mão direita, mostrasse a direção e o sentido do campo magnético. Solicitamos ainda que cada grupo fizesse em uma folha de caderno um desenho representando as linhas de campo das espiras, tanto ao redor da bobina como no centro.

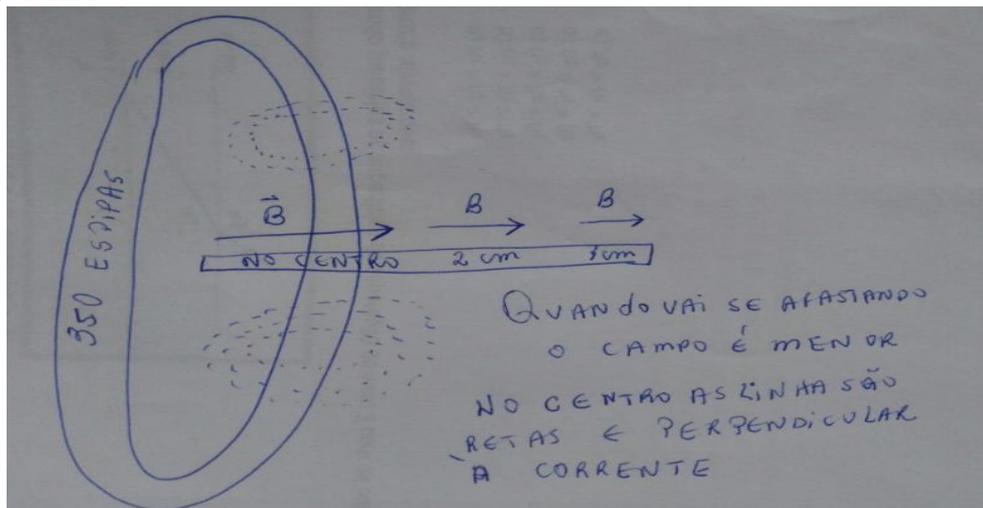
Abaixo, seguem algumas das representações (Figuras 29 e 30) feitas pelos alunos:

Figura 29: Desenho representando as linhas de campo das espiras, feito pelos alunos



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 30: Desenho representando as linhas de campo das espiras, feito pelos alunos



Fonte: Autoria própria (2017).

Pelas Figuras 29 e 30, podemos notar que os alunos conseguiram representar o vetor campo magnético, associando que quanto mais distante, menor o campo magnético. No entanto, alguns detalhes não foram observados pelos mesmos, como a representação da corrente que gerou o campo, e o sentido das linhas de campo. Podemos ver ainda que um enfoque especial poderia ter sido aplicado em relação ao vínculo entre as linhas de campo e o vetor campo magnético, pois nenhum grupo relacionou as linhas de campo ao vetor campo magnético. Entendemos que essas limitações poderiam ser superadas aumentando o tempo de interação com o Simulador Magneto, que permite a obtenção do vetor campo em qualquer ponto do espaço tridimensional.

Em seguida, após todos os alunos terem apresentado seus resultados e justificativas, a professora-pesquisadora os questionou sobre o motivo pelo qual cada grupo havia adquirido valores diferentes para a intensidade do campo magnético. Todos os alunos souberam explicar, justificando que isso se devia ao fato de cada bobina ter números diferentes de espiras. Foi também questionado o porquê de o grupo A (com bobina de 350 espiras) ter obtido o maior valor para a intensidade do campo magnético, ao passo que os alunos argumentaram que isso se devia ao fato de que se tratava da bobina com o maior número de espiras.

Para finalizar, foi realizada a leitura dialogada de um texto que tratava sobre o trem magnético e a ressonância magnética e, em seguida, foi passado

um vídeo sobre o mesmo assunto¹². Sempre que necessário, a professora-pesquisadora parava o vídeo e fazia a devida articulação com o conteúdo já estudado. Os alunos demonstraram ter gostado muito da leitura e das curiosidades presentes no texto e no vídeo.

Como tarefa, foi solicitado que os alunos resolvessem alguns exercícios, os quais foram retomados e discutidos na aula seguinte. Ao todo, foram necessárias quatro aulas para o trabalho com o tópico 3, ou seja, mais do que o previsto no planejamento inicial. Isso se deve ao fato de os alunos terem participado ativamente das atividades com dúvidas, curiosidades e debates constantes, o que acabou por enriquecer ainda mais o processo de ensino-aprendizagem e contribuir para a efetiva internalização do conteúdo científico por parte dos alunos.

¹² Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0k-9cXG5_jU>, a partir dos 36 minutos.

4.3 RETORNANDO À PRÁTICA SOCIAL – A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO PARA A COMPREENSÃO E TRANSFORMAÇÃO DA REALIDADE

Ao longo do desenvolvimento das atividades (divididas em tópicos 1, 2 e 3), descritas, analisadas e discutidas nas categorias anteriores, em vários momentos pudemos observar que os alunos atingiram a catarse.

Segundo Gasparin (2009), a catarse não ocorre somente nesta fase, mas ao longo de todo o processo de ensino-aprendizagem, no qual o estudante tem a oportunidade de expressar o quanto e o como estão compreendendo o conteúdo. Portanto, a catarse é a expressão de como o aluno modificou intelectualmente. Também segundo Gasparin e Petenucci (2012) refere-se à

expressão elaborada de uma nova forma para entender a teoria e a prática social. Ela se realiza: a) por meio da nova síntese mental a que o educando chegou; manifesta-se através da nova postura mental unindo o cotidiano ao científico em uma nova totalidade concreta no pensamento. Neste momento o educando faz um resumo de tudo o que aprendeu, segundo as dimensões do conteúdo estudadas. É a elaboração mental do novo conceito do conteúdo; b) esta síntese se expressa através de uma avaliação oral ou escrita, formal ou informal, na qual o educando traduz tudo o que aprendeu até aquele momento, levando em consideração as dimensões sob as quais o conteúdo foi tratado. (GASPARIN; PETENUCCI, 2012, p.12).

Assim, para que pudéssemos avaliar o quanto e o como essa aprendizagem ocorreu não apenas durante, mas, também ao final do processo de intervenção, apresentamos aos alunos o mesmo questionário proposto no início do processo, acrescido de algumas questões que nos permitissem tanto avaliar as estratégias adotadas quanto compreender o uso social que eles farão desse conteúdo para a compreensão e transformação da realidade. Trata-se do que na Pedagogia Histórico-crítica se denomina de Prática Social Final.

Então, como partimos da realidade, retornamos a ela; todavia, não mais à realidade inicial, cotidiana, permeada por conhecimentos de senso comum, sincréticos e fragmentados, mas sim à realidade social mais ampla, elaborada, sintética e crítica, analisada e compreendida a partir dos conhecimentos científicos adquiridos. Os alunos poderão, a partir dessa nova visão da realidade,

não apenas contemplá-la, mas agir sobre a mesma, objetivando a sua transformação. Conforme afirma Saviani (2008),

O ponto de chegada do processo pedagógico na perspectiva histórico-crítica é o retorno à Prática Social. Esta fase representa a transposição do teórico para o prático dos objetivos de unidade de estudo, das dimensões do conteúdo e dos conceitos adquiridos. (SAVIANI, 2008, p. 145).

Esse momento pedagógico também é descrito por Gasparin (2009):

A Prática Social Final é a nova maneira de compreender a realidade e de posicionar-se nela, não apenas em relação ao fenômeno, mas a essência do real, do concreto. É a manifestação da nova postura prática da nova atitude, da nova visão do conteúdo no cotidiano. E, ao mesmo tempo, o momento da ação consciente, na perspectiva da transformação social, retornando a Prática Social Inicial, agora modificada pela aprendizagem. (GASPARIN, 2009, p. 143).

Assim, para também avaliar a síntese mental a que os alunos chegaram ao final da intervenção desenvolvida, apresentamos as turmas o questionário final que contempla as diferentes dimensões do conteúdo trabalhadas. Essa avaliação final, aliada as avaliações intermediárias, contribuiu não apenas para analisar a aprendizagem dos alunos, mas, igualmente, a prática docente.

O questionário foi disponibilizado aos alunos durante a última aula da intervenção e deveria ser respondido por escrito. Decorrido o tempo determinado para a elaboração das respostas, os questionários foram recolhidos e as mesmas questões foram discutidas também oralmente, tendo em vista enriquecer o debate sobre o tema. Novamente, com o intuito de preservar a identidade dos alunos, os identificamos com siglas. Por ser o questionário final, identificamos os mesmos alunos como no início: A01, A02, sucessivamente e quanto à escola, ficou na escola pública (Pu) e a escola particular (Pa).

A primeira questão tratava do entendimento dos alunos em relação ao campo magnético. Nessa resposta, foi possível observar certa insegurança dos alunos na apresentação das respostas. No momento em que foi feita a discussão oral, eles mostraram-se um pouco mais seguros em explicar o conceito. No entanto, as respostas ainda pareceram confusas, como é possível observar nos excertos que se seguem:

É o campo que é criado ao redor da corrente elétrica de forma perpendicular (A07Pa).

Região que exerce uma força sobre materiais específicos (A04-Pa).

Região que é criado ao redor do campo elétrico (A10-Pu).

Um campo de um espaço criado em volta de uma corrente elétrica (A18-Pu).

Nesse momento, aproveitando a fragilidade dos alunos em relação à compreensão desse conteúdo, a professora-pesquisadora retomou a explicação do conteúdo tomando como exemplo novamente a bobina. Foi explicado que uma carga em movimento cria no espaço em torno dela um campo magnético que atuará sobre outra carga, também em movimento, exercendo sobre ela uma força magnética (MÁXIMO; ALVARENGA, 2014). A partir dessa retomada, foi possível observar um melhor entendimento dos alunos em relação ao conceito.

A segunda pergunta questionava sobre a relação entre o magnetismo e o átomo. Nela, podemos observar que a maioria dos estudantes responderam de maneira satisfatória. Todavia, alguns apresentaram respostas um pouco confusas:

O movimento que o elétron faz ao redor do átomo ou mesmo ao redor de si mesmo, gera campo magnético (A30-Pu).

Todo material possui uma propriedade do magnetismo, essa propriedade de materiais tem suas origens na estrutura eletrônica dos átomos (A18-Pu).

A forma como o momento angular orbital e o spin do eletro se combinam determina se o material irá se comportar como um ímã (A01-Pa).

Avaliando as respostas dessa mesma questão antes do desenvolvimento da intervenção (no questionário inicial), podemos perceber um ganho significativo na aprendizagem dos estudantes sobre este assunto, ainda que os conceitos não tenham ficado claros para todos. Tendo em vista garantir e reforçar a aprendizagem, neste momento foi também retomada a explicação do conteúdo.

Na terceira pergunta questionava-se sobre as propriedades vinculadas ao magnetismo. Todos os alunos responderam de forma correta, o que nos deixou bastante satisfeitos, pois esse resultado demonstra que as atividades realizadas

sobre o assunto proporcionaram a aprendizagem dos estudantes. Abaixo segue exemplo de respostas:

Ferromagnetismo, paramagnetismo e diamagnetismo.

Na questão seguinte, foi perguntado sobre a importância do campo magnético no cotidiano dos alunos. Analisando as respostas, vemos que todos apresentaram exemplos corretos, diferentemente do que ocorreu nas respostas à mesma pergunta no questionário inicial, no qual muitos alunos não souberam apresentar exemplos concretos. Abaixo indicamos algumas das respostas apresentadas pelos estudantes nessa etapa final:

O campo magnético está muito presente em nossas vidas, desde o uso do carro, celulares, ressonância magnética, trem magnético, até nas credences de se comprar pulseiras ou colchões magnéticos (A02-Pa).

É necessário no dia a dia pois é muito usado e encontrado em todos lugares, como celulares, fios de energia elétrica, nos carros, entre outros(A08-Pa).

Através de anos de estudos a humanidade pode aprimorar esta área e com isso torn-lo essencial ao nosso dia-a-dia, como exame ressonância magnética, bússola, celulares, motor de carro, enfim (A27-Pu).

Eletromagnetismo é muito importante para nós, ele é usado em diversas coisas como no microondas, nos satélites, etc...(A05-Pa).

A partir dos excertos, podemos observar que os alunos conseguiram responder corretamente a questão, argumentando ainda sobre a importância do eletromagnetismo para o seu dia a dia. Muitos deles conseguiram associar o estudo do campo magnético a motores de carros – especificamente ao alternador dos motores dos carros, pequenos geradores para carregar a bateria e fornecer corrente elétrica para as velas de ignição. Foi enfatizado aos alunos que o motor propriamente dito não necessita de campo magnético para funcionar, além do que o motor a diesel não tem vela. Dessa forma, ele pode funcionar sem alternador - exames de ressonância magnética, ímãs, fios de eletricidade, indicando que trata-se de um fenômeno que faz parte de seu cotidiano.

Na quinta pergunta foi solicitado que os alunos explicassem porque os ímãs se atraem ou se repelem. Alguns alunos se confundiram um pouco nas

respostas, mas a maioria demonstrou ter compreendido satisfatoriamente o conceito científico, respondendo de forma correta:

Porque eles possuem domínios magnéticos, fazendo ter polos norte e sul (A22-Pu).

Eles possuem dois polos, norte e sul, o que faz ele capaz de atrair ou repelir certos materiais (A06 - Pa).

Isso ocorre devido ao eletromagnetismo presente no ímã, os polos opostos se atraem e os iguais se repelem (A20 - Pu).

É interessante observar que os alunos apresentaram mais dificuldade nas respostas escritas do que nas respostas orais. Na discussão oral do questionário, os alunos demonstraram maior domínio do conteúdo. Inclusive, nessa questão, alguns alunos foram ao quadro e desenharam o que ocorria nessa situação, o que proporcionou novamente a retomada do conteúdo. Com isso, podemos ressaltar a importância do diálogo, da discussão e do debate enquanto ação didático-pedagógica em sala de aula, uma vez que por meio dessas ações os alunos conseguem interagir e aprender mais uns com os outros, trocando ideias e compartilhando impressões e pontos de vista sobre os diferentes assuntos e conteúdos.

Na questão número seis os alunos deveriam explicar por que os ímãs são capazes de atrair alguns tipos de materiais. Muitas respostas foram apresentadas corretamente, com base no que foi discutido em sala de aula. Todavia, apesar de termos frisado o tempo todo que os ímãs possuem polos norte e sul - e não positivo e negativo -, alguns alunos incorreram nesse erro, como é possível observar nas respostas abaixo:

Quando o metal entra no campo magnético de um ímã, ele tem polos positivos e negativos, fazendo assim eles se atraírem (A06-Pa).

Pois esses são ferromagnéticos, quando aproximado de um campo magnético o campo magnético é maior que o ímã (A07-Pa).

Porque o ímã possui domínios magnéticos que faz gerar polos norte e sul e quando um ferromagneto entra em contato com o campo magnético desse ímã, a orientação desse metal passa a ser o mesmo do ímã, gerando atração (A33 - Pu).

Pois são atraídos pelo ferromagneto, conforme a aproximação de um ímã os domínios dos metais acabam possuindo a mesma orientação do ímã (A30-Pu).

Nesse momento da discussão, mais uma vez a professora-pesquisadora teve que intervir, explicando novamente o motivo pelo qual os ímãs atraem os materiais ferromagnetos e que, em contato com o campo magnético do ímã, seus domínios magnéticos acabavam tendo as mesmas orientações do ímã tornando-se um ferromagneto, sendo então atraídos. Mais uma vez alguns alunos optaram por ir ao quadro para se expressar desenhando a situação, sendo os demais colegas convidados a ajudar na explicação.

Dando continuidade, questionamos os alunos sobre o motivo pelo qual a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte geográfico. Os alunos se empolgaram com essa pergunta, e vários alunos começaram a responder ao mesmo tempo durante a discussão oral. Muitas afirmaram que, caso essa questão fosse solicitada em exames vestibulares ou no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), eles não a errariam. De fato, todos os alunos demonstraram ter apreendido esse fenômeno, como podemos observar nas respostas abaixo:

Porque o polo norte geográfico é o sul magnético (A11-Pa).

A bússola se orienta pelas linhas de campo, dessa forma quando ela indica norte geográfico, significa que aponta para o sul magnético e vice-versa (A29-Pu).

Porque a Terra, apesar de não ser, mas é considerada um grande ímã, e como a bússola se orienta pelas linhas de campo, então se ela indica norte geográfico, significa que aponta para o sul magnético e vice-versa (A26-Pu).

Analisando as respostas apresentadas antes do desenvolvimento das atividades (no questionário inicial), onde a maioria dos alunos responderam “não sei”, percebemos mais uma vez um ganho significativo na aprendizagem deste conteúdo.

Dando sequência à atividade, solicitamos na questão número nove que os estudantes explicassem como é gerado o campo magnético nos fios elétricos. Nessa mesma pergunta do questionário inicial, todos responderam “não sei”. Agora, no questionário, final, todos responderam satisfatoriamente:

Onde passa corrente elétrica gera um campo magnético (A05-Pa).

Sempre que tem corrente elétrica passando o campo magnético é gerado (A08-Pa).

Pois sempre que tem corrente elétrica passando pelo fio forma um campo magnético (A19-Pu).

Mesmo não argumentando ou explorando mais suas respostas, todos os alunos responderam corretamente, explicando que corrente elétrica gera campo magnético e vice-versa. Assim, podemos perceber que, ainda que diante de alguns limites, os alunos se apropriaram do conteúdo, o que indica que nosso produto educacional contribuiu de alguma forma para o enriquecimento do saber científico dos alunos.

Com o intuito de criar um espaço para que os alunos pudessem expressar sua opinião sobre o método, as estratégias e os recursos utilizados durante a condução de nosso produto educacional, propomos três questões adicionais: *O que você mais gostou nas aulas sobre magnetismo? Qual a sua sugestão para as próximas aulas de Física?*

A partir das respostas obtidas, podemos observar que o resultado de nossa intervenção foi positivo, uma vez que os alunos indicaram ter gostado muito das atividades, dos recursos e das estratégias utilizadas, em especial das atividades experimentais:

O que mais gostei foram os experimentos na sala de laboratório; não mudaria nada (A18-Pu).

Os experimentos, aulas práticas, conhecer mais sobre este conteúdo e também da história dos grandes cientistas da área, não mudaria nada (A4-Pa).

Dos materiais utilizados e também do fato de ser desenvolvido pela própria professora, e que o deixou mais objetivo e sucinto. Não mudaria nada, seguir o mesmo método, tornando assim o estudo mais interessante (A20-Pa).

O que mais gostei foi da regra da mão direita e prefiro mais teoria no quadro, sem apostila (A05-Pa).

O que mais achamos legal foram as experiências que tivemos na sala de aula onde podíamos ver a magnetização com o pó de ferro e bobina, e da atuação da professora (A10-Pa).

Em relação à última questão – Qual conteúdo você teve mais dificuldade de compreender? E qual você teve mais facilidade em compreender? – As respostas foram unânimes: os alunos afirmaram terem tido maior dificuldade no

desenvolvimento dos experimentos e mais facilidade em entender os conteúdos que não envolviam cálculos.

Sabemos das dificuldades da grande maioria dos estudantes do Ensino Médio nos conteúdos que envolvem matemática, o que gera como consequência dificuldades, também, em áreas afins do conhecimento – como é o caso da Física. Todavia, essa dificuldade não pode justificar o fato de alguns professores, tendo em vista “facilitar o processo de ensino-aprendizagem”, amenizar ou mesmo retirar o que muitos denominam de “matemática pesada” da disciplina de Física, uma vez que isso implicaria tão-somente no esvaziamento teórico desse conteúdo curricular. O rigor conceitual e científico, aliado a outras dimensões que o conteúdo comporta para esse nível de ensino, são fundamentais para sua compreensão e utilização na análise e interpretação da realidade social mais ampla.

Certamente, focar na disciplina apenas a linguagem matemática – que, aliada a outras áreas do conhecimento, é imprescindível para a compreensão da Física - sem a devida contextualização com o fenômeno físico e com as diferentes dimensões que o caracterizam, pode prejudicar a compreensão ampla e global sobre tais conteúdos e afastá-los da prática social. Todavia, retirar essa linguagem matemática ou simplesmente facilitá-la pode, ao contrário do que se espera, prejudicar o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física e, em última instância, reforçar as limitações desse processo. Consideramos que é preciso e possível utilizar o formalismo matemático a partir de diferentes recursos, utilizados de diferentes formas. Isso não implica, todavia, retirar, reduzir ou facilitar a matemática no ensino de Física, mas apenas modificar ou adequar sua forma de abordagem tendo em vista sua utilização na compreensão dos fenômenos físicos, em suas diferentes dimensões. E foi a partir desse entendimento que desenvolvemos nossa intervenção com os estudantes.

Ao final de todas as discussões orais e relatos escritos dos alunos, percebemos a evolução de seu conhecimento, o que foi de grande importância para a nossa pesquisa-intervenção. No decorrer de todas as aulas, retomamos, explicamos, sanamos dúvidas e dialogamos com os estudantes, de modo a proporcionar-lhes a apropriação do conhecimento de forma crítica, científica e problematizadora, o qual pudesse ser utilizado não apenas na escola, mas em suas vidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante lembrarmos que o objetivo geral que norteou nosso estudo foi: elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino do conteúdo de campo magnético, em especial para a geração de campo por condutores com diferentes geometrias percorridos por corrente elétrica. Considerou-se a análise do processo educativo como fenômeno concreto, bem como a análise da aprendizagem dos sujeitos envolvidos nesse processo.

A partir dos resultados obtidos, podemos considerar que a pesquisa-intervenção realizada e os produtos educacionais ao longo dela elaborados, desenvolvidos e avaliados, contribuíram para a aprendizagem dos estudantes tanto da escola pública quanto da escola particular, bem como para sua motivação, participação e discussão nas aulas de Física. Trata-se de um produto educacional baseado em um método dialético de ensino, composto por diferentes atividades teórico-práticas que utilizam recursos alternativos e diferenciados.

Nosso trabalho apresenta atividades experimentais simples e, em sua maioria, de baixo custo, que serviram para organizar os conhecimentos cotidianos dos alunos para a aprendizagem de novos conhecimentos científicos. Para além de atividades experimentais, buscamos trabalhar o conteúdo em suas diferentes dimensões, a fim de permitir sua articulação com o contexto e a realidade social. Os resultados foram avaliados, entre outros aspectos, por meio dos questionários inicial e final e dos exercícios e relatos realizados ao longo do processo, os quais indicaram um avanço no aprendizado do conteúdo pelos alunos quando comparamos suas respostas obtidas no início, ao longo e ao final do processo de intervenção.

Nossa intenção ao realizar a pesquisa-intervenção em escolas de redes diferentes – pública e privada – foi a de conhecer diferentes contextos formativos e a de mostrar que, independentemente da realidade social – e justamente pelas diferenças sociais existentes -, é preciso visar à igualdade em termos educacionais. Segundo Saviani (2008), numa sociedade dividida em classes sociais, não há igualdade no ponto de partida da prática educativa escolar, uma vez que a escola também reflete em seu interior as desigualdades sociais. Todavia, ainda que elemento determinado, a escola influencia o elemento determinante e, por esse motivo, pode e deve permitir que a desigualdade possa

ser convertida em igualdade no ponto de chegada pela mediação da educação. Essa é, segundo Saviani (2008), a dimensão política da educação: dirigir-se a classe menos favorecida para fortalecê-la e, desse modo, potencializar sua participação política. Isso se dá, também, por meio do acesso e da apropriação com qualidade a todos, indistintamente, dos conteúdos culturais.

A partir da intervenção realizada, podemos observar que nosso produto educacional – Plano de Unidade e Unidade de Conteúdo - proporcionou aos alunos das escolas pública e particular, indistintamente, o contato com diferentes estratégias, recursos e ferramentas de ensino-aprendizagem, tais como experimentos, tecnologias educacionais (Simuladores, aplicativos de celular) debates, discussões orais, as quais contribuíram para um maior interesse e participação dos alunos no desenvolvimento do conteúdo. Com esse trabalho, observamos ainda que os estudantes conseguiram passar efetivamente de um saber meramente espontâneo e cotidiano para um saber mais sistematizado, crítico, científico e problematizador, o que lhes proporcionou uma nova e ampliada compreensão da realidade.

Vale ressaltar que nosso objetivo não foi o de esgotar todos os conceitos e dimensões que poderiam ser explorados a partir desse tema, tampouco substituir os materiais já disponíveis sobre o mesmo. Antes, o de oferecer aos professores e estudantes (e a quem mais interessar) um material complementar e alternativo que possa ser utilizado, juntamente com outros materiais, na abordagem do conteúdo nele inerente. E, no que se refere a esse objetivo, pensamos ter realizado um bom trabalho.

Entendemos que uma proposta didático-pedagógica não pode, por si só, garantir a melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem no âmbito da Educação Básica, uma vez que tal qualidade depende direta e/ou indiretamente de diversos fatores macro e micro que extrapolam programas, métodos ou simples estratégias de ensino. Todavia, consideramos igualmente importante a análise do processo educativo como fenômeno concreto – ou seja, tal como ele se dá efetivamente no interior da sala de aula -, bem como a forma como esse processo é desenvolvido.

Por fim, através da análise do questionário final, ou seja, através do relato dos estudantes, pudemos perceber que o produto final da realização de todo nosso trabalho, tanto na escola pública quanto na particular, foram os mesmos, nos levando a constatar que o desenvolvimento de nossa Unidade de Conteúdo

obteve resultados positivos, pois motivou os alunos a se interessarem mais pela Física, além de vê-la com bons olhos, o que para muitos ainda não havia acontecido.

Dessa forma, mostrou-se ao educando que Física não se resume apenas em resolução de inúmero e repetidos exercícios de Física, mas, também, no uso de experimentação e tecnologia na sala de aula. E isso lhes permitiu compreender os conceitos científicos, levando-os a compreenderem variados fenômenos que envolvem seus cotidianos, o que se mostra muito significativo. Como Camara (2017, p.17) afirma:

É preciso, mesmo diante de condições adversas de trabalho e justamente por causa dessas condições -, garantir aos estudantes a passagem do saber espontâneo, cotidiano, ao saber sistematizado, sintético, elaborado. Uma vez que partimos da concepção de que, mesmo em meio a condições adversas de trabalho, e especialmente nos locais onde essas condições são mais evidentes, o trabalho educativo deve ocorrer de maneira problematizadora, garantindo a todos, indistintamente, o acesso e a apropriação do conhecimento historicamente elaborado pela humanidade: o conhecimento científico.

Não podemos deixar de afirmar que em algumas questões esperávamos que os alunos se expressassem melhor. No entanto, de maneira geral, podemos considerar satisfatório o resultado final, o qual nos mostrou que os alunos conseguiram internalizar o conteúdo desenvolvido em nossa Unidade de Conteúdo. Isso nos permite afirmar que conseguimos cumprir com o que prega a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica, pois indiferente da realidade social a qual esse aluno está inserido, o importante é conseguir fazer com que os alunos consigam sair do pensamento espontâneo e atingir o saber sistematizado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T de.; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.

BASSALO, J.M. F. A crônica da física do estado sólido:IV. Magnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol.16, nºs (1-4) 1994. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a09.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. de 2017.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais– PCN– Ciências 2000**. Brasília: 2000.

CALLISTER, W. D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CAMARA, A. P. V. **Experimentação no ensino de química: elaboração de um material paradidático para o ensino médio com o tema: petróleo e seus derivados**. (Monografia de graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

CAVALCANTE, K. **Campo Magnético no Centro de uma Espira Circular**. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-no-centro-uma-espira-circular.htm>>. Acesso em: 15 de set. de 2017.

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

DIAS, V. **Magneto freezer poderá ajudar na conservação da carne**. Disponível em:<<http://www.usp.br/agen/?p=42607>> Acessado em: 18 de outubro de 2017.

DEIMLING, N. N. M. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência: contribuições, limites e desafios para a formação docente**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 2008.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 25, n. 3, 2003.

GASPARIN, J. L.. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2009.

_____. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2007.

_____.; PETENUCCI, M. C. **Pedagogia histórico crítica: da teoria à prática no contexto escolar.** UEM-PR. PDE 2012. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

GALIAZZI, M. do C.; GONÇALVES, F. P. **A Natureza Pedagógica da Implementação das Pesquisas em Licenciatura em Química.** *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 2, 326-331, 2004. Disponível em: Acesso em: 20 de out. de 2017.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43–49, 1999.

GLÓRIA, L. S. ; CARVALHO, A. S.; GRILLO, F. S.; SILVA, D. R. da. **Desenvolvimento de Simulador Industrial para Processamento de Gás Natural.** Simpósio de Excelencia em Gestão e Tecnologia, 2013.

GITHUB. **Magneto - Magnetic Field Simulator.** Disponível em: <<https://github.com/Lohmandouglas/magneto> >. Acesso em: 15 de set. de 2017.

HESSEL, R.; FRESCHI, A. A.; SANTOS, F. J. dos. Lei de indução de Faraday: Uma verificação experimental. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online]. vol.37, n.1, 2015.

ISOLA, V.. **A História do Eletromagnetismo.** UNICAMP, 2003. Disponível em: <[1.http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsolaRMartins_F809_RF09_0.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsolaRMartins_F809_RF09_0.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, Robert.; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica.** Trad.: Ronaldo Sérgio de Biase. Vol. 3. 8ª ed. Editora LTC, 2009.

LOHMANN, D.. **Desenvolvimento e avaliação de um simulador para o ensino de eletrostática.** UTFPR, 2016.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas.** 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O.. **Didática da Física.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

MAXIMO, A.; ALVARENGA, B., **Física: Volume único.** Scipione, 2014.

OLIVEIRA, M. A. F. de. **Utilizando um fenômeno físico para medir o diâmetro de um fio de cabelo.** UEM, 2016.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes curriculares de ciências para a educação básica.** Curitiba, 2008.

PARO, V. H. **Administração escolar: introdução crítica.** 16 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

RIBEIRO, G. A. P. **As propriedades magnéticas da matéria:** um primeiro contato. Departamento de Física - UFS: São Carlos-SP, p. 299-300, 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_299.pdf>. Acesso em 1 de out. de 2017.

ROCHA, J. F. M. (org.) **Evolução das ideias da física.** Salvador: EDUFBA, 2011.

SANTOS, M A. da Conceição dos. Ferramentas didáticas e a aprendizagem sobre ondas eletromagnéticas e a polarização da luz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, no. 1, 1502, 2016.

SANTOS, G.; OTERO, Maria Rita; FANARO, Maria de Los Angeles. ¿ cómo usar software de simulación en clases de Física? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 1, p. 50–66, 2000.

SANTOS, J. C. F. dos. **Ímãs e Magnetismo.** Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/imas-e-magnetismo.html>> Acesso em: 15 de set. de 2017.

SAVIANI, D. **Escola e democracia:** teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. 41.ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2009.

_____. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** 10. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

SILVA, C. X. da; BARRETO FILHO, B.. **Física Aula por Aula:** eletromagnetismo, ondulatória, física moderna. Vol. 3. São Paulo: FTD, 2012.

ZEICHNER, K. T Visions of Teaching and Teacher Education for the Twenty-First Century. In: ZHU, X. ZEICHNER, K. (Eds.) **Preparing Teachers for the 21st Century.** Berlin: Springer, 2013.

YOUTUBE. **O Núcleo - Missão ao Centro da Terra.** 2003. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=mRuTXeR11lg>>. Acesso em: 1 de out. de 2017.

APÊNDICE A:

Entrevista com professores do 3º ano do Ensino Médio

Entrevista com professores do 3º ano do Ensino Médio

1-Em que série(s) do Ensino Médio você atua? Escolas públicas ou particulares? Pertencente a qual núcleo regional de educação?

2-O ensino no Brasil no Ensino Médio estimula em sua opinião, estimula o senso crítico?

3-Você acha importante a utilização de experiências como recurso pedagógico? Por quê?

4-Em algum momento você já trabalhou com tópicos de eletromagnetismo, como por exemplo, campo magnético e sua aplicação no dia a dia? Quais tópicos já foram abordados? (Caso seja não a resposta: Você gostaria de trabalhar com esses tópicos?)

5-Caso a resposta da 4 seja negativa, qual o motivo para que você não trabalhe com esse conteúdo?

6-No seu planejamento escolar do 3º ano está contemplando eletromagnetismo? (Caso a resposta seja negativa, justifique)

7-Existem orientações oficiais (PCN's e PCN+) e pesquisas na área de ensino de eletromagnetismo que indicam ser importante a introdução de tópicos de ele no Ensino Médio, no sentido de formar um cidadão mais inserido no contexto tecnológico atual através de uma abordagem mais interdisciplinar, contextualizada e apoiada em competências. O que você acha disso? Você já leu as orientações oficiais? Você acha que isso é realmente importante?

8-Se houvesse um material já disponível e dependendo da possibilidade de inserção na sua programação, você gostaria de usar esse material?

APÊNDICE B:

Plano de Unidade

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
PLANO DE UNIDADE
2017

INSTITUIÇÃO(ÕES): COLÉGIO ESTADUAL HUMBERTO DE ALENCAR CASTELO BRANCO/ COLÉGIO ELLOS	
PROFESSORA: MICHELLI DA SILVA ARRUDA SORTE	
DISCIPLINA: FÍSICA	H/A: 12 h/a
BIMESTRE: 4º BIMESTRE	TURMA: 3º A/3ºB

UNIDADE DE CONTEÚDO: ELETROMAGNETISMO

CONTEÚDO: CAMPO MAGNÉTICO

OBJETIVO GERAL: Propiciar conhecimento sobre o fenômeno campo magnético, sua importância e suas aplicações no cotidiano.

Tópicos do conteúdo e objetivos específicos:

Tópico 1: Magnetismo e Eletromagnetismo

Objetivos específicos:

- * Introduzir uma discussão problematizadora e crítica sobre magnetismo, campo magnético de um fio retilíneo, espira circular e de uma bobina, através de um questionário inicial, para que o mesmo nos auxilie a conhecer os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos;
- * Demonstrar a interação dos ímãs com outros materiais, enfatizando sua estrutura atômica e a organização interna de seus elétrons;
- * Apresentar o conceito de domínio magnético e as definições de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos;
- * Compreender um pouco da história do eletromagnetismo;
- * Discutir sobre a interação entre eletricidade e magnetismo.

Tópico 2: Campo magnético

Objetivos específicos:

- * Oferecer condições de aprendizagem para o aluno aprender campo magnético;
- * Adquirir noção sobre como se distribui, no espaço, o campo magnético produzido por um ímã;
- * Estudar as representações geométricas dos campos magnéticos;

- * Discutir sobre campos magnéticos.

Tópico 3: Campo magnético de um condutor retilíneo, no centro de uma espira circular e de um solenoide.

Objetivos específicos:

- * Analisar e compreender a relação entre o campo magnético e as correntes elétricas que o originam;
- * Desenvolver conhecimentos sobre a aplicação do magnetismo na Medicina;
- * Estudar da importância do campo magnético no dia a dia do aluno;
- * Trabalhar com os alunos um questionário final, ou seja, fazer uma nova retomada do questionário inicial, com o intuito de saber o quanto o aluno conseguiu se apropriar do conteúdo científico por meio de todo o trabalho realizado durante o desenvolvimento do produto.

Vivência do conteúdo – Prática Social Inicial

Pré-Requisitos:

- Noções básicas sobre as forças que ímãs imprimem em metais;
- Noção sobre forças de ação e reação;
- Ter ciência do que é carga elétrica e corrente elétrica.

Problematização Inicial:

Aplicação de um questionário inicial para verificação dos conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, averiguar o que os alunos já sabem sobre o conteúdo a ser trabalhado (o professor deverá anotar tudo):

- Quais as propriedades mais básicas do magnetismo?
- O que vocês conhecem sobre eletromagnetismo?
- O que vocês sabem sobre campo magnético?
- O que é um ímã porque ele atrai alguns metais?
- O que se estuda em eletromagnetismo?
- Qual a importância do campo magnético para o seu dia a dia?
- Você conhece algum fenômeno, em que os campos elétrico e magnético estejam presentes?

Possíveis respostas dos alunos:

Parte que estuda ímã, Não sei, cartão magnético, eu sei que o ímã é alguma coisa de magnetismo, Propriedade de atrair alguns metais, Uma região formada sobre por magnetismo, a importância está no celular que usamos, na internet, ímã é um formato com um material que atrai metais, atrai metais porque tem alguma propriedade que faz ele fazer isso, Não conheço fenômenos que relacionam esses dois campos.

O que os alunos gostariam de saber a mais:

- Aqui ao nosso redor, onde possivelmente existe campo magnético?
- Qual a relação entre eletricidade e campo magnético?
- Como tornar um material magnético?
- Pode-se dizer que a Terra é um grande ímã?
- Porque a Terra é magnética?
- Qual seria a indicação da bússola se o campo magnético da Terra deixasse de existir?
- Como funciona uma bússola? Por que ela aponta sempre para o norte?
- O que é um eletroímã? Como funciona?
- Quando dizemos que um material está magnetizado?
- Como é possível a levitação dos trens-bala por meio de campos magnéticos?
- Como funciona os motores elétricos?
- Qual a relação da Ressonância com campo magnético?
- Como funciona os colchões magnéticos?
- O que são linhas de indução?

Problematização

CONTEÚDOS	DIMENSÕES	QUESTÕES PROBLEMATIZADORAS
Magnetismo e Eletromagnetismo	Conceitual/Científica	O que é um ímã? Por que ele atrai alguns tipos de metais e outros não? Quais são as propriedades de um ímã? Porque a Terra é considerada um grande ímã? O polo norte de uma agulha magnética é atraído ou repelido pelo polo norte geográfico da Terra? Qual é a relação entre eletricidade e magnetismo? O que é uma bússola? Por que uma

		bússola sempre aponta para o norte?
Magnetismo e Eletromagnetismo	Histórica	Por que íagnetismo? De onde deriva esse nome? Qual foi o experimento que Oersted fez que contribuiu para o eletromagnetismo?
Magnetismo e Eletromagnetismo	Social e econômico	Onde se utiliza ímãs? Qual a importância dos ímãs na comercialização?
Campo magnético	Conceitual / Científico	O que se entende por campo magnético? O que vem a ser vetor campo magnético? Como se calcula campo magnético? O que são linhas de indução?
Campo magnético	Histórico	Quem foi Michael Faraday? Qual sua contribuição ao campo magnético?
Campo magnético	Econômico	Qual a relação do campo magnético com os colchões magnéticos? Como funcionam os trens-bala? Qual a relação desse estudo com ramificações da informática, telefonia, gravação de disco rígido, memória de chips, cartões magnéticos, motores elétricos, entre outros?
Campo magnético	Social	O que é Aurora Boreal? E Aurora Astral? Qual a relação com campo magnético?
Campo magnético de um condutor retilíneo, no centro de uma espira circular e de um solenoide.	Conceitual/ Científico	Em que situação temos campo magnético em um fio retilíneo? E em uma espira circular? E em um solenoide? O que é um eletroímã? Qual a relação de um alto-falante com um solenoide? Como as aves se orientam quando migram de uma região a outra? Como as formigas se orientam?
Campo magnético de um condutor retilíneo, no centro de uma espira circular e de um solenoide.	Econômico e Social	Onde é usado bobinas em geral? Qual a aplicação dos eletroímãs na medicina? Você sabia que no receptor de um telefone, o som é produzido pelas vibrações de uma lâmina de aço, acionada pelo campo magnético variável de um eletroímã? Existe ou não um eletroímã nas campainhas de residências?

Instrumentalização

Conteúdos	Dimensões	Ações	Recursos
Magnetismo e Eletromagnetismo	Conceitual/Científica Histórica Social e econômico	*Textos de reportagens *Experiência em laboratório para mostrar os metais que o ímã atrai e os que não atrai *Exposição oral do professor *Tiras de Charge * Debates sobre um trecho do filme X-Men 2	Laboratório Ímã Bússola Baterias Fios de cobre Tv multimídia ou Datashow
Campo magnético	Conceitual/Científica Histórica Econômica Social	*Debates sobre o início do filme: O núcleo: Missão ao Centro da Terra (2003) *Expêriencia em laboratório para mostrar as linhas de indução * Exposição oral do professor	Laboratório Limalhas de ferro Ímã
Campo magnético de um condutor retilíneo, no centro de uma espira circular e de um solenoide.	Conceitual/ Científico Econômica Social	*Expêriencia em laboratório para mostrar as linhas de indução *Entrevista em oficinas que conserta liquidificadores, batedeiras, entre outros *Laboratório de informática *Laboratório de física *Exposição oral do professor *Lista de exercícios *Visita técnica `a uma Usina Hidrelétrica	Suporte de acrílico Baterias Fio de cobre Computadores ou tablets Simulador de campo magnético Limalhas de ferro Livros Aplicativos para medir campo magnético Aparato experimental sobre campo magnético Celulares Usina Hidrelétrica

Catarse

Síntese mental do aluno:

O aluno poderá chegar a conclusão que: ímãs, indiferente da divisão que ocorrer, terá sempre um polo norte e um polo sul, que o mesmo pode atrair alguns metais, assim como não atrai outros. Identificar as linhas de indução e sua importância para orientações. Que a Terra é considerada um gigantesco ímã.

Devem saber identificar os variáveis campo magnético, bem como saber calculá-lo, perceber a importância do estudo do campo magnético em todas as magnitudes, seja científico, econômico, social, histórico, enfim, ou mesmo para si próprio.

Pedir aos alunos se conseguiriam se orientar caso estivessem perdidos em uma floresta, com uma bússola e deixar eles darem sugestões e justificarem através dos conceitos físicos aprendidos.

Avaliação:

A avaliação acontecerá durante toda a ação docente, verificando o envolvimento dos alunos durante todas as atividades, bem como no decorrer das explicações desenvolvidas pelo professor, buscando averiguar se o discente consegue expor seu entendimento sobre o conteúdo estudado de forma coerente.

Os alunos serão avaliados também através da resolução de uma lista de exercícios.

Prática Social Final

Intenções do aluno e compromisso de ação

Nova Atitude Prática: Intenções	Proposta de ação
1- Aprender mais sobre eletromagnetismo e campo magnético. 2- Conhecer outras Usinas e se tiver a oportunidade fazer visitas técnicas. 3- Disseminar o conhecimento aprendido. 4- Conhecer mais sobre campo magnético.	1-Fazer leituras sobre o tema, bem como buscar assistir filmes. 2-Conhecer o funcionamento da geração de energia elétrica. 3-Conversar com os familiares e amigos sobre campo magnético e sua magnitude. 4-Desenvolver pesquisa sobre inúmeras aplicações do campo magnético, sua existência e sua importância no dia a dia.

APÊNDICE C: Questionário Inicial

- O que você entende por Campo Magnético? Justifique sua resposta.
- Qual a relação você faz entre o magnetismo e o átomo?
- Quais são as fases do ímã? Justifique sua resposta.
- Qual a importância do campo Magnético para o seu dia a dia? Cite alguns exemplos onde o Campo Magnético esteja presente.
- Explique por que os ímãs se atraem ou se repelem.
- Explique por que os ímãs são capazes de atrair certos materiais.
- Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte geográfico?
- Explique como é gerado o Campo Magnético nos fios elétricos:
 - Você conhece a história da contribuição de Biot e Savart para a Lei de Biot-Savart?
 - Você conhece as contribuições de Hans Christian Oersted para a história do eletromagnetismo?
- Qual aplicação econômica e social você atribui ao magnetismo?

APÊNDICE D: Questionário Final

- O que você entende por Campo Magnético?
- Qual a relação que se pode fazer entre o magnetismo e o átomo?
- Quais são as fases do ímã? Justifique.
- Qual a importância do Campo Magnético para o seu dia a dia? Cite alguns exemplos onde o campo magnético esteja presente.
- Explique por que os ímãs se atraem ou se repelem.
- Explique por que os ímãs são capazes de atrair certos materiais.
- Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte geográfico?
- Explique como é gerado o campo magnético nos fios elétricos:
- Você conhece a história da contribuição de Biot e Savart para a Lei de Biot-Savart?
- Você conhece as contribuições de Hans Christian Oersted para a história do eletromagnetismo?
- O que você mais gostou nas aulas sobre magnetismo?
- Qual é a sugestão que você dá para as próximas aulas de Física?
- Qual conteúdo que você teve mais dificuldade de compreender? E qual você teve mais facilidade em compreender?

APÊNDICE E: Termo de Consentimento

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **“A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE CAMPO MAGNÉTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA”**, sob responsabilidade da pesquisadora MICHELLI DA SILVA ARRUDA SORTE, de seu orientador, Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling e de sua co-orientadora, Prof. Dra. Natalia Neves Macedo Deimling.

O objetivo deste estudo consiste em Elaborar, desenvolver e avaliar um material paradidático sobre Campo Magnético, especificamente sobre o conteúdo de geração e determinação envolvendo diferentes geometrias para a corrente elétrica, para o ensino de Física no ensino médio.

Você foi selecionado porque atende a todos o critério de seleção dos participantes da pesquisa, ou seja, é estudante da disciplina de Física e está regularmente matriculado no terceiro ano do ensino médio.

Sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa na participação não trará nenhum prejuízo à sua relação com a pesquisadora ou com a Unidade Escolar na qual você estuda.

Sua participação consistirá no acompanhamento, assiduidade e envolvimento nas atividades que serão desenvolvidas pela própria pesquisadora em sala de aula, com estudantes do terceiro ano do ensino médio, sobre o tema de sua Dissertação de Mestrado, segundo objetivo explicitado acima.

A pesquisa será desenvolvida:

- No Colégio _____, pertencente ao Núcleo Regional de Educação de _____, em uma turma do terceiro ano regular do ensino médio, no âmbito da disciplina de Física.

- No Colégio _____, pertencente ao Núcleo Regional de Educação de _____, em uma turma do terceiro ano regular do ensino médio, no âmbito da disciplina de Física.

Essas atividades serão desenvolvidas somente com a autorização do(a) diretor(a) da Unidade Escolar.

Seu consentimento em participar não acarretará desconfortos, gastos financeiros ou riscos de ordem psicológica, física, moral, acadêmica ou de outra natureza. Sua participação, ao contrário, poderá trazer benefícios, pois você estará participando de uma pesquisa que busca proporcionar aos estudantes da educação básica uma compreensão mais ampla e crítica da relação entre os conteúdos científicos estudados na escola e a realidade social mais ampla em que se encontram inseridos, bem como a problematização dessa realidade, em suas diferentes dimensões. Ademais, visamos com este trabalho favorecer a ampliação dos conhecimentos culturais dos estudantes, a fim de que, munidos desses conhecimentos, eles possam utilizá-los como elementos ativos de transformação social.

Os dados da pesquisa serão coletados a partir do desenvolvimento das atividades teórico-experimentais que serão realizadas em sala de aula pela própria pesquisadora e poderão ser gravadas em um aparelho de gravação de áudio. Todas as informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.

Os resultados serão utilizados para a conclusão da pesquisa acima citada. Os dados coletados durante o estudo serão analisados e apresentados sob a forma de relatórios e serão divulgados por meio de trabalhos apresentados em reuniões científicas, periódicos e da própria Dissertação de Mestrado.

Comprometemo-nos a disponibilizar uma cópia da versão final da Dissertação aos Colégios _____.

Assinatura do Pesquisador

Eu, _____, declaro que entendi os objetivos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

APÊNDICE F:
Produto Educacional - Unidade de Conteúdo

Eletromagnetismo

Magnetismo

Organizadores

Michelli da S Arruda Sorte
César Vanderlei Deimling
Natália Neves M Deimling

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dx \times r}{r^3}$$

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
TÓPICO 1	
1. MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO.....	7
1.1 Objetivos específicos do tópico.....	7
1.2 Pré-Requisitos para se ensinar esse tópico aos alunos.....	7
1.3 Diagnóstico de conhecimentos prévios.....	8
1.4 Um pouco de história.....	9
1.4.1 História do Magnetismo.....	10
1.5 Atividade Experimental 1: Experimento 1.....	18
1.6 Magnetismo Terrestre.....	20
TÓPICO 2	
2. CAMPO MAGNÉTICO.....	23
2.1 Objetivos específicos do tópico.....	23
2.2 Contando um pouco de História.....	23
2.2.1 História do Eletromagnetismo.....	23
2.3 Atividade Experimental 2: Experimento 2.....	25
2.4 Continuando a história.....	26
2.4.1 Lei Biot- Savart.....	26
2.4.2 Principais características do campo magnético.....	29
2.5 Atividade Experimental 3: Experimento 3.....	30
TÓPICO 3	
3. CAMPO MAGNÉTICO DE CONDUTORES COM DIFERENTES FORMATOS.....	35
3.1 Objetivos específicos do tópico.....	35
3.2 Mais um pouco de História.....	35
3.4 Campo magnético para diferentes geometrias.....	38
3.4.1 Campo magnético gerado por um fio retilíneo.....	38
3.4.2 Campo magnético no centro de uma espira.....	44
3.4.3 Campo magnético gerado no centro de um solenoide.....	49

3.5 Resumo.....	52
3.6 Atividade Experimental 4: Experimento 4.....	53
3.7 Atividade Experimental 5: Experimento 5.....	54
3.8 Curiosidade.....	57
3.9 Magneto.....	58
3.10 Finalizando.....	60
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

APRESENTAÇÃO

Há muitas décadas, a discussão sobre a importância da relação entre teoria e prática e entre conhecimento científico e cotidiano na formação escolar tem permeado diversos estudos e pesquisas de diferentes áreas do conhecimento e, em especial, da área de ensino. Todavia, apesar dos diferentes estudos e análises já realizadas, observamos que, em muitas situações, os conteúdos estudados em âmbito escolar são trabalhados de forma desconexa da prática social, o que, frequentemente, faz com que os estudantes apresentem algumas dificuldades em relacionar os conteúdos curriculares à realidade cotidiana. Com o intuito de contribuir para a superação dessa dicotomia, elaboramos o presente material.

Este produto educacional foi desenvolvido a partir de uma pesquisa de mestrado vinculada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, polo de Campo Mourão, sob a supervisão da Sociedade Brasileira de Física. O objetivo desta pesquisa consistiu-se em elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino do conteúdo de campo magnético no Ensino Médio.

Este produto educacional é composto por um Plano de Unidade - O plano de unidade, trata-se de uma previsão peculiar e indutiva do trabalho a ser desenvolvido durante um determinado tempo, e uma Unidade de Conteúdo – em nosso caso trata-se de um material paradidático que poderá ser utilizado por professor, aluno do Ensino Médio e/ou ambos, os quais abordam o conteúdo campo magnético em situações pouco trabalhadas no Ensino Médio

, numa perspectiva teórico-prática, incluindo cinco propostas de atividades experimentais, bem como um software para o cálculo de campo magnético.

Com esse produto educacional, buscamos apresentar uma alternativa diferenciada para o desenvolvimento do conteúdo campo magnético em sala de aula, tendo em vista a sistematização, problematização e contextualização desse conteúdo em seus aspectos teóricos e práticos e sua relação com a prática social mais ampla e as diferentes dimensões que esse conteúdo comporta.

O Plano de Unidade e a Unidade de Conteúdo estão divididos em três tópicos (1, 2 e 3), nos quais buscamos abordar o conteúdo campo magnético em

suas diferentes dimensões: científica, conceitual, histórica, social e econômica, tendo como base teórico-metodológica os princípios e fundamentos da Pedagogia Histórico- Crítica.

No Tópico 1, buscamos apresentar o conteúdo a partir de atividades teórico-experimentais que possam identificar e discutir os conhecimentos prévios trazidos pelos estudantes sobre o tema, discutindo também a interação dos ímãs com outros materiais. Para que os alunos possam compreender melhor as interações existentes entre os ímãs, partimos de conceitos relacionados à natureza atômica da matéria, aos domínios magnéticos e as definições de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos.

Neste tópico buscamos também abordar um pouco da história do magnetismo e discutir a relação entre eletricidade e magnetismo. No decorrer das duas aulas planejadas para esse tópico, o professor pode desenvolver ações como: exposição oral dialogada, debates sobre textos, reportagens, tiras, charges e atividades experimentais. Para tanto, será necessário dispor de alguns recursos, tais como: laboratório, ímã, bússola, baterias, TV multimídia ou Datashow. Durante o desenvolvimento desse tópico, discutimos o conteúdo em suas dimensões teórico-experimentais, articulando o conteúdo com a prática social, de modo a oferecer condições de aprendizagem para o aluno compreender e adquirir a noção científica, histórica, social e econômica.

No tópico 2, também abordamos o conteúdo campo magnético a partir de atividades sobre como o campo magnético produzido por um ímã se distribui no espaço. No desenvolvimento desse tópico, trabalhamos o conteúdo em suas dimensões científica, histórica, social e econômica, no intuito de proporcionar ao aluno a apropriação do conhecimento científico. Para isso, propomos o debate sobre o início do filme “O núcleo: Missão ao Centro da Terra” (2003) e atividades teórico-práticas para explicar as linhas de campo. Para o desenvolvimento desse tópico serão necessários recursos como laboratório, limalhas de ferro, ímã, TV multimídia ou Datashow.

No tópico 3, buscamos discutir o conteúdo campo magnético em suas dimensões científica, histórica, social e econômica, no intuito de permitir aos estudantes a constante relação entre teoria e prática.

No início desse tópico, é lembrado o que foi discutido nos encontros anteriores. Na sequência, são propostas atividades teórico-experimentais de modo a permitir aos estudantes a análise da relação entre o campo magnético e as

correntes elétricas. Utilizando uma montagem experimental, são posteriormente discutidas diferentes configurações das linhas de campo magnético obtidas a partir de condutores percorridos por corrente elétrica com diferentes formatos. Visando aproximar os estudantes do contexto tecnológico, é proposto também um experimento em grupos de 4 ou 5 alunos cada, a partir do qual os estudantes serão capazes de determinar o perfil do campo magnético no eixo de uma bobina compacta de aproximadamente 300 espiras, tendo como base os conteúdos discutidos antes e ao longo da atividade e a utilização de aplicativos de celular e programas de computador (Simulador).

Ao longo de cada tópico apresentamos listas de exercícios aos alunos, de modo que eles possam, pela mediação docente, aprofundar os conteúdos trabalhados em sala de aula.

Esperamos que este material possa contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de campo magnético no Ensino Médio.

TÓPICO 1

1. MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO



Duração desse tópico: Sugere-se que sejam utilizadas 4 horas/aula para trabalhar esse tópico. No entanto, caso haja necessidade, o professor poderá utilizar mais horas-aula.

1.1 Objetivos específicos do tópico:

- * Explicar a interação dos ímãs com outros materiais, enfatizando sua estrutura atômica e a organização interna dos momentos magnéticos;
- * Discutir o conceito de domínio magnético e as definições de materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos;
- * Discutir brevemente a história do magnetismo;
- * Discutir sobre a relação entre eletricidade e magnetismo.

1.2 Pré-Requisitos para se ensinar esse tópico aos alunos:

- Noções básicas sobre as forças de ação e reação que ímãs imprimem entre si e entre metais;
- Compreender a natureza da matéria, o conceito de átomo e suas partes;
- Compreender o conceito de carga elétrica e corrente elétrica.

1.3 Diagnóstico de conhecimentos prévios

Inicialmente, sugere-se a aplicação de um questionário inicial para o diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, tendo em vista averiguar o que já sabem sobre o conteúdo a ser trabalhado. Esse questionário pode ser realizado por escrito (solicitar que os alunos respondam as questões) e/ou oralmente (discussão/debate com os alunos):

- O que você entende por Campo Magnético? Justifique sua resposta.
- Qual a relação você faz entre o magnetismo e o átomo.
- Quais são as fases do ímã? Justifique sua resposta.
- Qual a importância do Campo Magnético para o seu dia a dia? Cite alguns exemplos onde o Campo Magnético esteja presente:
- Explique por que os ímãs se atraem ou se repelem:
- Explique por que os ímãs são capazes de atrair os metais:
- Por que a agulha de uma bússola aponta sempre para a região do polo norte geográfico?
- Explique como é gerado o Campo Magnético nos fios elétricos.
- Você conhece a história da contribuição de Biot e Savart para a Lei de Biot-Savart?
- Você conhece as contribuições de Hans Christian Oersted para a história do eletromagnetismo?
- Qual aplicação econômica e social você atribui ao magnetismo?

1.4 Um pouco de história

IMÃS

Caro professor!!!!

Sugerimos que se inicie o conteúdo com uma conversa junto aos alunos abordando o contexto histórico. Pode-se iniciar utilizando a Figura abaixo e levantando alguns questionamentos, tais como:

- **O que estas imagens estão buscando representar?**
- **Por que Magnetismo? De onde deriva esse nome?**



Figura 1: Pastor com seu cajado sendo atraído pela rocha magnetita.

Fonte: Instalações elétricas (2013)¹³.

CURIOSIDADES!!!!!!!

VOCÊ SABIA???

A magnetita (imã natural) era chamada de pedra amante pelos chineses da Antiguidade. Essa expressão deu origem a palavra aimant, ou seja, amante - em francês, de onde veio o nome imã.



¹³ Disponível em: <<http://instalacoeseletricasii.blogspot.com.br/2013/01/magnus.html>>.

1.4.1 História do Magnetismo

Para compreendermos um pouco sobre magnetismo e eletromagnetismo, é interessante voltarmos ao passado, discutindo um pouco da história do magnetismo.

De onde vem a palavra magnetismo?

De acordo com a Bassalo (1994), o magnetismo já era conhecido desde as civilizações antigas. Tales, de Mileto, na Grécia já conhecia os efeitos de atração e repulsão de uma pedra que tinha como composição o óxido de ferro. Posteriormente, essa pedra recebeu o nome de magnetita (conhecido popularmente como ímã), em homenagem a um pastor de ovelhas grego chamado Magnes que percebeu que as pedras grudavam em seu cajado de ferro.

Relatos envolvendo magnetismo citam em seu contexto inicial estudos envolvendo um mineral chamado magnetita, como a primeira substância com propriedades magnéticas conhecida pelo homem, conforme afirma Bassalo (1994):

Este ficou surpreso ao observar que a ponta de ferro de seu cajado, assim como os pregos de sua sandália, era atraídos por certas pedras que encontrava ao longo de seu pastoreio. Este, provavelmente se localizava na Tessália, uma província grega que passou a ser chamada, por razões óbvias, de Magnésia. Essas pedras, pela mesma razão, passaram a ser conhecidas como magnetita ou ímã natural, quimicamente conhecida como Fe_3O_4 (BASSALO, 1994, p. 76).

O primeiro a escrever sobre o magnetismo no Ocidente, de acordo com Silva e Barreto Filho (2012), foi Peter Peregrinus, filósofo e engenheiro do exercido de Charles d'Anjou, que escreveu um tratado datado de 1269 no qual, além de descrever a magnetita e suas propriedades, definia a propriedade do ímã de apontar sempre para o norte geográfico, mencionando pela primeira vez o termo "polo magnético" e explicando o porquê de um ímã se transformar em dois quando partido.

Segundo fatos históricos já era sabido que as bússolas dos navios eram afetadas por objetos ferromagnéticos presentes nos navios, mas nunca se

dispunha de afirmações e experiências que comprovassem tal relação. Muitas vezes os fenômenos elétricos e magnéticos eram abordados como se não possuíssem nenhuma relação entre si.



Figura 2: Imagem de Willian Gilbert

Fonte: Epic School (2017) ¹⁴.

William Gilbert (1544-1603) é considerado por muitos como o primeiro grande físico britânico. Ele estabeleceu-se em Londres por volta de 1570, após estudar medicina na Universidade de Cambridge, tendo sido nomeado, inclusive, médico da rainha Elizabeth I. Foi como cientista, entretanto, que ficou conhecido, conforme afirma Ribeiro (2000, p. 300):

Dos filósofos naturais que estudaram magnetismo, o mais famoso é William Gilbert de Colchester (1544- 1603), chamado de “Pai do Magnetismo”, pois sistematizou as especulações sobre o assunto. Vinte anos à frente de Sir Francis Bacon, foi um firme defensor do que nós chamamos hoje de método experimental. De *Magnete* foi sua obra-prima, dezessete anos do seu trabalho registrado, contendo todos os seus resultados. Nesta foi reunido todo o conhecimento sobre magnetismo digno de confiança de seu tempo, junto com suas maiores contribuições. Entre outros experimentos, foram reproduzidos aqueles executados três séculos antes por Peregrinus com a magnetita esférica que foi chamada de *terrela* (pequena terra), pois Gilbert a idealizou como sendo um modelo atual da Terra e assim foi o primeiro a afirmar que a Terra é um ímã, ou seja, possui um campo magnético próprio.

De acordo com Rocha (2011), Gilbert, em seu livro *De Magnete*, publicado em 1600, além de enfatizar a distinção entre os efeitos magnéticos do âmbar e do ímã, compila todos os fatos importantes conhecidos sobre fenômenos elétricos e magnéticos.

¹⁴ Disponível em: <<http://www.epic-school.com/calendar/>>.



Nesse momento, é importante o professor trabalhar com os alunos os conceitos científicos sobre ímãs e magnetismo. O texto abaixo poderá auxiliar.

As substâncias sólidas, líquidas ou gasosas mostram alguma característica magnética, indiferente da temperatura. Sendo assim, todo material possui uma propriedade do magnetismo. Essa propriedade dos materiais tem sua origem na estrutura eletrônica dos átomos. Do ponto de vista clássico, são dois fatores associados ao elétron que podem explicar a origem dos momentos magnéticos: o momento magnético orbital do elétron (relacionado ao momento angular do elétron) e o momento magnético do spin do elétron (característica intrínseca do elétron) – Figura 3.

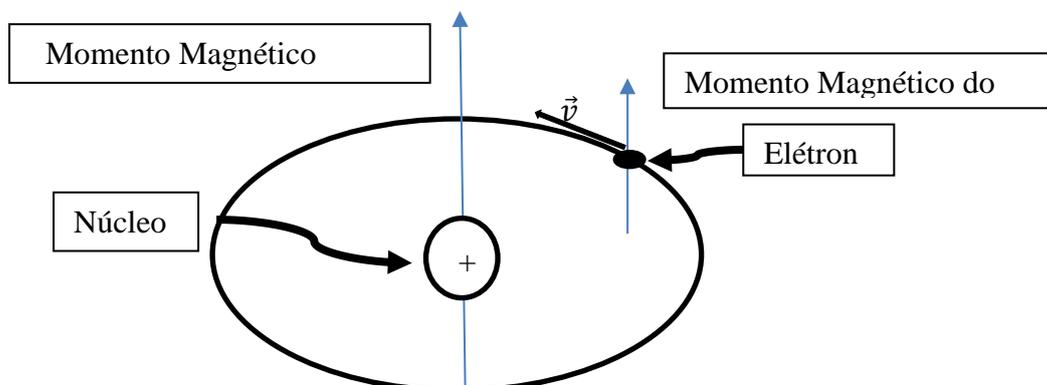


Figura 3: Momento Magnético Orbital
Fonte: Autoria própria (2017).

De uma maneira geral, a matéria possui fases magnéticas, que podem

ser classificadas de acordo com a origem microscópica de sua magnetização e de suas interações internas, sendo que as principais fases são: o Diamagnetismo, o Paramagnetismo e o Ferromagnetismo.

Nas substâncias diamagnéticas os momentos magnéticos se orientam de maneira contrárias ao sentido do campo magnético aplicado em suas vizinhanças. Conforme afirma Ribeiro (2000), diamagnetismo, em geral, corresponde ao tipo mais fraco de resposta magnética de um sistema, caracterizado por susceptibilidade negativa da ordem de 10^{-5} A/m - onde o sinal negativo se deve ao fato de que os domínios magnéticos terem sentido oposto ao do campo magnético ao qual o objeto está exposto. O fato desse valor ser negativo indica que a magnetização (caracterizada pela soma dos momentos magnéticos dividida pelo volume da amostra) nesses materiais tem orientação oposta à do campo aplicado.

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009):

QUAIS SÃO AS
PROPRIEDADES
DE UM IMÃ?

o diamagnetismo existe em todos os materiais, mas é tão fraco que em geral não pode ser observado se o material possui uma das outras duas propriedades. No diamagnetismo, momentos dipolares magnéticos são produzidos nos átomos, do material apenas quando esse é submetido a um campo magnético externo. A combinação desses momentos dipolares induzidos resulta em um campo magnético de baixa intensidade no sentido contrário ao do campo externo, que desaparece quando o campo externo é removido (Halliday, Resnick e Walker, p. 356, 2009).

São exemplos de substâncias que exibem respostas diamagnéticas: o Bismuto, o Cobre, a Prata e o Chumbo. Esse fenômeno pode ser observado através da Figura 4.

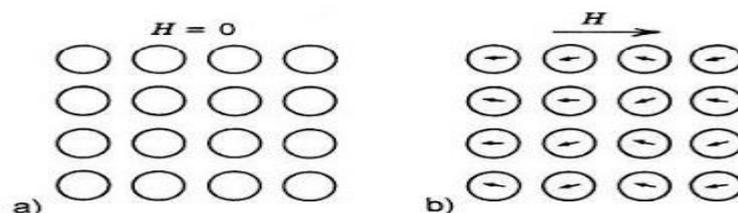


Figura 4: Diamagnetismo – a) material diamagnético na ausência de um campo magnético externo; b) material diamagnético na presença de um campo magnético externo aplicado

Fonte: Callister (2013)¹⁵.

O paramagnetismo pode ocorrer em materiais cujos momentos magnéticos não exibem orientação preferencial. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009):

Os átomos desses elementos possuem um momento dipolar magnético diferente de zero, mas como os momentos dos átomos estão orientados aleatoriamente, o campo magnético resultante é zero. Entretanto, um campo magnético externo pode alinhar parcialmente os momentos dipolares magnéticos atômicos, fazendo com que o material apresente um campo magnético resultante, inerente aos momentos magnéticos, no mesmo sentido que o campo externo que desaparece quando o campo externo é removido (Halliday, Resnick e Walker p.356, (2009).

Podemos citar como exemplo de materiais paramagnéticos o Alumínio e a Platina, conforme na Figura abaixo, têm-se a representação de um material paramagnético.

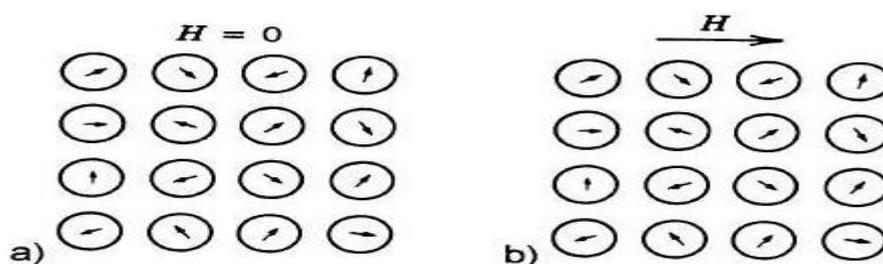


Figura 5: Paramagnetismo:

a) Configuração dos momentos magnéticos de um material paramagnético na ausência de um campo magnético externo; b) Configuração dos momentos magnéticos em um material paramagnético na presença de um campo magnético externo

Fonte: Callister (2013).¹⁶

Quando nos referimos ao ferromagnetismo, devemos lembrar que apenas alguns elementos puros pertencem a essa classe. São eles o Ferro, Níquel, Cobalto e em baixas temperaturas o Disprósio e o Gadolínio, além de ligas envolvendo esses elementos. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009), Nesses materiais, os momentos dipolares magnéticos de átomos vizinhos se alinham, produzindo regiões com alto alinhamento dos momentos magnéticos. Em materiais magnéticos, como o Ferro e o Aço, o campo magnético dos

¹⁶ Disponível em:

CALLISTER, William D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

elétrons, ou seja, os momentos magnéticos se alinham formando regiões que apresentam magnetismo espontâneo. Essas regiões são chamadas de domínios magnéticos. Em uma peça não-magnetizada de um material magnético os domínios estão distribuídos de forma aleatória e o campo magnético total em qualquer direção é zero. Quando esse material sofre a ação de um campo magnético externo, os domínios se orientam com o campo aplicado. Esse alinhamento cresce à medida que o campo externo aumenta, conforme mostrado na Figura abaixo:

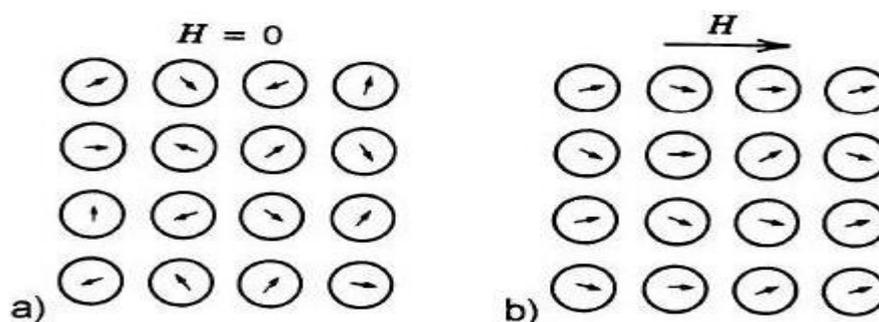


Figura 6: Ferromagnetismo: a) ferromagneto na ausência de um campo magnético externo; b) ferromagneto na presença de um campo magnético externo

Fonte: Callister, 2013.



As respostas ferromagnéticas, assim como as paramagnéticas são apresentadas por amostras que possuem momentos de dipolo magnéticos resultantes permanentes, que podem se orientar dependendo da condição de campo magnético externo.

O que diferencia os materiais ferromagnéticos dos paramagnéticos é que nos primeiros existe uma forte interação entre momentos de dipolo atômicos vizinhos que os mantêm alinhados, mesmo quando o campo magnético externo é removido. O resultado desse alinhamento é a formação dos domínios magnéticos. A temperatura acima da qual um material ferromagnético passa a ser paramagnético é denominada temperatura de Curie, também chamado de ponto Curie. Trata-se de uma temperatura na qual um ímã ou material ferromagnético perdem suas propriedades magnéticas. Tal característica foi

descoberta por um pesquisador francês Pierre Currie. Nesse sentido, Ribeiro (2000) afirma que:

Alguns elementos do grupo de transição, como o ferro, níquel e cobalto puros ou em ligas com outros elementos, apresentam uma alta magnetização espontânea abaixo da temperatura de Curie (TC). Essa alta magnetização nos materiais ferromagnéticos está relacionada ao fato destes possuírem momentos de dipolo magnético intrínsecos altamente interagentes que se alinham paralelamente entre si. (RIBEIRO, 2000, p. 302).

Os ímãs possuem algumas propriedades como inseparabilidade dos polos e interação entre os polos. Quanto a inseparabilidade dos polos, ao dividir um ímã em várias partes, cada parte formará um novo ímã com dois polos, ou seja, é impossível existir um monopolo magnético, como mostra a Figura 7.

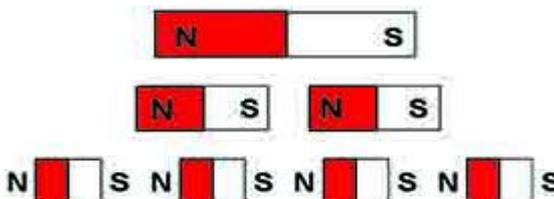


Figura 7: Inseparabilidade dos polos de um ímã
Fonte: Educação.globo¹⁷

Em relação a interação entre os polos, quando se aproximam dois polos iguais, ocorre a força de repulsão entre eles, se os polos forem diferentes, a força será de atração.

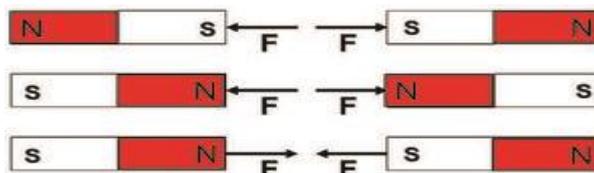


Figura 8: Interação entre polos de um ímã
Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009)¹⁸.

¹⁷ Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/imas-e-magnetismo.html>>.

¹⁸ Disponível em: HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física:** gravitação, ondas e termodinâmica. Trad.: Ronaldo Sérgio de Biase. Vol. 3. 8ª ed. Editora LTC, 2009.

CARO PROFESSOR!!!!
SUGERE-SE QUE SE REGASTE O CONTEÚDO
TRABALHADO POR MEIO DAS CHARGES ABAIXO
E DO EXPERIMENTO 1 (SEGUIE DESCRIÇÃO DO
EXPERIMENTO). AQUI O PROFESSOR PODE
INVESTIGAR E ANALISAR O QUANTO E O COMO O
CONTEÚDO TRABALHADO ATÉ ENTÃO FOI
AAPROPRIADO PELO ALUNO.



ENTREGAR PARA CADA ALUNO AS CHARGES ABAIXO E PEDIR PARA QUE POR MEIO DO CONTEÚDO TRABALHADO ELES EXPLIQUEM O QUE ENTENDERAM.



Figura 9: Atrai ou não
Fonte: Ciência, Cefet e Coltec



Figura 10: Brigas de ímãs
Fonte: <<http://slideplayer.com.br/slide>>.

ATENÇÃO PROFESSOR!!!! É INTERESSANTE QUE OS EXPERIMENTOS DESTA UNIDADE DE CONTEÚDO SEJAM DESENVOLVIDOS EM GRUPOS DE 3 OU 4 ALUNOS, DE FORMA A PERMITIR UMA NOVA E CONSTANTE PROBLEMATIZAÇÃO DO TÓPICO.



1.5 Atividade Experimental 1: Dipolos de um ímã

PARTE 1: DIPOLOS DE UM ÍMÃ MATERIAIS UTILIZADOS

“Um ímã apresenta dois polos, que não podem ser separados. Se quebrarmos um ímã ao meio, cada metade apresentará novamente dois polos.”

1 ímã (pode ser adquirido em alto falante queimado);
1 alicate
Limalhas de ferro

Procedimento: Inicialmente, o professor aproxima o ímã das limalhas de ferro, para provar que o mesmo trata-se de um ímã. Em seguida, com o auxílio de uma alicate, quebra o ímã ao meio e pergunte aos alunos: **O que vocês acham que vai acontecer?** Em seguida, tente juntar os ímãs, encaixando as partes quebradas uma à outra. Instigar os alunos quanto ao ocorrido – **Por que isso acontece?** – solicite aos estudantes que utilizem de conceitos científicos para explicar o ocorrido.

Quebre mais uma vez cada parte do ímã e pergunte aos alunos: **e agora, o que vocês acreditam que irá acontecer ao aproximarmos as partes do ímã quebrado?**

Reforçar aos alunos que devido a orientação dos momentos magnéticos dos ímãs, o mesmo pode ser composto apenas por alguns átomos e ainda terá propriedades magnéticas, formando um dípolo magnético.

PARTE 2: ATRAI OU NÃO MATERIAIS UTILIZADOS

1 ímã;
Pregos;
Clips;
Algum objeto feito de inox;
1 pedaço de papel alumínio;
1 borracha escolar e 1 lápis;
1 régua.

Procedimento: Aproxime cada objeto separadamente do ímã. Observe se ele é atraído pelo ímã ou se nada acontece.

Responda: Porque alguns objetos são atraídos pelo ímã? Justifique utilizando dos conceitos de Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo. Porque alguns objetos não interagem com o ímã? Justifique utilizando dos conceitos de Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo.

VOCE SABIA???

Na Faculdade de Zootecnia de Alimentos da USP, pesquisadores estão desenvolvendo estudos com um equipamento que poderá ajudar na conservação de alimentos, que consiste em submeter amostras de carne fresca moída a um campo magnético, o que faz com que a carne leve mais tempo para escurecer. Essa cor marrom, ocorre porque o átomo de ferro presente na proteína perde elétrons em contato com o ar e quando sujeito a um campo magnético, interferem nesse processo, retardando a degradação do alimento (DIAS, 2017).

SERÁ A
TERRA UM
GRANDE
ÍMÃ?????

1.6 Magnetismo Terrestre

VOCE SABIA????

Campo Magnético da Terra

O planeta Terra, em termos magnéticos, se comporta como um grande ímã, de acordo com HALLIDAY (2009), em pontos próximos da superfície terrestre o campo se assemelha ao campo produzido por um gigantesco ímã em forma de barra (um dipolo magnético) que atravessa o centro do planeta. Por volta de 1600, Willian Gilbert afirmou ser a Terra um ímã gigantesco. E é por esse motivo que os polos sul e norte ganharam esse nome, porque o planeta também possui um magnetismo proveniente do movimento do seu núcleo. De acordo com Cordeiro (2011), os polos Norte e Sul geográficos são uma convenção humana, enquanto os polos magnéticos são consequências de um fenômeno natural. Os polos geográficos são os lugares onde o eixo de rotação da Terra corta a superfície do planeta. Já os polos magnéticos são os pontos do planeta em que um ímã aponta para baixo, formando um ângulo de 90 graus com o chão, conforme se pode verificar na figura abaixo.

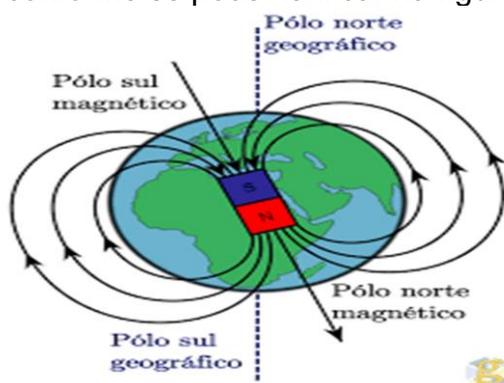


Figura 11: Magnetismo da Terra
Fonte: Ciencia popular

O POLO
NORTE DE
UMA AGULHA
MAGNÉTICA É
ATRAÍDO O
REPELIDO
PELO POLO
NORTE
GEOGRÁFICO
DA TERRA?

O professor poderá utilizar ou sugerir aos alunos o vídeo que explica o comportamento do campo magnético da Terra, que poderá ser encontrado no *link*:

<<https://www.youtube.com/watch?v=9SyLGsBBdVE>>.



1) As afirmativas abaixo referem-se a fenômenos magnéticos. Assinale a(s) proposição(ões) VERDADEIRA(S).

- () Um estudante quebra um ímã ao meio, obtendo dois pedaços, ambos com polo sul e polo norte.
- () Um astronauta, ao descer na Lua, constata que não há campo magnético na mesma, portanto ele poderá usar uma bússola para se orientar.
- () Uma barra imantada se orientará ao ser suspensa horizontalmente por um fio preso pelo seu centro de gravidade ao teto de um laboratório da UFSC.
- () Uma barra não imantada não permanecerá fixa na porta de uma geladeira desmagnetizada, quando nela colocada.
- () Uma das formas de desmagnetizar uma bússola é colocá-la num forno quente.

2) O que é o Diamagnetismo? Quais as principais características relacionadas ao Diamagnetismo?

3) O que é o Paramagnetismo? Quais as principais características relacionadas ao Paramagnetismo?

4) O que é o Ferromagnetismo? Quais as principais características relacionadas ao Ferromagnetismo?

5) A Terra é considerada um ímã gigantesco, que tem as seguintes características:

a) O polo norte geográfico está exatamente sobre o polo sul magnético, e o sul geográfico está na mesma posição que o norte magnético.

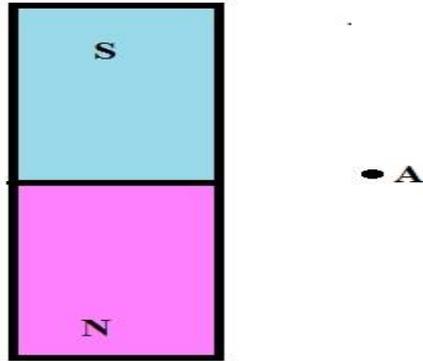
b) O polo norte geográfico está exatamente sobre o polo norte magnético, e o sul geográfico está na mesma posição que o sul magnético.

c) O polo norte magnético está próximo do polo sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo ao polo norte geográfico.

d) O polo norte magnético está próximo do polo norte geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo sul geográfico.

e) O polo norte geográfico está defasado de um ângulo de 45° do polo sul magnético, e o polo Sul geográfico está defasado de 45° do polo norte magnético.

6) Uma bússola é colocada na proximidade do ímã da figura sobre o ponto A:



Sabendo que o vermelho corresponde ao polo norte da bússola, qual será a orientação da agulha sobre o ponto A:



7) O que são polos magnéticos? Por que a maioria dos metais não são atraídos por um ímã?

8) O que é temperatura de Curie?

TÓPICO 2

2. CAMPO MAGNÉTICO



Duração desse tópico: Sugere-se que se utilizem 3 horas/aula para trabalhar esse tópico. No entanto, caso haja necessidade, o professor poderá utilizar mais horas-aula.

2.1 Objetivos específicos:

- * Oferecer condições de aprendizagem para o aluno compreender campo magnético;
- * Permitir que os estudantes adquiram uma noção sobre o campo magnético produzido por um ímã e de como ele se distribui no espaço;
- * Discutir as representações geométricas dos campos magnéticos;
- * Discutir sobre os campos magnéticos.

2.2 Contando um pouco de História



2.2.1 História do Eletromagnetismo



Figura 12: Hans Christian Oersted

Fonte: Júnior (2018)¹⁹.

Por volta de 1800, muitos acreditavam na existência de relações entre eletricidade e magnetismo. Esta crença poderia ser inclusive em função de questões filosóficas como foi o caso de Oersted. Muitas vezes, os fenômenos elétricos e magnéticos eram abordados como se não possuíssem nenhuma relação. No entanto, um físico dinamarquês Hans Christian Oersted, iniciou estudos em 1807 sobre a ação da eletricidade em uma

agulha imantada, mas só em 1820, percebeu que ao aproximar uma agulha imantada de um fio no qual passa

Oersted e o eletromagnetismo?

¹⁹ Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/hans-christian-oersted.htm>>.

passava uma corrente, a agulha sofria uma deflexão. Oersted observou a deflexão de um pequeno ímã colocado-o próximo a um fio percorrido por uma corrente elétrica, o que o convenceu que os campos magnéticos eram gerados a partir de todos os lados de um fio carregado. A relação entre magnetismo e eletricidade fora finalmente observada.

Isola (2003) afirma que isso ocorreu durante uma das aulas de Oersted, sobre o efeito térmico das correntes nos fios condutores, onde ele percebeu que uma agulha magnetizada sofria influência da corrente elétrica que passava por um fio colocado nas proximidades.

Após algum estudo, percebeu que ao se passar uma corrente elétrica por um fio, gerava-se campo magnético em torno do mesmo. Essa descoberta fundamental desencadeou uma série de pesquisas que levou a unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos. Os trabalhos de Oersted foram publicados pela primeira vez em 1820, às custas do próprio autor (CHAIB; ASSIS, 2007).

Sobre a origem dos efeitos magnéticos Chaib e Assis (2007) afirmam que Oersted:

Estava entre os pesquisadores que acreditava que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos fatores que os elétricos. Para tentar confirmar suas ideias, realizou experiências a fim de buscar uma relação entre uma agulha imantada e o “conflito elétrico.” Este termo, utilizado por Oersted, vinha de sua concepção da natureza da corrente elétrica. Ele imaginava que existiam duas correntes em um fio metálico ligado a uma bateria, uma positiva e outra negativa, fluindo em sentidos opostos. (CHAIB; ASSIS, 2007, p.42).

Em 1831, Michael Faraday (1791-1867) descobriu os efeitos elétricos produzidos pelo magnetismo. Segundo Hessel, Freschi e Santos (2015), Faraday observou que o movimento de um ímã nas proximidades de uma bobina condutora provocava o aparecimento de uma corrente na bobina. Através desse efeito, chamado de indução eletromagnética, ele descreveu quantitativamente a relação entre a variação do fluxo magnético e a força eletromotriz induzida, responsável pela geração de corrente elétrica.



Que tal realizarmos o experimento realizado por Oersted, em 1820?!?



PARTE PRÁTICA

2.3 Atividade Experimental 2: deflexão da bússola

- 1 bússola (encontrada facilmente em lojas populares);
- 1 pilha 1,5 V tipo D ou uma bateria de 9 V;
- 1,5 m de fio rígido de cobre.

Procedimento:

Dobre o fio de cobre em forma de um quadrado. Para facilitar o manuseio, cole o fio já dobrado em uma superfície plana com uma fita, conectando ao final a pilha ou bateria. Segure a bússola em sobre diferentes pontos do fio observando o que acontece.

O que ocorreu? Por que? Justifique utilizando os conceitos já trabalhado em sala de aula.

Atenção professor!!!!

- A bateria não terá grande duração devido ao alto consumo de energia, portanto, conecte a bateria apenas quando estiver pronto para realizar o experimento..
- O experimento deve ser desenvolvido com o aluno, buscando fazer articulação teoria e prática.



AFINAL, QUAL A RELAÇÃO DA
CORRENTE ELÉTRICA COM O
CAMPO MAGNÉTICO???

2.4 Continuando a história

2.4.1 Lei Biot- Savart



Figura 13: Biot e Savart.
Fonte: Júnior (2018)²⁰.

Qualquer carga elétrica em movimento ou fio percorrido por corrente elétrica, independentemente do formato, gera ao seu redor um campo magnética. Nesta unidade, serão estudados os campos gerados por fios retilíneos, espiras circulares e solenoides. O campo magnético devido a uma corrente elétrica que passa em um fio de forma arbitrária pode ser calculado diretamente a partir da Lei de Biot-Savart (equação 1).

$$dB = \frac{\mu_0 i dl \cdot \text{sen}\theta}{4\pi r^2} \quad 1$$

Essa lei descreve o sentido do campo magnético e relaciona-o com o sentido da corrente elétrica, fornecendo ainda a descrição matemática do fenômeno. De acordo com alguns estudiosos, a lei foi obtida por **Jean-Baptiste Biot** (1774-1862) e **Félix Savart** (1791-1841) depois de Hans Christian Oersted publicar seus estudos sobre a deflexão da bússola devido ao campo magnético gerado por uma corrente quando passa por um fio.

Nas aplicações práticas da lei *de Biot-Savart* podemos utilizar a regra da mão direita para verificar a direção do campo. Para tanto, basta colocarmos o

²⁰ Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/hans-christian-oersted.htm>>.

dedo polegar da mão direita na direção de i , a direção do campo B será dada pela direção dos outros dedos da mão, como ilustrado na Figura 14.

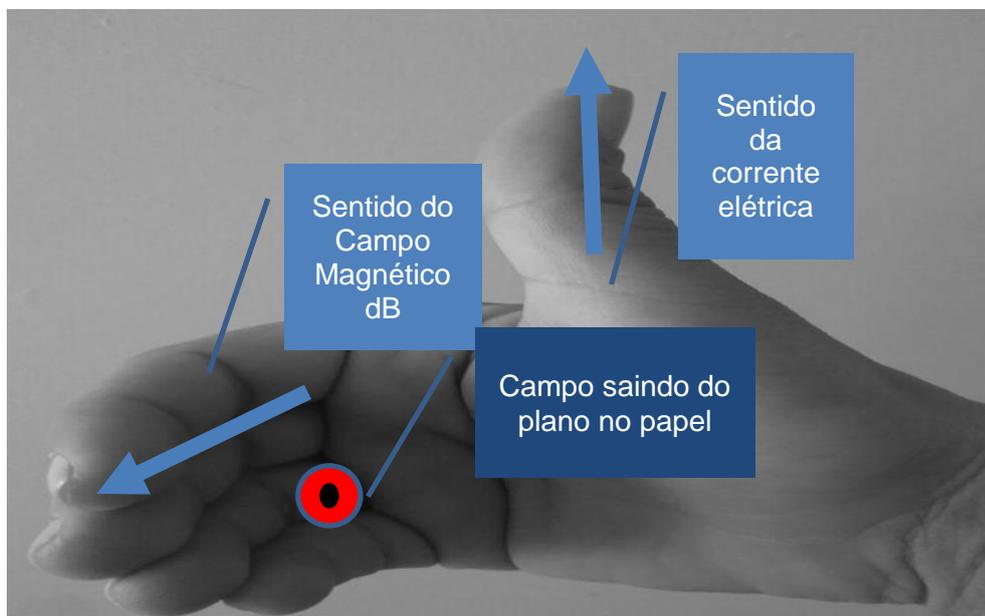


Figura 14: Regra da mão direita - O polegar está indicando o sentido da corrente elétrica e os demais dedos indicam sentido do campo elétrico
Fonte: Autoria própria (2017).

Para se representar a orientação do campo magnético no papel, utilizam-se simbologias como \otimes e \odot , sendo \otimes o símbolo do vetor campo magnético entrando e \odot o símbolo do vetor campo magnético saindo do plano de projeção, conforme se pode identificar na Figura 15.

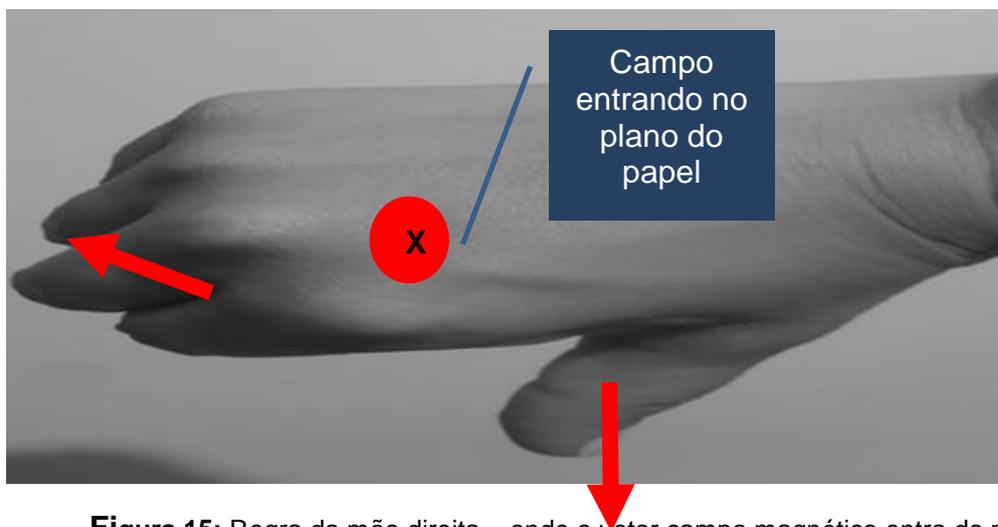
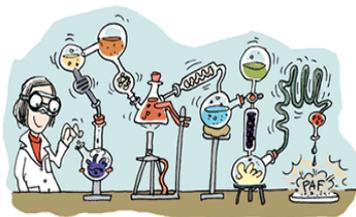


Figura 15: Regra da mão direita – onde o vetor campo magnético entra do papel.
Fonte: Autoria própria (2017).

Afinal, o que vem a ser vetor campo magnético?

2.4.2 Principais características do campo magnético

- 1 - O vetor campo magnético B tem como unidade de medida no S.I. tesla T.
- 2-Como o vetor campo magnético é tangente às linhas de Campo, o campo é formado por linhas que não se cruzam.
- 3 - Quanto mais próximas estiverem as linhas de campo, mais intenso será o campo magnético.
- 4 - A diferença entre as linhas de campos elétricos e as de campo magnéticos é que as primeiras podem ser abertas e as segundas não. Linhas de campo magnético são necessariamente, fechadas.
- 5 - Fora do ímã, as linhas de Campo Magnético saem do polo norte magnético e entram no polo sul magnético.
- 6 - Dentro do ímã, as linhas de campo fecham-se sobre si mesmas, ou seja, tem direção em sentido do polo sul magnético e entra no polo norte magnético (CORDEIRO, 2011).



QUE TAL FAZERMOS MAIS UM EXPERIMENTO?



2.5 Atividade Experimental 3: linhas de campo 1

MATERIAL UTILIZADO:

2 ímãs;

Limalhas de ferro;

Papel cartão, de preferência na cor branca;

1 bússola.

Procedimento:

Sobre uma superfície plana coloque a bússola e o ímã. Aproxime a bússola das diferentes faces do ímã. Observe a posição da porção vermelha agulha da bússola. Em uma bússola, a parte vermelha da agulha aponta para o norte geográfico da Terra o que corresponde aproximadamente ao polo sul magnético da Terra. Dessa forma, ao aproximar o ímã da bússola, a parte vermelha da agulha da bússola apontará para o sul magnético do ímã.

Use o procedimento acima para identificar os polos do ímã de dois ímãs. Aproxime um ímã do outro e verifique as relações entre atração e repulsão de um ímã.

Coloque dois ímãs embaixo do papel cartão, pulverize limalha de ferro levemente sobre o papel e observe a configuração das linhas de campo. Vire um dos ímãs de lado e observe o que acontece.

Explique porque cada situação aconteceu? Justifique utilizando conceitos que foram trabalhados durante as aulas.

Sugestão!!!!

- Você poderá levar diferentes formatos de ímãs, pulverizar limalha de ferro. Pedir aos alunos se eles percebem o que acontece.
- Para fechar a aula experimental, o professor poderá solicitar aos alunos para que em grupo ou individualmente, desenhem as linhas de campo, assim como o vetor campo magnético, do ímãdo experimento realizado.
- Como curiosidade, sugere-se passar aos alunos um vídeo que demonstre a Aurora Boreal e Austral, um vídeo interessante encontra-se no *link*: <<https://www.youtube.com/watch?v=nkAdYtYJzXg>>.

- Atenção!!!

São notáveis os avanços da medicina envolvendo técnicas e exames que utilizam do magnetismo como ferramenta. tratamentos e exames. Muito se tem a oferecer, como por exemplo, colchões magnéticos, pulseiras magnéticas, processadores magnéticos de água, enfim, inúmeros produtos que promete alívio em dores no corpo, cura de algumas doenças como de pessoas acometidas pelo AVC, alinhamento do fluxo energético, melhora na circulação sanguínea, entre outros. Nesse sentido, devemos nos atentar quanto a muitas propagandas enganosas, pois:

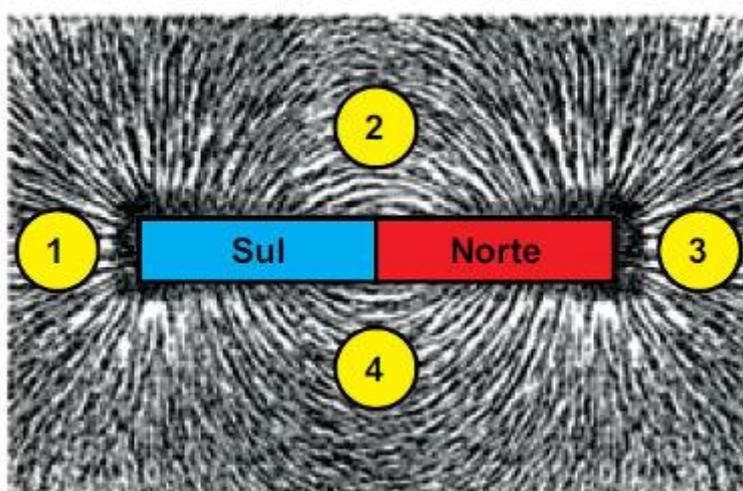
- Estudos científicos não explicam como os ímãs interagem com o organismo promovendo alívio das dores ou sobre o tratamento de outras doenças.
- Colchões e travesseiros magnéticos podem ser de melhor qualidade, mas não tem efeitos magnéticos comprovados cientificamente.
- Normalmente, a água potável não contém elementos que possam ser magnetizados, fazendo que a ideia da água potável magnetizada seja questionável.
- Mesmo que impurezas ou a própria água fosse magnetizados, esse estado de magnetização seria mantido apenas enquanto o líquido estivesse em contato com o campo magnético do dispositivo, ou seja, quando a água sair do dispositivo e entrar em contato com o nosso corpo, todo o efeito magnético desapareceria e sendo assim, passaria a se comportar como a mesma substância sem passar pelo tratamento magnético prévio.

Para finalizar, sugerimos ao professor que passe os primeiros 15 minutos do filme: "O Núcleo: Missão ao centro da Terra (2003)" (encontrado facilmente no YouTube).

Em seguida, levante um debate sobre os fatos que ocorrem no filme, buscando sempre relacionar esse com o conteúdo discutido em sala de aula.



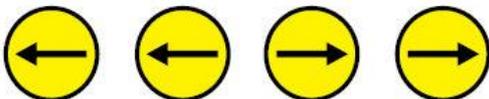
1 - Um ímã em forma de barra, com seus polos Norte e Sul, é colocado sob uma superfície coberta com partículas de limalha de ferro, fazendo com que elas se alinhem segundo seu campo magnético. Se quatro pequenas bússolas, 1, 2, 3 e 4, forem colocadas em repouso nas posições indicadas na figura, no mesmo plano que contém a limalha, suas agulhas magnéticas orientam-se segundo as linhas do campo magnético criado pelo ímã.



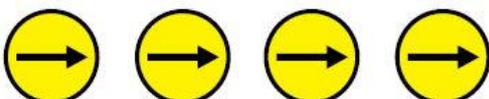
Desconsiderando o campo magnético terrestre e considerando que a agulha magnética de cada bússola seja representada por uma seta que se orienta na mesma direção e no mesmo sentido do vetor campo magnético associado ao

ponto em que ela foi colocada, assinale a alternativa que indica, correta e respectivamente, as configurações das agulhas das bússolas 1, 2, 3 e 4 na situação descrita.

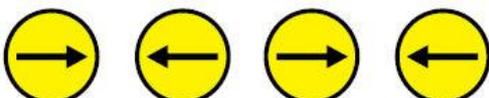
a)



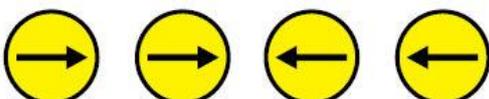
b)



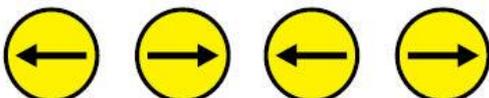
c)



d)



e)



2 - A respeito do desenvolvimento dos estudos relacionados com o magnetismo, marque V para as afirmações verdadeiras e F para as falsas.

() Os primeiros estudos realizados na área do magnetismo foram feitos por Aristóteles no século VI a.C. O filósofo analisou a atração entre pedras de um minério denominado de magnetita.

() A utilização da bússola provavelmente foi a primeira aplicação prática do magnetismo.

() A relação entre magnetismo e eletricidade só foi aceita no século XX com os estudos de Michael Faraday.

() O experimento de Oersted, realizado no século XIX, abriu caminho para os estudos relacionados ao eletromagnetismo.

a) F, V, V, V

b) V, V, V, V

c) V, F, V, F

d) F, F, F, F

e) F, V, F, V

3 (PUC-MG-Manhã)-Uma bússola pode ajudar uma pessoa a se orientar devido à existência, no planeta Terra, de:

a. um mineral chamado magnetita.

b. ondas eletromagnéticas.

c. um campo polar.

d. um campo magnético.

4 - Através do que foi discutido sobre campo magnético em sala de aula, represente as linhas de campo e o vetor o campo magnético de dois ímãs próximos para as seguintes situações: aproximação dos polos iguais e dos polos diferentes. (Não esqueçam de indicar o polo Norte e polo Sul do ímã).

TÓPICO 3

3 CAMPO MAGNÉTICO DE CONDUTORES COM DIFERENTES FORMATOS



© Can Stock Photo

Duração desse tópico: Sugere-se que sejam utilizadas 5 horas/aula para trabalhar esse tópico. No entanto, caso haja necessidade, o professor poderá utilizar mais horas-aula.

3.1 Objetivos específicos:

- * Analisar e compreender a relação entre o campo magnético e as correntes elétricas que o originam;
- * Desenvolver conhecimentos sobre a aplicação do magnetismo;
- * Estudar da importância do campo magnético no dia a dia do aluno.

3.2 Mais um pouco de História



Através dos estudos de Oersted, outras contribuições foram realizadas, dentre as quais destacam-se as desenvolvidas por André Marie Ampère (1775-1867), que segundo Isola (2003):



Figura 16: André Marie Ampère
Fonte: Magcraft (2017) ²¹.

Observou que correntes em fios paralelos com o mesmo sentido repeliam os fios, correntes no sentido oposto os atraíam e estabeleceu as equações matemáticas para quantificar esses fenômenos. Em seus estudos em 1822 construiu um solenoide para aprofundar ainda mais suas descobertas sobre a relação entre o magnetismo e a eletricidade para diferentes geometrias de condutores. (ISOLA, 2003, p.3)

A partir das experiências com espiras, Ampère percebeu que elas interagiam por meio de forças como se fossem ímãs. Considerava que os ímãs naturais eram compostos por uma infinidade de pequeninas espiras por onde passava correntes, mais tarde chamada de “correntes amperianas”. Foi o primeiro pesquisador a publicar sobre a indução eletromagnética, caracterizado pelo surgimento de uma diferença de potencial chamada de força eletromotriz em função da ação de um campo magnético variável perpendicularmente ao plano da espiral.

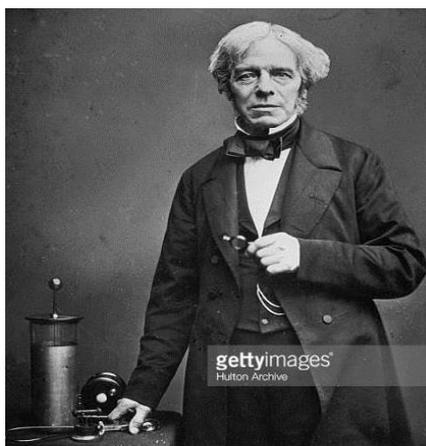


Figura 17: Michael Faraday
Fonte: Willians (2017)²².

Michael Faraday (1791 - 1867), um famoso físico experimentalista, teve conhecimento com a Física por trabalhar em uma copiadora. Conta a história que durante as horas vagas, lia os livros de Física que estavam no seu local de trabalho, e a partir daí começou a estudar Física e fazer grandes e importantes experimentos.

Ao fazer uma experiência com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro, notou acidentalmente que toda vez que a corrente variava num fio (circuito), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito). Faraday também mostrou experimentalmente que o núcleo de ferro não era necessário

²¹ Disponível em : <<https://www.magcraft.com/hans-christian-oersted>>.

²² Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Michael-Faraday>>.

para ocorrer o fenômeno. Depois, observou apenas que com a aproximação de uma barra imantada era possível gerar corrente na bobina.

Ele observou que o fator principal do acontecimento era a variação das linhas de força. Mais tarde, utilizou a palavra campo para se referir à disposição das linhas de força no espaço.

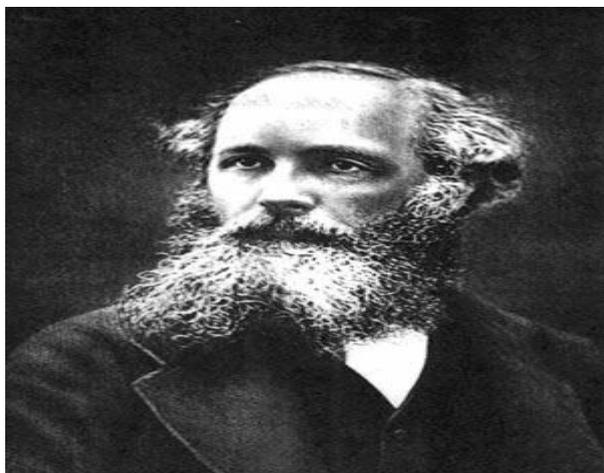


Figura 18: James Clerk Maxwell
Fonte: Miranda (2017)²³.

A base do desenvolvimento do eletromagnetismo foi estabelecido em 1873 por James Clerk Maxwell (1831-1879), que foi um físico e matemático escocês, conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica. Por meio de seus estudos, Maxwell demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagam com a velocidade da luz.

Conforme relatado por ROCHA (2011), Maxwell apresentou uma teoria detalhada da luz como um efeito eletromagnético, isto é, que a luz corresponde à propagação de ondas compostas por componentes de origem elétrica e magnética, hipótese que tinha sido posta por Faraday. Seu trabalho no campo do eletromagnetismo foi a base da relatividade restrita que estuda os movimentos de corpos que se movem em velocidades próximas a da luz.

**COMO DETERMINAR O CAMPO MAGNÉTICO EM UM FIO RETÍLNEO?
EM UMA ESPIRA? OU EM UM SOLENOIDE?**

²³Disponível em: <<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/james-clerk-maxwell-1831--1879.html>>.

3.3 Campo magnético para diferentes geometrias

3.3.1 Campo magnético gerado por um fio retilíneo

Depois da descoberta de Oersted, muitos cientistas investigaram os fenômenos eletromagnéticos que ocorriam com as cargas elétricas em movimento. O físico francês André-Marie Ampère (1775-1836), realizou muitos experimentos com limalhas de ferro e em fios retilíneos percorridos por correntes elétricas sendo que, através desses experimentos, Ampère e outros cientistas notaram que as linhas de campo são circunferências concêntricas contidas em planos perpendiculares a um fio retilíneo.

O campo magnético apresenta características que dependem dentre outras coisas, da corrente elétrica, do comprimento e da forma como o condutor é moldado. A partir da lei de Biot-Savart, descrita na equação 1, podemos obter valor do campo magnético em função da corrente elétrica que passa em um fio condutor com forma arbitrária, como indicado na figura 19.

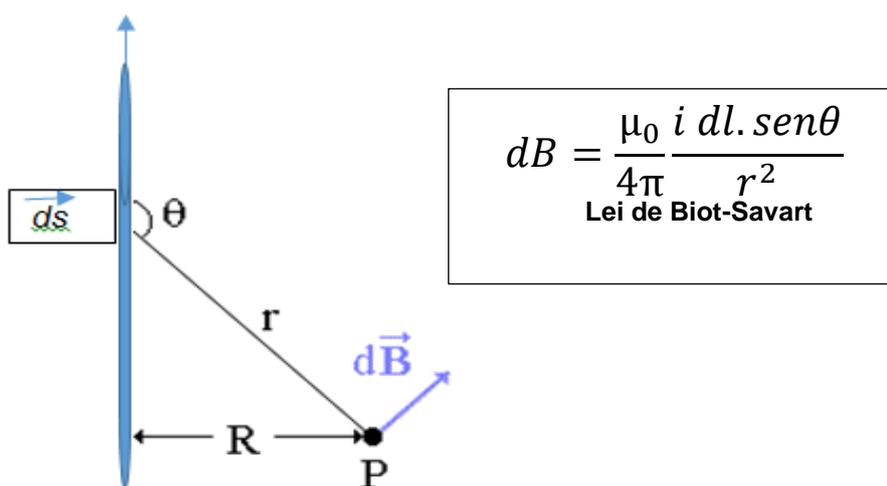


Figura 19: Representação gráfica das variáveis aplicadas ao cálculo do campo magnético de um fio retilíneo

Fonte: Autoria própria (2017).

Que tal fazermos um experimento para visualizarmos as linhas de campo por condutor retilíneo, por uma bobina e por um solenoide?

Analisando a Figura 19, podemos compreender com mais facilidade o significado de cada uma das variáveis atribuídas à lei de Biot-Savart aplicada ao caso do fio muito longo (infinito). Inicialmente, devemos entender que a lei de Biot-Savart serve para determinar o campo magnético gerado por um pequeno elemento do fio.

Para obtermos um valor mais preciso, devemos dividir o fio longo em partes pequenas. Quanto mais pequenas forem as partes, mais preciso será o resultado final. Nesse caso, podemos fazer uso de uma linguagem matemática mais elaborada: a notação integral e diferencial, que permite o cálculo analítico dessa soma dos elementos dB , resultando na equação que segue abaixo:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad [T] \quad 2$$

Para o caso do fio infinito, a equação 2 descreve o comportamento do módulo do campo magnético B que depende apenas da constante μ_0 que vale $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$, da corrente (i) e da distância perpendicular (r) entre um ponto e o fio, sendo que o seu valor decai linearmente à medida que se afasta do fio.

O sentido e direção do campo é dado pela regra da mão direita, ou seja, as linhas de campo são formadas por circunferências concêntricas ao fio, sendo no centro do fio o campo é zero, pois a corrente é zero e até a borda do fio o campo cresce linearmente no caso de uma distribuição homogênea de corrente elétrica. Para representação do campo magnético no papel, temos:

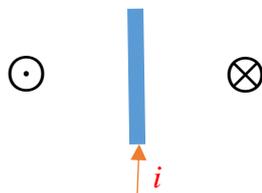
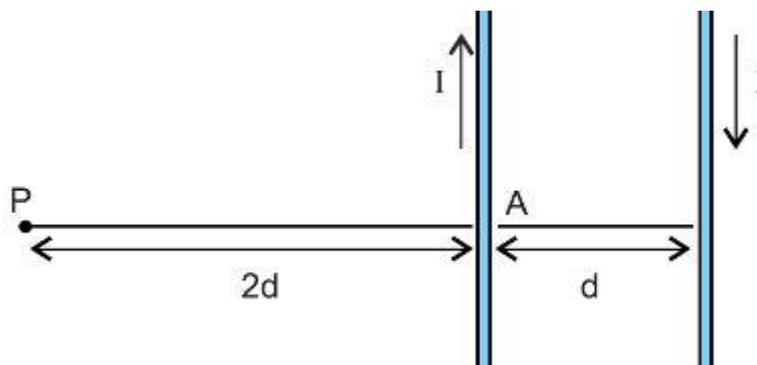


Figura 20: Ilustração apresentando o sentido do campo magnético à esquerda (saindo) e a direita (entrando) do fio

Fonte: Autoria própria (2017).

Vamos fazer um exercício exemplo!!!

1 - A figura mostra dois fios longos e paralelos separados por uma distância $d = 10,0\text{cm}$, que transportam correntes de intensidade $I = 6,0\text{A}$ em direções opostas. Considerando $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$, o módulo do campo magnético resultante no ponto P, situado a $2d$ à esquerda do ponto A, em μT , é igual a



- a) 1,0 b) 1,5 c) 2,0 d) 10,0 e) 12,0

O campo magnético gerado pelo fio da direita (B_D) no ponto P entra no plano da tela. O valor desse campo é determinado pela equação do campo magnético para o fio retilíneo.

$$B_D = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot d}$$

$$B_D = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 6}{2 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 10^{-2}}$$

$$B_D = \frac{12 \cdot 10^{-7}}{30 \cdot 10^{-2}}$$

$$B_D = 0,4 \cdot 10^{-5} = 4,0 \cdot 10^{-6} = 4 \mu\text{T}$$

O campo magnético gerado pelo fio da esquerda (B_E) no ponto P sai do plano da tela. O valor desse campo é determinado pela equação do campo magnético para o fio retilíneo.

$$B_E = B_D = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot d}$$

$$B_E = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 6}{2 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 10^{-2}}$$

$$B_E = \frac{12 \cdot 10^{-7}}{20 \cdot 10^{-2}}$$

$$B_E = 0,6 \cdot 10^{-5} = 6,0 \cdot 10^{-6} = 6 \mu\text{T}$$

O campo resultante (B_R) é a subtração dos campos B_D e B_E . O campo resultante possui o mesmo sentido de B_E , pois esse é o maior campo no ponto P ($B_E > B_D$).

$$B_R = B_E - B_D = 6 \mu\text{T} - 4 \mu\text{T} = 2 \mu\text{T}$$

2 - Um fio retilíneo conduz corrente elétrica de 2 A. Marque a alternativa correta a respeito dos valores e características dos campos magnéticos criados em pontos próximos ao fio.

- a) A uma distância de 5 cm do fio, o campo magnético possui intensidade de 6 μT .

Errada. Aplicando a equação do campo magnético gerado pelo fio retilíneo, a intensidade do campo magnético nas circunstâncias propostas seria de 8 μT .

- b) O campo magnético gerado por um fio possui a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento das cargas elétricas.

Errada, pois o campo magnético é sempre tangente às linhas de campo.

- c) As linhas de campo magnético geradas pelo fio possuem formato circular e o campo vale 8 μT a uma distância de 15 cm do fio.

Errada. O campo de 8 μT será gerado a 5 cm do fio.

- d) Todas as afirmações anteriores estão incorretas.

Correta.

3 - Leia as afirmações a respeito de campos magnéticos gerados por fios retilíneos.

I – O campo magnético gerado por um fio retilíneo é diretamente proporcional à corrente elétrica e inversamente proporcional ao quadrado da distância de um ponto qualquer ao fio;

Errada. O campo magnético gerado por um fio retilíneo é diretamente proporcional à corrente elétrica e inversamente proporcional à distância de um ponto qualquer perpendicular ao fio.

II – O campo magnético do fio retilíneo sempre é circular e no sentido horário;

Errada. As linhas de campo magnético produzidas por um fio retilíneo são sempre circulares, no entanto o campo magnético é um vetor tangente às linhas de campo, possuindo direções que dependem de cada ponto do espaço. Quanto à magnitude, seu valor cresce com o aumento da densidade de linhas de campo no espaço. Além do mais, o sentido da corrente elétrica define as linhas de campo magnético ocorrem no sentido horário ou anti-horário.

III – O campo magnético gerado por um fio retilíneo é diretamente proporcional à corrente elétrica e inversamente proporcional à distância de um ponto qualquer perpendicular ao fio;

Correta.

IV – O perfil de campo magnético do fio retilíneo possui geometria circular. O sentido da corrente elétrica define a orientação que poderá ser no sentido horário ou anti-horário.

Correta.

Está correto o que se afirma em

- a) I e II b) I e III c) II e IV d) I e IV e) III e IV.

3.3.2 Campo magnético no centro de uma espira

Ao enrolarmos um fio retilíneo de forma a obter uma circunferência, temos uma espira de raio r . Ao aplicar uma corrente por essa espira, surge um campo magnético em todos os pontos de sua vizinhança. Sua intensidade pode ser calculada por meio da Lei de Biot-Savart (equação 1), que descreve o comportamento do elemento infinitesimal de campo magnético, gerado por um elemento infinitesimal de fio que compõe a espira. A Figura 21 abaixo mostra as grandezas físicas associadas à lei de Biot-Savart aplicada ao cálculo do campo gerado no centro da espira circular.

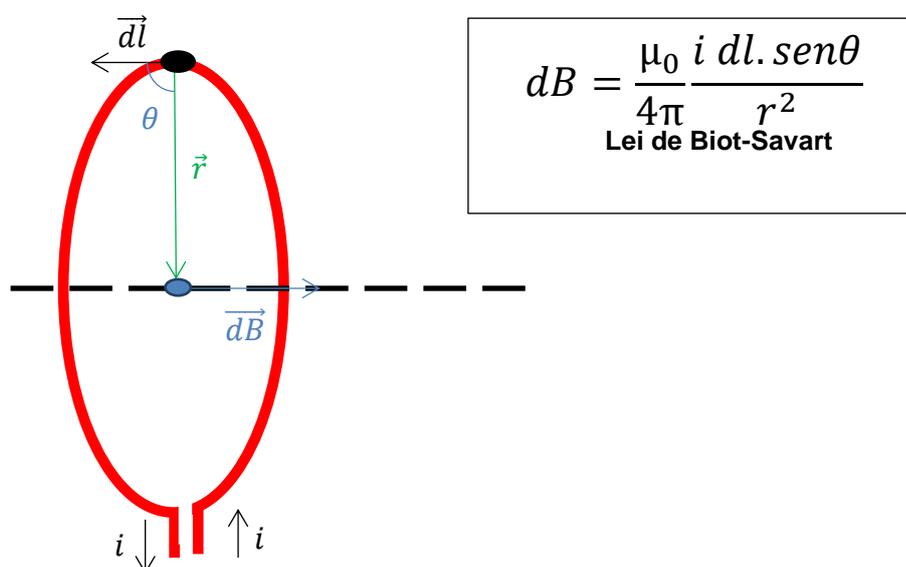


Figura 21: Ilustração das grandezas físicas aplicadas à lei de Biot Savart para o caso do campo no centro da espira circular

Fonte: Autoria própria (2017).

Nesse caso, torna-se importante constatar que tanto o ângulo $\theta = 90^\circ$, quanto o valor de r são constantes, ou seja, não variam em função de dl . Sendo assim, podemos obter o valor de B somando todos os elementos dB , obtidos a partir de cada contribuição dl da espira circular, conforme mostrado na equação 7:

$$B = \sum dB = \frac{\mu_0 i \text{sen}90}{4\pi r^2} \sum dl \quad 3$$

Ao finalizar a soma de todos os elementos dl , teremos computado todo o caminho percorrido pela corrente elétrica, ou seja, toda a espira. Nesse caso, a equação que corresponde ao módulo do campo magnético no centro de uma espira corresponde a equação 5 descrita abaixo;

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} 2\pi r$$

4

$$B = \frac{\mu_0 i}{2 r}$$

5

No centro da espira, a direção do campo magnético é perpendicular ao plano da espira, e o sentido é definido pela regra da mão direita, conforme ilustrado nas Figuras 22 e 23, onde o polegar indica a corrente i , e os outros dedos o sentido do campo magnético:

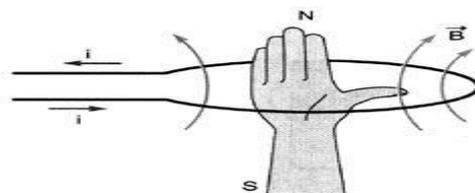


Figura 22: Regra da mão direita para um espira – polegar indica a corrente i e os outros dedos o sentido do campo magnético

Fonte: Cavalcante (2017)²⁴.

Para representação do campo magnético de uma espira no papel, temos as mesmas regras que valem para um fio retilíneo, a simbologia \odot saindo e \otimes entrando, a Figura 22 ilustra bem essas situações:



Figura 23: Representação esquemática do campo magnético no interior da espira.

Fonte: Cavalcante (2017)²⁵.

Se considerarmos várias voltas iguais em torno da mesma circunferência, teremos uma situação hipotética causada pela superposição de espiras com mesmo diâmetro (aproximação de bobina chata ou plana) e nessa situação o campo resultante no centro da composição seria equivalente à multiplicação do número de espiras, N , pelo campo gerada em cada uma delas, conforme descreve a equação 6.

$$B = N \frac{\mu_0 i}{2 r}$$

6

²⁴ Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-no-centro-uma-espira-circular.htm>>.

²⁵ Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-no-centro-uma-espira-circular.htm>>.

Outra situação possível de ser analisada analiticamente no caso de uma espira circular é determinação do campo magnético ao longo do eixo da espira. Nessa situação, os cálculos envolvidos na determinação do campo que partem da Lei de Biot-Savart não são facilmente realizáveis sem o auxílio de ferramentas tipicamente usadas no ensino superior. No entanto, a título de informação, abaixo segue a equação 7 que representa o campo ao longo do eixo da espira onde,

$$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{iR^2}{(z^2 + R^2)^{3/2}} \quad 7$$

R é o raio da espira e z é a distância do centro da espira até o ponto que se queira determinar o campo sobre o eixo da espira, conforme mostrado na Figura 24.

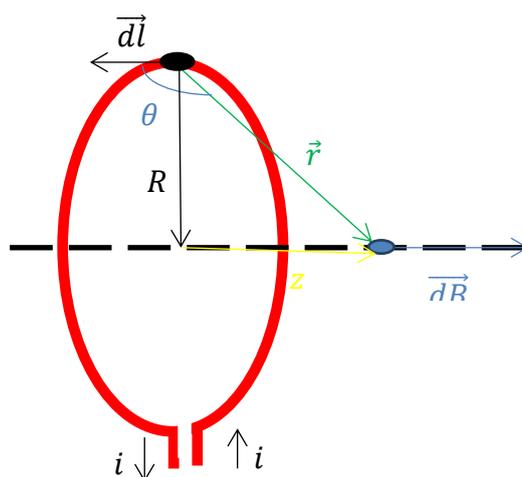


Figura 24: Ilustração das grandezas físicas aplicadas ao cálculo do campo magnético ao longo da espira circular

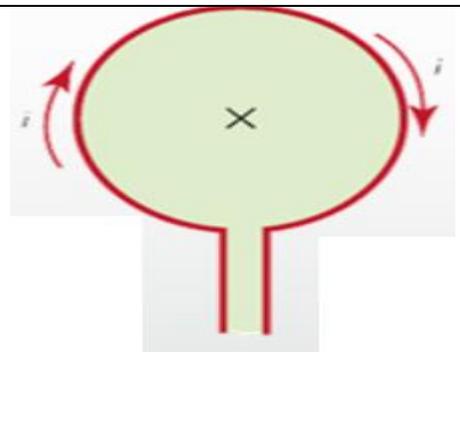
Fonte: Autoria própria (2017).

Analisando a Figura 24, podemos notar que o campo magnético está orientado ao longo do eixo da espira e possui sentido dado pela regra da mão direita.

Vamos fazer exemplos para praticar!!!

4 - Uma espira circular de 4 cm de diâmetro é percorrida por uma corrente de 8,0 A (veja figura). Seja $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$. O vetor campo magnético no centro da espira é perpendicular ao plano da Figura e orientado para:

- a) fora e de intensidade $8,0 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$
b) dentro e de intensidade $8,0 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$
c) fora e de intensidade $4,0 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$
d) dentro e de intensidade $4,0 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$



Sendo I igual a 8 A; R igual a 0,02 metros (Nunca esqueça de transformar de centímetros para metros); e $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$.

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} (8)}{2(0.02)}$$

$$B = 800 \pi \times 10^{-7} \text{ ou } 8 \pi \times 10^{-5} \text{ T.}$$

Usando a regra da mão direita percebemos que o campo é para dentro.

Letra: **b.**

5 - Leia as afirmações a respeito do campo magnético gerado por uma espira circular.

I – O módulo do campo magnético gerado no centro de uma espira é diretamente proporcional ao seu raio;

Falsa: O módulo do campo magnético nessa situação é inversamente proporcional ao raio.

II – Se a corrente elétrica que flui por uma espira for dobrada, o campo magnético gerado por ela será duas vezes maior;

Correto

III – O sentido da corrente elétrica não interfere na direção e sentido do vetor campo magnético.

Falsa. O sentido da corrente elétrica define a direção do campo magnético gerado pela espira, conforme a regra da mão direita.

Está correto o que se afirma em:

- a) I e II
- b) II e III
- c) I e III
- d) Apenas III
- e) Apenas II**

3.3.3 Campo magnético gerado no centro de um solenoide

Um solenoide ou uma bobina é definido por um enrolamento de várias espiras circulares, uma do lado da outra, podendo conter também várias camadas. Quando um solenoide de N voltas e comprimento L é percorrido por corrente elétrica i , é produzido no seu interior, um campo magnético B , conforme descreve a equação 8.

$$B = \frac{N\mu_0 i}{L} \quad 8$$

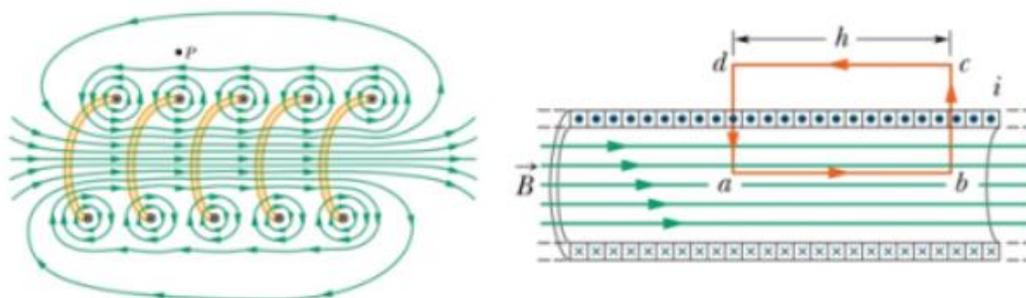


Figura 25: Ilustração de um solenoide à esquerda. À direita, vista esquemática de um solenoide onde a corrente elétrica está saindo do plano de projeção na parte superior e entrando na parte inferior.

Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009).

Ao longo da distância de um solenoide existe N espiras do solenoide. Nesse caso, para se calcular o campo magnético, pode-se fazer uso das equações 9 e 10.

$$BL = \mu_0 Ni \quad 9$$

$$B = \mu_0 ni \quad 10$$

Analisando a equação acima que representa o campo magnético no interior de um solenoide longo, onde n representa o número total de espiras N dividido pelo comprimento L do solenoide.

Vamos fazer um exercício exemplo!!!

6 - Considere um longo solenoide ideal composto por 10.000 espiras por metro, percorrido por uma corrente contínua de 0,2 A. O módulo e as linhas de campo magnético no interior do solenoide ideal são, respectivamente:

- a) nulo, inexistentes.
- b) $8\pi \cdot 10^{-4}$ T, circunferências concêntricas.
- c) $4\pi \cdot 10^{-4}$ T, hélices cilíndricas.
- d) $8\pi \cdot 10^{-3}$ T, radiais com origem no eixo do solenoide.
- e) $8\pi \cdot 10^{-4}$ T, retas paralelas ao eixo do solenoide.

Considerando que o solenoide tenha apenas 1 m, o número de espiras a ser considerado é de 10.000 (10^4). Assim, o campo magnético para esse solenoide é igual a:

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{L} = \frac{10^4 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,2}{1}$$

$$B = 0,8\pi \cdot 10^{-3} \text{ ou } 8\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

As linhas de campo magnético são paralelas ao eixo do solenoide, saindo do lado referente ao polo norte (N) e entrando no lado referente ao polo sul (S).

7 - Marque a alternativa correta a respeito das características do campo magnético gerado por um solenoide.

- a) O campo magnético gerado por um solenoide é inversamente proporcional ao número de espiras.

Errada. O campo magnético gerado por um solenoide é diretamente proporcional ao número de espiras.

- b) O campo magnético gerado por um solenoide é inversamente proporcional ao comprimento do solenoide.

Correta

- c) As linhas de campo magnético de um solenoide são circulares.

Errada. As linhas de campo magnético são paralelas ao eixo do solenoide, saindo do lado referente ao polo norte (N) e entrando no lado referente ao polo sul (S).

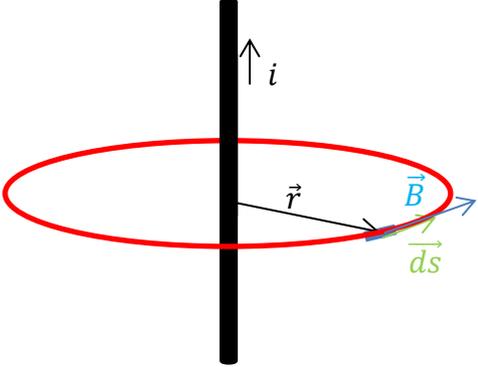
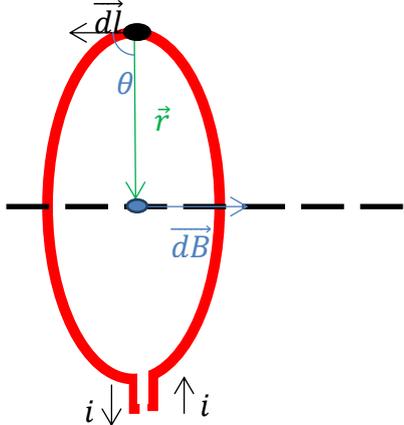
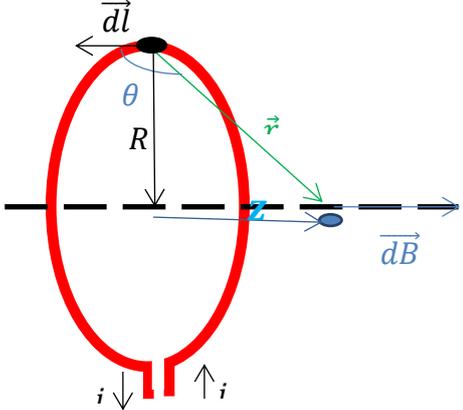
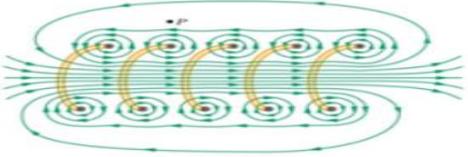
- d) As linhas de campo magnético de um solenoide são perpendiculares ao sentido da corrente.

Errada

- e) Todas as alternativas estão incorretas.

Errada

3.5 Resumo

<p>Campo magnético a uma distância r perpendicular ao centro de um fio condutor infinito ou muito longo</p>	$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$	
<p>Campo magnético gerado no centro de uma espira</p>	$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2r}$	
<p>Campo magnético no eixo de uma espira, a uma distância z do seu centro</p>	$B = \frac{\mu_0}{2} \frac{iR^2}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$	
<p>Campo magnético no centro de um solenoide</p>	$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{L} \quad \text{ou}$ $B = \mu_0 n i$	



3.6 Atividade Experimental 4: linhas de campo 2.

MATERIAL UTILIZADO:

- 1 kit bobina com 300 voltas em média;
- 1 fonte de até 30 V ou bateria 9 V;
- Limalhas de ferro;

Procedimento:

Conecte a bobina na fonte ou na bateria, coloque uma folha no centro da espira. Polvilhe limalhas de ferro e observe o que ocorre.

Como você explica o fenômeno observado?

Nesse momento, iremos fazer um experimento e interessante com o qual poderemos estimar o valor do campo magnético!!!! Para a realização do mesmo será necessário que alguns alunos baixem em seus celulares *smartphones* um aplicativo de uso livre – Gauss Meter. Segue orientação de como baixar esse aplicativo



O processo para instalar esse aplicativo no celular ou no computador é gratuito. Primeiramente, você deve digitar no google: Baixar Gauss Meter. Em seguida, clique em um dos sites que dará a opção de fazer *download*. Na sequência, instalar e aguardar uns minutos. Seu aplicativo estará instalado, simples assim e pronto para brincar e se divertir com o Gauss Meter.

Obs.: Esse aplicativo não é gratuito para *Iphone*.



3.7 Atividade Experimental:5 Campo de uma bobina

MATERIAL UTILIZADO:

1 kit bobina de 274 ou 325 ou 350 voltas;

1 fonte

1 multímetro

Celular smartphone com o aplicativo Gauss Meter

Procedimento: Conecte a bobina aos terminais da fonte e ao multímetro. Em seguida, acerte a corrente na fonte em 0.25 A (de preferência não utilizar uma corrente maior para que não ocorra aquecimento da bobina). De posse do celular, acione o aplicativo Gauss Meter, escolha a opção com bússola.

- 1- Tente descobrir onde fica o sensor do seu celular, que irá fazer a medida do campo magnético;
- 2- Aproxime vagarosamente o celular do eixo da bobina, anote os resultados adquiridos, juntamente com a distância;
- 3- Em seguida, a partir do eixo da bobina, circule toda a bobina e observe a orientação que a bússola passará a ter de acordo com as linhas de campo;
- 4- Divirta-se através do experimento.

**Você sabe o que é um eletroímã?
Que tal montar????**

Você vai precisar de um prego grande, 1 metro de fio de cobre esmaltado fino, 1 pilha, alguns objetos metálicos (Clips, alfinetes, agulhinhas) e fita adesiva. Lixe as pontas do fio. Em seguida, enrole todo o fio ao redor do prego, encaixando as pontas descascadas, uma em cada polo da pilha. Aproxime o prego dos metais e observe o que ocorre. Com as descobertas de Oersted - relações entre magnetismo e eletricidade – muitos avanços tecnológicos ocorreram desde então. Entre tantos, podemos citar os eletroímãs, que nada mais é do que bobinas enroladas em um núcleo ferromagnético (geralmente Ferro), onde, durante a passagem de corrente elétrica, constitui-se em um ímã artificial, pois gera um campo magnético.

O eletroímã tem muitas aplicações, dentre elas podemos citar que o alto-falante, um dispositivo que produz som quando a corrente elétrica passa pelo eletroímã.

Outra aplicação de bobinas geradoras de altos campos magnéticos ocorre na medicina, nas estações de ressonância magnética, onde o paciente insere o corpo (ou a parte dele que será analisada) dentro de bobinas que podem gerar campos magnéticos superiores a dois teslas. Nesse caso, a imagem é formada pela análise dos dados obtidos das bobinas sensoras, que medem pequenas variações de campo magnético em diferentes pontos do espaço. Essas variações de campo são causadas pela composição do material que está sendo analisado, ou seja, pelo alinhamento e intensidade dos momentos magnéticos da parte do paciente que está sendo analisada. Em síntese, a imagem que é vista nos exames de ressonância magnética é uma medida de momentos magnéticos de diferentes estruturas do corpo que interagem de forma diferente com o campo magnético.

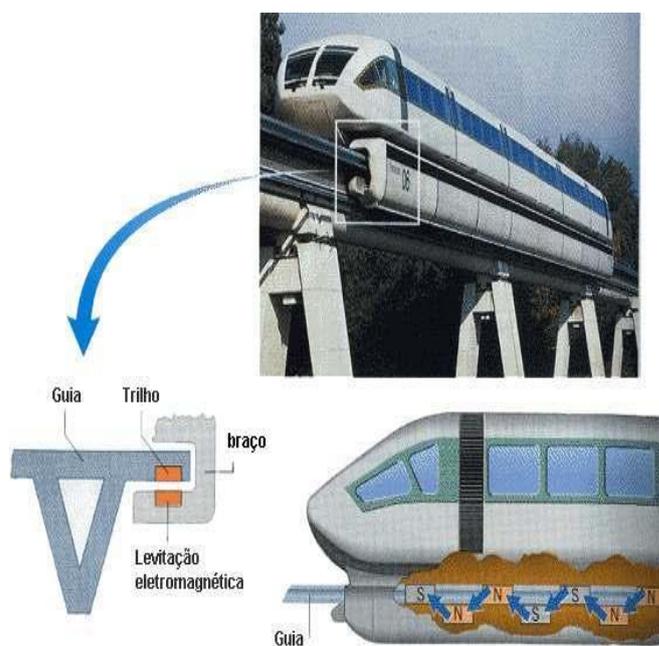


Figura 26: Trem magnético
Fonte: Travtrilhos (2013) ²⁶.

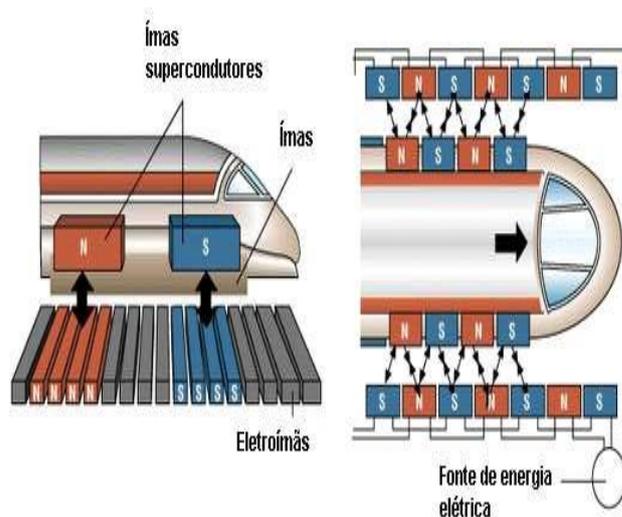


Figura 27: Trem magnético
Fonte: Geocities (2017) ²⁷.

3.8 CURIOSIDADE!!!

Você já ouviu falar do trem magnético? Trata-se de um trem que não possui rodas e sim eletroímãs localizados ao longo de toda a extensão do trilho que se magnetizam quando são percorridos por corrente elétrica, de modo que os elementos que estão a frente do veículo exercem uma força de atração e os que estão atrás repelem o trem, garantindo o movimento contínuo. Não há atrito entre os trilhos e o braço do trem, que flutua acima dos trilhos em um processo conhecido como levitação eletromagnética.

Esses veículos são construídos em duas partes. O corpo, onde viajam os passageiros, é montado sobre um trilho localizado na parte inferior do veículo que abriga os ímãs para a levitação e os ímãs-guias. A porção inferior do trem envolve a deslizadeira, e os sistemas que controlam os ímãs asseguram que o veículo permaneça próximo dela, mas sem a tocar. Rolos de fios enrolados sob a deslizadeira geram um campo magnético que se move ao longo da mesma. As forças de atração magnética entre este campo e os eletroímãs do veículo fazem levantar o trem e o arrastam por todo o campo magnético.

²⁶ Disponível em: <<http://www.tavtrilhos.com/2013/05/transrapid>>.

²⁷ Disponível em: <<http://www.geocities.ws/saladefisica7/funcao/levitacao.html>>.

Voce já ouviu falar no Simulador Magneto? Que tal usar em seu celular???

Basta acessar o *link*:

<<https://lohmanndouglas.github.io/magneto/#pt>>.

3.9 Magneto

Em parceria com um cientista da computação, criamos um Simulador de campo magnético, o Magneto. Magneto é um simulador totalmente gratuito, que foi desenvolvido visando determinar o campo magnético em qualquer ponto do espaço, gerado por condutores de geometrias simples. Por meio do mesmo é possível obter o vetor de campo magnético e de força magnética, bem como verificar o valor das componentes do vetor, possibilitando que o usuário identifique a resposta numérica encontrada para o cenário observado.

Ele utiliza recursos computacionais, podendo ser utilizado tanto no computador quanto nos *smartphones*. Para utilizá-lo você deve acessar a página desse simulador através do *link*: <https://lohmanndouglas.github.io/magneto/#pt>

. Ao acessar esse link, terá uma página inicial:

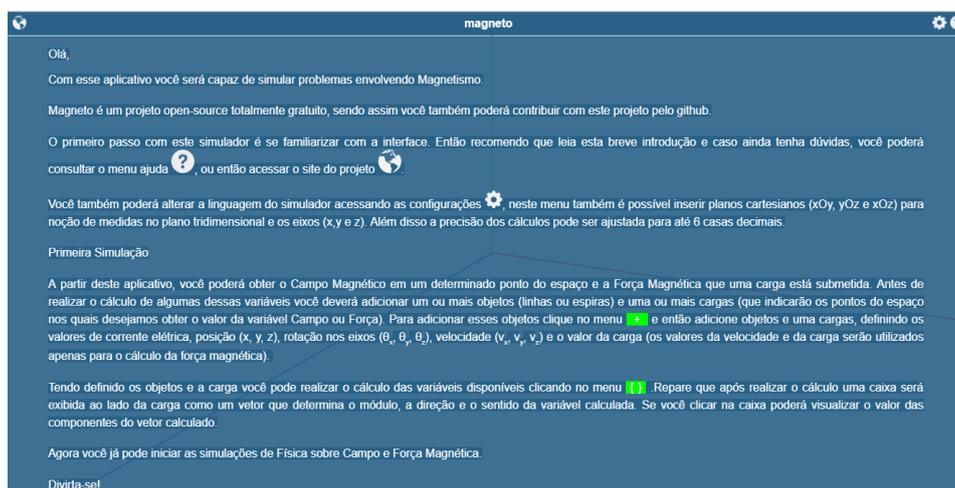


Figura 28: Ilustração da primeira página do Magneto

Fonte: GITHUB (2017)²⁸.

No canto superior direito, tem-se uma roldana e um ponto de interrogação, a roldana serve para escolher o idioma desejado e também a opção de escolha, onde se é possível inserir planos cartesianos (xOy , yOz , xOz) para noção de

²⁸ Disponível em: <https://lohmanndouglas.github.io/magneto/#pt>

medidas no plano tridimensional e os eixos (x,y e z). No ponto de interrogação, tem-se algumas orientações que é chamado de ajuda, são tais: Utilizar o mouse para movimentar-se na tela e selecionar objetos.

 para inserir objetos e cargas de prova.

 para calcular as variáveis E(campo elétrico), F(força), V(potencial) e W(trabalho)

De posse dessas informações, você começa a divertir-se com o simulador. Clicando em fechar a primeira página, você tem uma nova página, onde poderá fazer a simulação, conforme mostra a Figura abaixo:



Figura 29: Ilustração do plano cartesiano do Magneto
Fonte: GITHUB (2017).

Clicando em +, tem-se a opção de adicionar o objeto que se deseja, conforme se pode ver na figura 17 - um ponto, uma espira ou um fio. Escolhendo o objeto, clique em adicionar e terá no plano cartesiano o objeto adicionado.



Figura 30: Ilustração da página onde se escolhe o objeto no Magneto
Fonte: GITHUB (2017).

Sendo assim, pode-se adicionar o raio, a posição, a rotação e a corrente elétrica desejada para a forma geométrica escolhida.

Clica-se, então, em adicionar e terá uma nova interface, como se pode ver na figura abaixo:

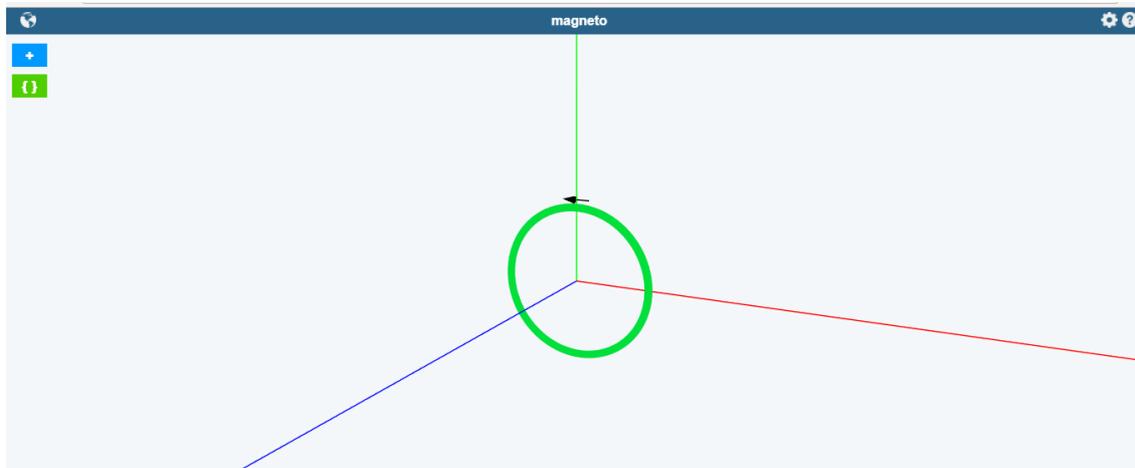


Figura 31: Ilustração do Magneto
Fonte: GITHUB (2017).

Caso clicar na chave, tem-se a opção de calcular campo magnético e/ou força magnética. O simulador utiliza a lei de Biot-Savart para determinar o campo e a força magnética de forma que nos possibilita obter valores, praticamente impossível de conseguirmos utilizarmos manualmente. Isso é possível pois o aplicativo divide o condutor em pequenas partes (mil partes usualmente) e calcula o campo de cada uma dessas partes, ao final realiza um somatório dessas pequenas partes possibilitando obter o campo com boa precisão.

De posse do Simulador, cada grupo de aluno poderá simular a mesma situação realizada experimentalmente (por exemplo, por meio de bobinas como no experimento 5) e, por último, utilizando a Lei de Biot-Savart, calcular o campo magnético para situação similar à do experimento realizado no laboratório, com a bobina (experimento 5).

Ao término dessas três atividades, o professor pode sugerir aos alunos que montem um gráfico usando o programa Excel. O gráfico deverá apresentar os dados adquiridos durante a realização das três atividades: medidas do campo usando o smartphone no Laboratório de Física, do Simulador Magneto e dos cálculos usando as equações descritas no texto.

3.10 Finalizando

Para finalizar este tópico de conteúdo, propõe-se aplicar o mesmo questionário inicial aos alunos, com o intuito de avaliar a aprendizagem dos estudantes (questionário final), a ação docente e os produtos educacionais propostos, tendo em vista suas possíveis reorientações, modificações ou adequações para o processo de ensino-aprendizagem.



1 - Um fio retilíneo longo, colocado em um meio cuja permeabilidade magnética é $\mu_0 = 6 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ é percorrido por uma corrente elétrica. A distância de 50 centímetros do fio, o vetor campo de indução magnética apresenta um módulo de $3 \cdot 10^{-6} \text{ T}$. Qual a intensidade da corrente elétrica que passa pelo fio?

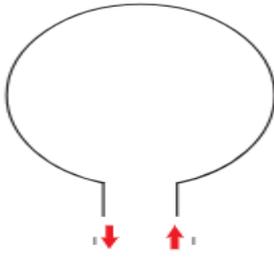
2 - O campo magnético de um fio longo e reto, alinhado na direção Norte-Sul, percorrido por uma corrente elétrica constante:

- a) altera a direção da agulha de uma bússola colocada em suas proximidades.
- b) Tem intensidade diretamente proporcional a distancia do fio.
- c) É induzido pela variação da corrente elétrica.
- d) É, em cada ponto de suas proximidades, paralelo ao fio.

3 - Dois fios retilíneos constituídos de material condutor de eletricidade são paralelos entre si. Eles estão no vácuo, são perpendiculares ao plano do desenho e são percorridos por correntes elétricas que entram no papel. Determine a intensidade do vetor campo magnético no ponto médio do segmento que une os fios. Dado: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$



4 - Uma espira circular de raio 4 cm está no plano do papel, conforme mostra a figura abaixo. A espira está no vácuo, onde a permeabilidade magnética é $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$. Quando a espira é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 6 A, o campo magnético no seu centro é mais bem representado pela alternativa:

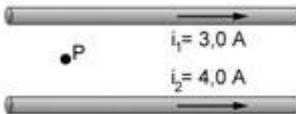


- a) $3 \cdot 10^{-4}$ T, entrando no plano;
 b) $3\pi \cdot 10^{-5}$ T, saindo do plano;
 c) $3\pi \cdot 10^{-4}$ T, entrando no plano;
 d) $3 \cdot 10^{-5}$ T, saindo do plano

8 - É dado um solenoide retilíneo, de comprimento 100 cm, contendo espiras em número $N = 20\ 000$ e percorrido por corrente de intensidade $i = 5,0$ A. Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ unidades SI a permeabilidade magnética no vácuo, a intensidade do vetor campo magnético B na região central do solenoide, em unidades do SI, é de:

- a) $4\pi \cdot 10^{11}$ T
 b) $4\pi \cdot 10^{-5}$ T
 c) $4\pi \cdot 10^{-2}$ T

9 - Dois fios longos são percorridos por correntes de intensidades 3,0 A e 4,0 A, nos sentidos indicados na figura. Determine a intensidade, a direção e o sentido do vetor campo magnético no ponto P, que dista 2,0 cm de i_1 e 4,0 cm de i_2 .



10 - Dois fios retilíneos e paralelos, perpendiculares ao plano do papel, são percorridos por correntes de mesma intensidade e sentidos contrários, conforme indica a figura. No fio A a corrente tem o sentido de aproximação do leitor. O vetor campo magnético que melhor representa a indução magnética no ponto P sobre a perpendicular aos fios será:

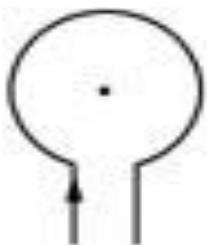


- a) b) c) d) e)

11 - Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira? Ele:

- a) é constante e perpendicular ao plano da espira
 b) é constante e paralelo ao plano da espira
 c) é nulo no centro da espira
 d) é variável e perpendicular ao plano da espira
 e) é variável e paralelo ao plano da espira

12-(OSEC-SP) Uma espira circular de 4 cm de diâmetro é percorrida por uma corrente de 8,0 ampères (veja figura). Seja $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$. O vetor campo magnético no centro da espira é perpendicular ao plano da figura e orientado pra:



- a) fora e de intensidade $8,0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- b) dentro e de intensidade $8,0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- c) fora e de intensidade $4,0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- d) dentro e de intensidade $4,0 \times 10^{-5} \text{ T}$

13 - Nos pontos internos de um longo solenoide percorrido por corrente elétrica contínua as linhas de força do campo magnético são:

- a) radiais com origem no eixo do solenoide.
- b) circunferências concêntricas.
- c) retas paralelas ao eixo do solenoide.
- d) hélices cilíndricas.
- e) não há linhas de força, pois o campo magnético é nulo no interior do solenoide.

14 - É dado um solenoide retilíneo, de comprimento 100 cm, contendo espiras em número $N = 20000$, percorrido por corrente de intensidade $i = 5,0 \text{ A}$. Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ a permeabilidade magnética no vácuo, a intensidade do vetor campo magnético B na região central do solenoide, em Wb/m^2 , é de:

- a) 4×10^{11} .
- b) $1/(4) \times 10^{11}$.
- c) $\times 10^{-7}$.
- d) 4×10^{-5} .
- e) 4×10^{-2} .

15 - O que é um eletroímã? Como funciona?

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que uma proposta didático-pedagógica não pode, por si só, garantir a melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem no âmbito da educação básica, uma vez que tal qualidade depende direta e/ou indiretamente de diversos micro e macro fatores. Entretanto, nosso produto educacional foi proposto na expectativa de poder ajudar e servir como material de apoio aos professores de Física do Ensino Médio no momento de preparação de suas aulas, bem como de levar aos alunos um material paradidático que inclui atividades diferenciadas e alternativas, sem perder de vista a necessária cientificidade.

Este produto educacional foi desenvolvido com duas turmas do terceiro ano de Ensino Médio no quarto bimestre letivo do ano de 2017. Com base nesta intervenção realizada, podemos afirmar que este material, baseado em um método dialético de ensino e composto por diferentes atividades teórico-práticas que utilizam recursos alternativos e diferenciados, contribuiu em grande medida para a aprendizagem desses estudantes e também para sua motivação, participação e discussão nas aulas de Física.

Esperamos contribuir tanto para uma melhor aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio sobre o conteúdo de campo magnético, quanto para a prática docente de professores de Física desse nível de ensino, tendo em vista oferecer ao professor uma estratégia didática diferenciada, crítica, coerente e sistematizada, a qual possa contribuir para o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

BASSALO, J.M. F. A crônica da física do estado sólido:IV. Magnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física.**, vol.16, nºs (1-4) 1994. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a09.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. de 2017.

CAVALCANTE, K. **Campo Magnético no Centro de uma Espira Circular.** Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-no-centro-uma-espira-circular.htm>>. Acesso em: 15 de set. de 2017.

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

CORDEIRO, L. F.. **Física 3º série**, 4º volume. Curitiba: Positivo, 2011.

DIAS, V. **Magneto freezer poderá ajudar na conservação da carne.** Disponível em:<<http://www.usp.br/agen/?p=42607>> Acessado em: 18 de outubro de 2017.

E.P.I.C. **William Gilbert – Electricity, Technology.** Disponível em: <<http://www.epic-school.com/calendar/>>. Acesso em: 22 de out. de 2017.

GITHUB. Magneto - Magnetic Field Simulator. Disponível em <<https://github.com/Lohmandouglas/magneto> >. Acesso em: 15 de set. de 2017.

HALLIDAY, D; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de Física:** gravitação, ondas e termodinâmica. Trad.: Ronaldo Sérgio de Biase. Vol. 3. 8ª ed. Editora LTC, 2009. .

HESSEL, R.; FRESCHI, Agnaldo A.; SANTOS, Francisco J. dos. Lei de indução de Faraday: Uma verificação experimental. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online]. vol.37, n.1,2015.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS. **Magnus.** 02 de jan. de 2013. Disponível em: <<http://instalacoeseletricasii.blogspot.com.br/2013/01/magnus.html>>. Acesso em 20 de set. de 2017.

JÚNIOR, J S da S. **Hans Christian Oersted.** Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/hans-christian-oersted.htm>>. Acesso em: 09 de fev. de 2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**, 3 Volume, Ensino Médio, Editora Ática, 1ª Edição, São Paulo, 2011.

GEOCITIES. **Levitação Magnética.** Disponível em: <http://www.geocities.ws/saladefisica7/funciona/levitacao.html>>. Acesso em 20 de set. de 2017.

GRAÇA, C. **Materiais Magnéticos**. Física Geral e Experimental III. Capítulo 9. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/cograca/graca9_1.pdf modificado>. Acesso em: 22 de out. de 2017.

MAGGRAFT. **Hans Christian Oersted**. Disponível em: <<https://www.magcraft.com/hans-christian-oersted>>. Acesso em: 15 de set. de 2017.

ISOLA, V.. **A História do Eletromagnetismo**. UNICAMP, 2003. Disponível em: <[1.http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsolaRMartins_F809_RF09_0.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsolaRMartins_F809_RF09_0.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2017.

MAXIMO, A.; ALVARENGA, B., **Física: Volume único**. Scipione, 2014.

MIRANDA, J. **James Clerck Maxwell**. Disponível em: <<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/james-clerk-maxwell-1831--1879.html>> Acesso em: 03 de nov. de 2017.

RAMALHO, N. T. **Os fundamentos da Física 3**, 6ª edição, Editora Moderna, 1999.

RIBEIRO, G. A. P. **As propriedades magnéticas da matéria**: um primeiro contato. Departamento de Física - UFS: São Carlos-SP, p. 299-300, 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_299.pdf>. Acesso em 1 de out. de 2017.

ROCHA, J. F. M. (org.) **Evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2011.

SANTOS, J. C. **F.Ímas e magnetismo**. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/imas-e-magnetismo.html>> Acesso em: 20 de ago. de 2017.

SILVA, C. X. da.; B. F., B. **Física Aula por Aula**: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna. Vol. 3. São Paulo: FTD, 2012.

TRAVRILHOS. **Revista Eletrônica Trem de Alta Velocidade**. 2013. Disponível em: <<http://www.tavtrilhos.com/2013/05/transrapid>>. Acesso em: 21 de agos. de 2017.

YOUTUBE. **O campo magnético da terra**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9SyLGsBBdVE>>. Acesso em: 22 de out. de 2017.

_____. **O Núcleo - Missão ao Centro da Terra**. 2003. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=mRuTXeR11lg>>. Acesso em: 1 de out. de 2017.

WILLIAMS, Pearce L. **Michael Faraday**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Michael-Faraday>>. Acesso em: 22 de out. de 2017.