



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

MICHAEL DA SILVA

**ESTUDO DO CAMPO MAGNÉTICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA UTILIZANDO
HARDWARE OPENSOURCE/ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA**

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

MICHAEL DA SILVA

**ESTUDO DO CAMPO MAGNÉTICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA UTILIZANDO
HARDWARE OPENSOURCE/ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Bispo Silva

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

MICHAEL DA SILVA

ESTUDO DO CAMPO MAGNÉTICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA UTILIZANDO
HARDWARE OPENSOURCE/ARDUINO NO ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Aprovada em: 18/12/2023.

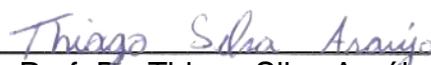
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dr. Ana Paula Bispo da Silva (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Thiago Silva Araújo/SEE-PB
Secretaria de Educação do Estado da Paraíba

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

S586e Silva, Michael da.
Estudo do campo magnético [manuscrito] : uma proposta didática utilizando hardware opensource/arduino no ensino de física / Michel da Silva. - 2023.
82 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.
"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo Silva, Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Campo magnético. 2. Plataforma arduino. 3. Três momentos pedagógicos. 4. Abordagem investigativa. I. Título

21. ed. CDD 530

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus pela benção de chegar até aqui.

A minha mãe Antônia Ana da Silva por sempre me incentivar, cuidar, amar e me orientar na vida todos os dias.

A minha filha querida Maria Clara Pereira Silva pôr dar sentido a luta diária e me fez descobrir o que é um amor verdadeiro.

A professora Ana Paula Bispo da Silva que desde a graduação sempre me deu maior ajuda do mundo e até hoje segue me dando força e orientando.

A minha irmã Kivania Karla Albuquerque Silva Cunha que realmente cumpre o sentido de ser irmão em tudo na vida.

A meu irmão Michel da Silva por todo apoio e conhecimento proporcionado.

A meu sobrinho Tassio Cesar Albuquerque Cunha por ser parte importante da minha vida.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) que desde a graduação me concede uma formação de excelência.

Ao Mestrado Nacional de Ensino em Física (MNPEF) pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos meus queridos mais que amigos, Jucie de Sousa Almeida, Fransuelhia de Sousa Almeida Dantas, Lucas Dutra Dantas, Welton Souto Fontes, Serligia Ferreira da Silva, por fazer parte importante da minha vida ao longo de tantos anos.

RESUMO

Ferramentas tecnológicas foram introduzidas no Ensino de Física há um bom tempo. Dentre as vantagens, as pesquisas apontam a proximidade com o atual ambiente da sociedade, imersa em tecnologia. Por outro lado, ainda é um desafio, principalmente em relação à formação dos professores, o uso cotidiano desses recursos em sala de aula. Em busca de oferecer ferramentas tecnológicas que os professores utilizem em sala de aula, este trabalho emprega a plataforma Arduino no estudo do conceito de campo magnético. Para auxiliar nessa prática desenvolvemos uma sequência didática com a utilização da plataforma Arduino para auxiliar na medição do campo magnético. Em conjunto com o protótipo, elaboramos uma sequência de ensino baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1990). Ao longo da sequência inserimos vídeos ilustrativos e atividades experimentais na busca por aproximar a turma de uma metodologia investigativa. A sequência de ensino foi desenvolvida com alunos do terceiro ano do Ensino Médio em escolas privadas. Houve participação ativa dos alunos, tentando elaborar os experimentos e investigar fenômenos envolvendo campo magnético. A criação de atividades investigativas, onde os alunos se tornam mais independentes para solucionar e trazer suas conclusões, foi o principal desafio do desenvolvimento da sequência em sala. No entanto, podemos concluir que houve mudanças na sala de aula, com alunos interagindo bastante entre si, revendo erros e contradições e construindo conhecimento sobre o conceito estudado. Quanto à experiência docente, identificamos uma nova forma de trabalhar atividades experimentais e refletimos sobre nossa prática, intenções principais da realização e finalização desta dissertação e do produto associado.

Palavras-Chave: campo magnético; plataforma arduino; três momentos pedagógicos; abordagem investigativa.

ABSTRACT

Technological tools were introduced into physics teaching a long time ago. Among the advantages, research points to the proximity to the current environment of society, immersed in technology. On the other hand, the daily use of these resources in the classroom is still a challenge, especially in terms of teacher training. In an effort to provide technological tools for teachers to use in the classroom, this work uses the Arduino platform to study the concept of magnetic fields. To help with this, we developed a prototype using the Arduino platform to help measure the magnetic field. Together with the prototype, we developed a teaching sequence based on the three pedagogical moments of Delizoicov and Angotti (1990). Throughout the sequence we inserted illustrative videos and experimental activities in an attempt to bring the class closer to an investigative methodology. The teaching sequence was developed with third-year high school students, in parallel, in two private schools. The students took an active part in both schools, trying to devise experiments and investigate phenomena involving magnetic fields. The creation of investigative activities, where students become more independent in solving problems and drawing their own conclusions, was the main challenge in developing the sequence in the classroom. However, we can conclude that there were changes in the classroom, with students interacting a lot with each other, reviewing errors and contradictions and building knowledge about the concept studied. As for the teaching experience, we identified a new way of working with experimental activities and reflected on our practice, the main intentions behind carrying out and finalizing this dissertation and the associated product.

Keywords: magnetic field; arduino platform; three teaching moments; ivestigative approach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Representação da Lei de Biot-Savart para o campo magnético	22
Figura 2 –	Fio retilíneo transportando uma corrente uniforme I	23
Figura 3 –	Regra da mão direita	24
Figura 4 –	Fio retilíneo transportando uma corrente uniforme	24
Figura 5 –	Direção e sentido do campo magnético	25
Figura 6 –	Espira circular transportando uma corrente I	26
Figura 7 –	Fio retilíneo transportando uma corrente constante.....	28
Quadro 1 –	Componentes utilizados	34
Figura 8 –	Diagrama elétrico de montagem do experimento I.....	36
Figura 9 –	Diagrama elétrico de montagem do experimento II.....	37
Figura 10 –	Alimentação do Arduino	37
Figura 11 –	Interface de programação do Arduino	40
Figura 12 –	Salvamento e envio do código na interface de programação do Arduino.....	40
Figura 13 –	Montagem do experimento similar ao de Oersted	46
Figura 14 –	Os alunos analisam a deflexão da bússola na presença de corrente elétrica	47
Figura 15 –	Montagem incorreta do eletroímã	49
Figura 16 –	Montagem do eletroímã	51
Figura 17 –	Análise do campo magnético com o Arduino	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COMO METODOLOGIA DE ENSINO	14
2.1	Problematização Inicial	15
2.2	Organização do conhecimento	17
2.3	Aplicação do conhecimento	18
2.4	Alguns conceitos de eletromagnetismo	19
2.4.1	<i>Eletromagnetismo: conceitos teóricos</i>	20
2.4.2	<i>Regra da mão direita</i>	23
2.4.3	<i>Efeito Hall</i>	29
3	PLANEJAMENTO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA	31
3.1	Arduino	31
3.2	Arduino Mega 2560	32
3.3	Sensor de efeito hall	32
3.4	Componentes do aparato utilizado nesse trabalho	33
3.5	Utilização do Arduino e sensor	37
4	RELATO DE IMPLEMENTAÇÃO	39
4.1	Relato da experiência	39
4.1.1	<i>1° Encontro</i>	39
4.1.2	<i>2° Encontro</i>	43
4.1.3	<i>3° Encontro</i>	46
4.1.4	<i>4° Encontro</i>	49
5	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM	58
	APÊNDICE B – CÓDIGO ARDUINO MEGA	59
	APÊNDICE C – CÓDIGO DO ARDUINO	61

1 INTRODUÇÃO

O ensino de conceitos de Física no cenário atual da educação brasileira se configura como um desafio considerável, especialmente no contexto do ensino médio, onde os professores têm se deparado com dificuldades significativas em suas abordagens pedagógicas. Nesse contexto, Amorin e Silva (2016) identificam a desarticulação dos conteúdos de física com a realidade dos alunos como uma das principais causas do alto índice de reprovação e desinteresse no ensino médio. Na maioria das escolas públicas e privadas, o ensino de Física é limitado às sequências de conteúdo contidas nos livros didáticos.

Os conceitos relacionados à ciência desempenham um papel crucial no currículo de Física, entretanto, o ensino convencional e a metodologia adotada pelos professores frequentemente se destacam. Segundo Bonadiman e Nonenmacher (2007) e Oliveira (2010), mesmo que os professores demonstrem disposição para lecionar, aplicar conteúdos excessivamente repetitivos pode desencorajar os estudantes de participar ativamente das aulas. Isso, por sua vez, gera uma série de indagações por parte dos alunos, como: "Qual a utilidade disso? Onde encontrarei aplicação para esse conhecimento na vida cotidiana? Essas equações e fórmulas complexas terão relevância em que contexto?". Tais questionamentos são comuns dentro do ambiente escolar.

Como resultado dessas circunstâncias, surge um notável afastamento entre o conteúdo de Física e a realidade prática experimentada pelos estudantes. O professor, através dos conceitos físicos, deve envolver os alunos e mostrar qual é a relação que existe entre o assunto estudado e a sua vida, só assim o estudante começará a ter interesse pela disciplina e desenvolverá um senso crítico passando a ser mais participativo durante as aulas (Bonadiman e Nonenmacher, 2007). Portanto, é imperativo tornar o ensino de Física mais cativante para os alunos, de forma que eles possam relacionar conceitos abordados em sala de aula com fenômenos naturais que vivenciam em seu dia a dia.

Nesse cenário, torna-se absolutamente crucial superar os obstáculos encontrados na sala de aula a fim de proporcionar aos alunos uma formação ampla e significativa. Como destacado por Carvalho Junior (2002), o

aprendizado de Física ganha importância quando transcende a sala de aula, pois isso implica em ter ferramentas conceituais que permitem a interação com o mundo em múltiplos níveis. Isso inclui desde um aprimorado entendimento das informações científicas divulgadas pela mídia até a habilidade de antecipar resultados de experimentos complexos. Além disso, envolve a capacidade de emitir julgamentos críticos sobre a utilização de determinada tecnologia, considerando suas potenciais implicações ambientais e impactos sobre a humanidade.

A aprendizagem mecânica, na qual o aluno se torna um mero reproduzidor da prática de ensino, é caracterizada pela aplicação de atividades repetitivas, sem estimular a criticidade, o pensamento e a reflexão dos conceitos. Com relação ao ensino tradicional, Moreira (2017) argumenta que as más condições de trabalho, o preparo inadequado, a redução do número de aulas e até a perda da identidade estimulam a aplicação mecânica dos conteúdos no cotidiano escolar. Isso acaba levando ao professor ao caminho mais fácil, adotando em suas aulas resolução de questões repetitivas.

Uma prática de ensino centrada na repetição de atividades e questões, onde a aprendizagem se concentra no número de acertos e de erros que o aluno consegue atingir é uma proposta sem sentido atualmente. Esse processo de mecanização da aprendizagem, também conhecido como educação bancária, onde o aluno é apenas um recipiente onde toda a informação está, e o professor é o dono de todo o conhecimento (Freire, 1987). Dessa forma, é preciso considerar a troca de informações entre professores e alunos, pois essa proposta não se baseia em diretrizes mecânicas para a educação bancária.

Como as relações sociais impactam o processo de ensino-aprendizagem, os professores devem se envolver na mediação do conhecimento, não se limitando ao compartilhamento de ideias. Deste modo, na educação bancária, a educação é o processo de depositar, transferir, transmitir valores e conhecimentos. Na concepção bancária cabe à educação apassivar os sujeitos que já são passivos, adaptando-os ao mundo (Moreira, 2017). Assim, O professor deve envolver-se na mediação dos conhecimentos, não se limitando a uma simples troca de ideias, pois as relações sociais incidem sobre o processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, partimos do pressuposto de que no ensino de Física o professor(a) do ensino médio encontra dificuldade para demonstrar as questões abstratas no ensino de Física para os alunos, de forma que eles possam compreender que a física é uma modelagem da realidade. Portanto, construir e elaborar experimentos em conjunto para a aplicação teórica e prática os conceitos, facilita observar e compreender o fenômeno físico estudado.

Neste sentido, a pergunta de pesquisa que surge é: como inserir a plataforma Arduino no estudo de campo magnético, interligando experimentos investigativos? Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma sequência de ensino problematizadora com auxílio de um produto educacional a ser aplicado em sala de aula, utilizando a plataforma Arduino para medir campo magnético na Lei de Biot-Savart.

Consideramos que observar como a intensidade do campo magnético pode variar com a distância, além de analisar os componentes eletrônicos na montagem do experimento final, e verificar que esses componentes estão sempre presentes nos equipamentos elétricos utilizados por eles, pode auxiliar os alunos na compreensão do conceito.

O baixo custo permite a execução dessa proposta, como também o fácil manuseio de montagem, além do fato que o conjunto da plataforma Arduino poderá ser utilizado em várias outras experimentações de Física, o que se torna muito importante devido à falta de equipamentos em algumas escolas.

Para tanto, utilizamos a metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP) de Delizoicov e Angotti (1990), como uma metodologia facilitadora para interação entre o aluno, o meio onde o aluno está inserido, os conteúdos e o professor.

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos mais o produto educacional.

No capítulo 1, esta introdução, apresentamos nossa pergunta de pesquisa e as justificativas para o trabalho.

No capítulo 2 trazemos um pouco sobre os três momentos pedagógicos, referencial teórico para a metodologia de ensino utilizada.

No capítulo 3 discutimos um pouco sobre eletromagnetismo, principalmente os conceitos empregados na plataforma Arduino, como efeito Hall, que serve como efeito identificador da presença de campo magnético.

No capítulo 4 trazemos a sequência de ensino como foi planejada. Para evitar um texto repetitivo e, considerando que a sequência de ensino se encontra também no produto, já introduzimos nosso relato da experiência de aplicação, encontro a encontro.

No capítulo 5 fazemos nossas considerações finais. Por fim, apresentamos o produto educacional final, composto da plataforma Arduino utilizada e as instruções para outro professor poder empregá-la, como também a sequência de ensino elaborada.

2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COMO METODOLOGIA DE ENSINO

A problemática é considerada um componente fundamental das discussões em sala de aula e pode ser um caminho para o trabalho interdisciplinar em escolas. Essa problematização pode estar relacionada à pesquisa de circunstâncias próximas e vivenciais dos alunos, que incluem elementos sociais e culturais de seu entorno. Segundo Muenchen e Delizoicov (2012), a dinâmica 3MP começou a se espalhar no final dos anos 80, principalmente por meio do programa do INEP/MEC para as escolas públicas de nível médio do Brasil, que distribuiu os livros "Metodologia do Ensino de Ciências" (Delizoicov e Angotti, 1992) e "Física" (Delizoicov e Angotti, 1990).

Além disso, os autores afirmam que esses conteúdos agora são encontrados em referências bibliográficas de cursos de licenciatura em ciências, programas de pós-graduação, concursos públicos para magistério e cursos de formação continuada de professores. Os autores da abordagem temática dos 3MP veem os conceitos como ferramentas para compreensão de temas mais amplos, ou seja, temas socialmente relevantes (Muenchen, 2010).

Como estruturadores do currículo, os 3MP participaram de várias tentativas de reestruturar o currículo. Um exemplo disso foi quando Paulo Freire assumiu a Secretaria Municipal de Educação do município de São Paulo em 1989. Neste mandato, Freire propôs uma estratégia para estabelecer uma escola pública, popular, democrática e de alta qualidade baseado em quatro objetivos principais:

Ampliar o acesso e a permanência dos setores populares – virtuais únicos usuários da educação pública; Democratizar a gestão, o poder pedagógico e educativo para que todos, alunos, funcionários, professores, técnicos educativos, pais de família se vinculem num planejamento autogestionado, aceitando as tensões e contradições sempre presentes em todo esforço participativo, porém buscando uma substantividade democrática; Incrementar a qualidade da educação, mediante a construção coletiva de um currículo interdisciplinar e a formação permanente do pessoal docente; Eliminar o analfabetismo de jovens e adultos em São Paulo (Freire, 2001, p. 14-15).

Este foi conhecido como o Projeto Interdisciplinar do Município de São Paulo. Ele também foi conhecido como o Projeto Interdisciplinar por Tema

Gerador ou o Projeto Inter (Muenchen, 2010, p. 119). A proposta pedagógica da escola se baseia no trabalho coletivo, nas posturas, nos temas geradores, na formação dos educadores, na metodologia e no programa, de acordo com Centa (2015). Por último, mas não menos importante, foram propostas estratégias para a educação na escola que envolvem a colaboração interdisciplinar, um estudo preliminar da localidade, a seleção de temas geradores e a construção e desenvolvimento do programa de cada escola envolvida.

Os principais elementos da abordagem dos 3MP são a conexão entre os conteúdos e os temas, a superação dos problemas mais importantes no ambiente escolar, a problematização dos temas a serem abordados e a estimulação do aluno a refletir sua realidade e colocá-lo no centro do processo de ensino e aprendizagem (Giacomini e Muenchen, 2015).

Sobre a utilização dos 3 MP, Araújo (2015, p. 105) menciona que:

[...] a partir da utilização dos 3MP como estruturantes de currículos, bem como ferramenta metodológica, educador e educandos encontram-se numa relação horizontal de diálogo e saberes, sendo que o conhecimento apresentado por ambos é fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

Essa metodologia de ensino ou plano de aula, que incorpora a perspectiva dialógico-problematizadora de Freire (1987), é organizada em três momentos distintos e são chamados de "Momentos Pedagógicos". Esses momentos são a Problematização Inicial (PI), a Organização do Conhecimento (OC) e a Aplicação do Conhecimento (AC).

2.1 Problematização inicial

Este é o momento em que o professor inicia uma situação que reflete a realidade dos alunos, que geralmente trazem para a sala de aula. Devem ser desafiados a expressar suas opiniões sobre o assunto neste momento. Atualmente, o professor é responsável por mediar e coordenar a discussão, levantar perguntas e dúvidas sobre o assunto, fortalecer a discussão e servir como questionador em vez de dar respostas. O objetivo neste momento é que

os alunos tenham uma compreensão geral e uma capacidade de crítica do assunto.

A problematização pode ocorrer em pelo menos dois sentidos, de acordo com Delizoicov e Angotti (1990). A problematização pode fazer com que os alunos busquem novos conhecimentos que não têm, ou os alunos podem já ter uma compreensão das questões colocadas de suas experiências na escola ou fora dela.

Sampaio, Quadrado e Pimentel (1994) destacam que:

O tema gerador, proposto inicialmente pelo educador Paulo Freire, é entendido como um objeto de estudo que compreende “o fazer e o pensar, a ação e a reflexão, a teoria e a prática”, assim como um caminho para reorientar de forma interdisciplinar o currículo (1994, p.59).

Para que essa etapa seja mais compreendida pelo aluno é necessário que o professor tenha uma conduta de fazer mais questionamentos, indagações, do que explicar as indagações iniciais, sendo livre para fluir entre os questionamentos apresentados, lançando dúvidas, mas nunca fugindo da temática inicial estudada. Observamos que as ações do professor durante essa problematização inicial são de fundamental importância durante todo o processo, sendo uma ação direta.

A problematização está sempre presente nos 3MP porque visa discutir, investigar e discutir situações relacionadas à vida dos alunos. Muenchen e Delizoicov (2012) enfatizam que há problematização na dinâmica dos 3MP:

[...] trata-se de uma prática didático-pedagógica que, tendo como fundamentos a dialogicidade e a problematização, conforme consideradas por Freire (1987), possibilita a presença constante e sistematizada de elementos de situações significativas oriundas do local em que vive a população que envolvem contradições, para que sejam sistemáticas as problematizações das compreensões dos alunos sobre elas, obtidas através das suas “falas” (2012, p. 14).

Muenchen (2010) aponta que a problematização é uma forma de desvelamento, pois o professor problematizador desvela os conteúdos para os alunos quererem saber, em vez de descrever o conteúdo. Como resultado, a problematização desperta a curiosidade. A autora enfatiza a necessidade de discutir o uso dos 3MP nesse contexto:

Ao problematizar, de forma dialógica, os conceitos são integrados à vida e ao pensamento do educando. Ao invés da memorização de

informações [...] ocorre o enfrentamento dos problemas vivenciados. Em síntese, a problematização pode possibilitar que os educandos tornem-se críticos das próprias experiências (2010, p. 160).

Araújo et al. (2013) distinguem a problematização da pergunta, um elemento crucial que deve ser compreendido. Uma problematização cria oportunidades para o diálogo porque incentiva os alunos a se interessarem pelas questões lançadas. Isso é diferente de uma pergunta, na qual eles normalmente simplesmente respondem sem se sentirem desafiados.

A dialogicidade e a problematização estão presentes em todas as fases da educação, pois ambas as dinâmicas visam ajudar os alunos a resolver problemas em suas próprias vidas, dando-lhes a oportunidade de expressar suas opiniões, dúvidas e preocupações. O diálogo permite a interação constante, permitindo ajustes constantes na programação, impedindo que o programa seja estanque e concluído, de acordo com (Pernambuco, 1994).

2.2 Organização do conhecimento

O segundo momento representado pela OC enfatiza os conhecimentos científicos selecionados para aprofundamento a partir do assunto abordado na PI. Os dados obtidos do PI ajudaram o grupo de professores a identificar as questões geradoras e o conteúdo específico necessário para entender o tema gerador. O foco neste momento é o planejamento regional (Muenchen, 2010; Muenchen e Delizoicov, 2012; Araújo e Muenchen, 2013).

O conhecimento das ciências da natureza necessário para entender o assunto e a problematização inicial será estudado de forma organizada e sob orientação do professor. O professor apresentará conceitos, definições e aplicações. O conteúdo é projetado para permitir que os alunos tenham diferentes interpretações. E ajuda o aluno a pensar criticamente comparando o novo conhecimento com o que já sabe.

Araújo e Muenchen (2013) também afirmam que, no segundo momento:

O conhecimento em Ciências Naturais necessário para a compreensão do tema e da problematização inicial será sistematicamente estudado sob orientação do professor. Serão desenvolvidas definições, conceitos, relações. O conteúdo programado é preparado em termos instrucionais para que o aluno aprenda de forma a, de um lado perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos

problematizados, e, de outro, a comparar esse conhecimento com o seu, para usá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações.

O termo "tema" está presente, conforme observado. Ou seja, a ideia de que o conhecimento científico deve ser visto a partir da compreensão do tema e da problematização, e não como um resultado final. Para aplicação do momento de organização do conhecimento pode-se utilizar inúmeras atividades, tais como:

- Exposição do conteúdo pelo professor, de definições, propriedades, unidades, etc.;
- Formulação de questões com evolução gradativa de dificuldade;
- Texto previamente preparado pelo professor para mediar uma análise em sala com os alunos;
- Experimentações em sala, sob supervisão do professor;
- Apresentação de trabalhos em grupo, dentre outros;
- Experiências realizadas pelos alunos, ou demonstradas pelo professor acerca do conteúdo trabalhado.

2.3 Aplicação do conhecimento

O momento final corresponde à aplicação do conhecimento, o que significa que o conhecimento é sistematizado. Ao resolver problemas e realizar atividades específicas, os alunos devem conseguir aplicar o conhecimento científico a situações da realidade.

Atualmente, o conhecimento do aluno é aplicado sistematicamente para fazer uma ponte entre as situações apresentadas no início do estudo. Essas situações não foram discutidas diretamente, mas estão ligadas, com a mesma explicação. Aqui ocorre a avaliação do programa e a execução das atividades em sala de aula. A "planificação de atividades que demonstrem as construções de conhecimento" é outra característica da avaliação. (Torres et al., 2002, p. 148).

Os autores afirmam que:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar

tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (Delizoicov e Angotti, 1990a, p. 31).

Também deve ser considerado que o estudo das situações propostas nessa etapa não pode ser igual à situação proposta na problematização inicial, ou seja, é necessária uma situação para ser analisada com os conhecimentos adquiridos, mas bem próxima da problematização que gerou a discussão.

Essa abordagem visa capacitar os alunos a articular a conceituação física com situações reais de forma constante e rotineira, mais do que simplesmente encontrar soluções de problemas encontrados em materiais didáticos utilizando fórmulas físicas com propriedades matemáticas.

Os três momentos pedagógicos abrem um leque de possibilidades para o estudo coletivo dos alunos e professores, propondo indagações e reflexões para se chegar ao surgimento de soluções e formação de saberes sobre fenômenos que rodeia o aluno enquanto cidadão. O aluno adquire a consciência de que o conhecimento não é apenas uma construção histórica, é acessível a todos e, portanto, deve ser apreendido para que todos possam usá-lo. Como resultado, "pode-se evitar a excessiva distinção entre produto e processo, física da "vida" e do "quadro-negro"" (Delizoicov e Angotti, 1990, p. 31).

No próximo capítulo apresentaremos algumas considerações sobre o estudo do magnetismo e algumas aplicações.

2.4 Alguns conceitos de eletromagnetismo

Nesta dissertação propomos medir o campo magnético experimentalmente, por um instrumento eletrônico baseado na plataforma Arduino de prototipagem que possui código aberto (open source) de computação. Para a plataforma poder realizar suas medidas, ela parte de conceitos fundamentais sobre magnetismo e eletromagnetismo que serão explicados neste capítulo.

Cabe ressaltar que o conteúdo de eletromagnetismo apresentado aqui, bem como o ferramental matemático utilizado, está voltado para o professor

que irá empregar a plataforma. Não corresponde necessariamente ao que o aluno precisa saber, o que está limitado pelo currículo da escola.

2.4.1 Eletromagnetismo: conceitos teóricos

Na eletricidade, um dos primeiros conceitos a ser estudado é o de força elétrica, a ideia de cargas elétricas se atraírem ou repelirem, nos levou a compreensão da lei de Coulomb para a força elétrica. Não menos importante, notou-se que quando a carga adquiria velocidade, uma nova força surgia, a força magnética. As equações (1) e (2) definem a força elétrica e magnética na natureza.

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

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

onde $q = \pm en$.

A junção das equações (1) e (2) é conhecida como sendo a força de Lorentz, dada por

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

A força de Lorentz, só existe se a carga estiver numa região de campo magnético, obtida experimentalmente.

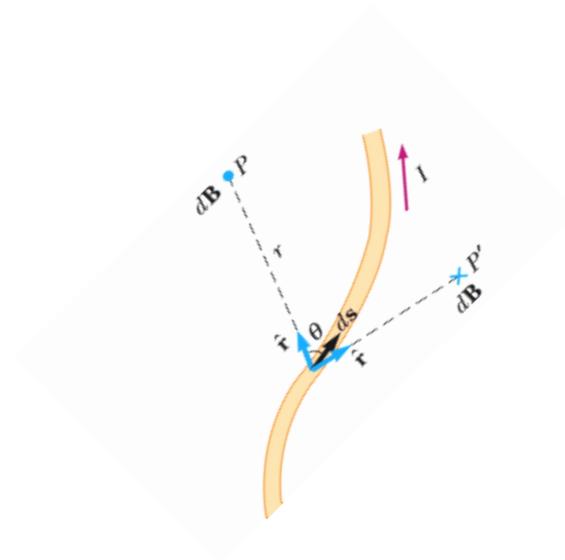
Em um comparativo entre força elétrica e força magnética podemos realizar a seguinte interpretação: a força elétrica surgiu devido à existência do campo elétrico e não diferiu com a força magnética, ela surgiu devido à existência do campo magnético. Na expressão matemática para a força de Lorentz introduziu-se o termo \mathbf{B} ao qual consideramos como sendo o campo magnético.

Com isso fica a pergunta: como produzir o campo magnético? Buscando na literatura, o campo magnético pode ser produzido de duas formas: pelo movimento produzido pelas cargas elementares no interior de alguns materiais; ou através das cargas em movimento (Halliday, Resnick e Walker, 2012). Essas duas constatações foram essenciais para explicar a criação do campo magnético.

A possibilidade de que alguns materiais possuem a propriedade de que seus spins possam girar, faz com que seja criado um campo magnético permanente. Logo, esses materiais são chamados de ímãs permanentes. Os ímãs possuem propriedades bem definidas, tais como: são conhecidos por possuírem dois polos “Norte” e “Sul”; existe uma força magnética de repulsão ou atração, semelhante à interação entre cargas elétricas, no caso, polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem; as linhas imaginárias de campo magnético saem sempre do polo Norte e entram sempre pelo polo Sul.

Nesse ponto é importante entender conceitualmente a expressão matemática para a obtenção do campo magnético. A lei de Biot e Savart como sendo a primeira expressão para o cálculo do campo magnético. Assim, vamos demonstrá-la de forma simples e objetiva (Serway e Raymond, 2006). Os passos para interpretar esse fenômeno são: considerar uma corrente elétrica I viajando por um fio infinito; a corrente elétrica deve estar distribuída uniformemente; escolher um ponto P ao redor do fio, onde calcularemos o campo magnético; no ponto P teremos o campo magnético elementar $d\vec{B}$ criado pelo elemento de corrente $I d\vec{s}$; considerar o ponto P a uma distância \vec{r} do fio; considerar \vec{s} o comprimento do fio e $d\vec{s}$ uma parte elementar desse comprimento (parte elementar = menor parte que você possa imaginar). A Figura 1 mostra os elementos citados anteriormente.

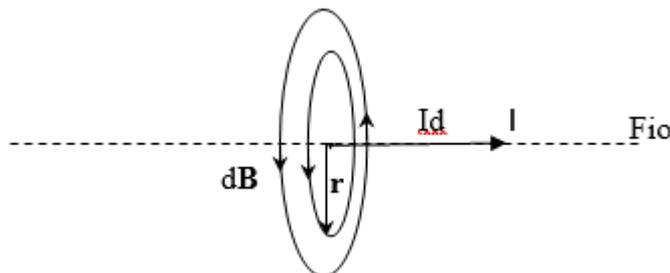
Figura 1 – Representação da Lei de Biot-Savart para o campo magnético.



Fonte: Imagem do livro do (Serway e Raymond A, 2006, p. 836).

Nessa demonstração os elementos $I d\vec{S}$, \vec{r} e $d\vec{B}$ são vetores. O vetor $I d\vec{S}$ sempre será tangencial ao fio, enquanto o vetor \vec{r} sempre será perpendicular ao vetor $I d\vec{S}$, na Figura 2.

Figura 2 - Fio retilíneo transportando uma corrente uniforme I .



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Contudo, caso exista um ângulo entre esses vetores, causado pela possibilidade de o fio encurvar, podemos definir a seguinte relação entre eles:

$$I d\vec{S} \times \vec{r} \quad (4)$$

Conhecendo a relação entre os vetores e fazendo analogia ao campo elétrico elementar dado pela equação (5), podemos definir o campo magnético elementar dado pela equação (6), onde o elemento de carga dq foi substituído pelo elemento de corrente. A constante elétrica também foi substituída pela constante magnética.

$$d\vec{E} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right) \frac{dq}{r^3} \vec{r} \quad (5)$$

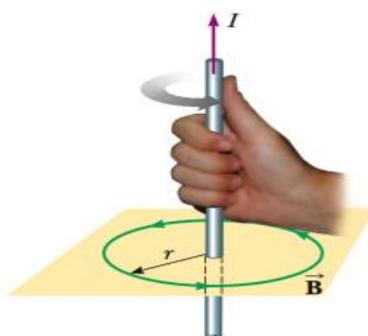
$$d\vec{B} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \right) \frac{I d\vec{S} \times \vec{r}}{r^3} \quad (6)$$

A equação (6) é conhecida a lei de Biot – Savart que determina o campo magnético $d\vec{B}$ gerado num ponto P a uma distância \vec{r} de um elemento de comprimento $d\vec{S}$ em um fio por onde se passa uma corrente I . O termo μ_0 é a permeabilidade no vácuo.

2.4.2 Regra da mão direita

Considerando a simetria do problema, podemos adotar a “regra da mão direita” para identificar como o campo magnético está atuando. A ideia geral é considerar o polegar da mão direita na direção da corrente elétrica, como na Figura 3, os demais dedos indicarão a direção e o sentido do campo magnético **B**.

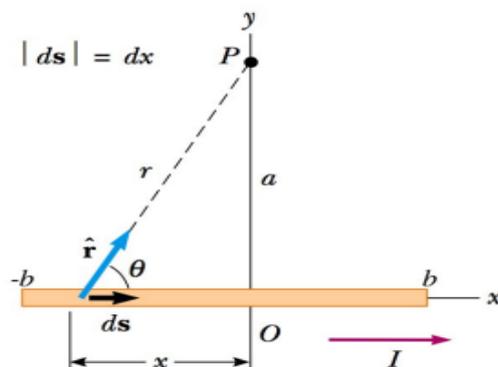
Figura 3 - Regra da mão direita.



Fonte: (Serway e Raymond A, 2006, p. 837)

Para ilustrar a lei de Biot e Savart, calcularemos o vetor campo magnético **B** para um fio retilíneo infinito. Na Figura 4 mostra todos os elementos necessário para nosso cálculo.

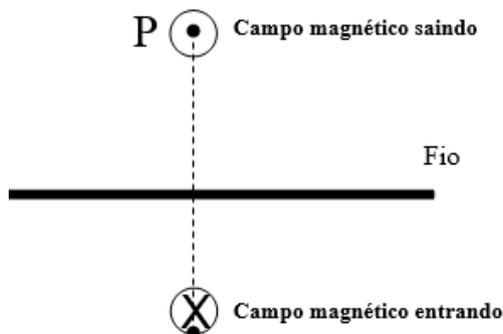
Figura 4 - Fio retilíneo transportando uma corrente uniforme.



Fonte: (Serway e Raymond A, 2006, p. 62)

O campo magnético será calculado no ponto P a uma distância a do fio. Usando a regra da mão direita podemos determinar a direção e o sentido do magnético no ponto P.

Figura 5 - Direção e sentido do campo magnético.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O campo magnético está na horizontal saindo da página. O módulo do campo é dado pela lei de Biot e Savart. O produto vetorial nos dar a equação (7) e substituindo na equação (6), temos:

$$Id\vec{S} \times \vec{r} = idS \sin \theta \sin \theta \ r \quad (7)$$

$$dB = \frac{\mu_0 i dx \sin \theta}{4\pi r^2} \quad (8)$$

onde $|ds| = dx$. Usando, $a^2 + x^2 = r^2$ e $\sin \theta = \frac{a}{\sqrt{x^2 + a^2}}$, ambos obtido da figura 5, obtemos:

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{a dx}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (9)$$

Integrando a equação (9), encontramos o módulo do campo magnético B.

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 i a}{4\pi} \int_{-b}^b \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 i a}{4\pi} \left[\frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}} \right]_{-b}^b \quad (10)$$

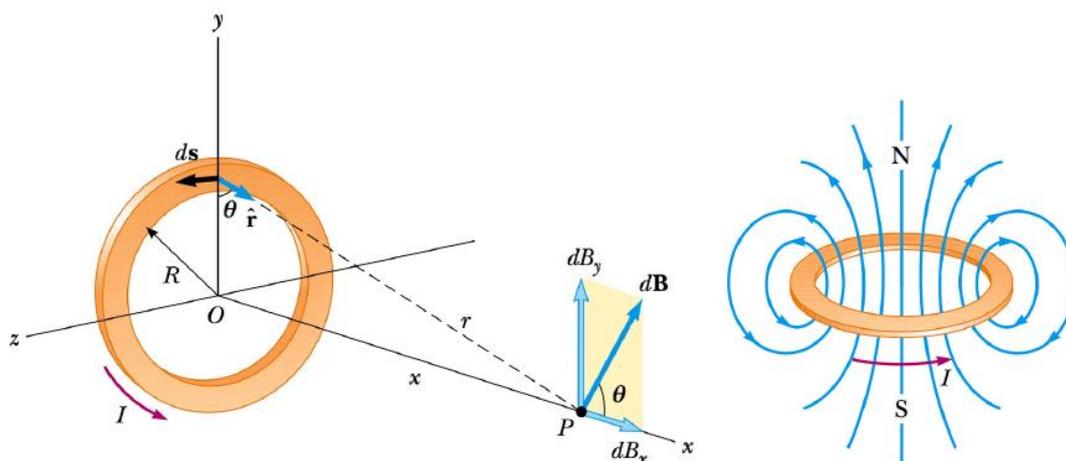
$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \left[\frac{2b}{\sqrt{b^2 + a^2}} \right] \quad (11)$$

Finalmente, para o fio ser considerado infinito, basta considerar que $b \rightarrow \infty$, assim, obtemos

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \quad (12)$$

Aplicação da lei de Biot e Savart para espira circular, como mostra a figura 6.

Figura 6 - Espira circular transportando uma corrente i .



Fonte: (Serway e Raymond, 2006, p. 838)

Sabendo que $d\vec{s} \perp \hat{r}$ para todos os pontos do fio e observando que existe um ângulo θ entre \hat{r} e o eixo y, portando $|d\vec{s} \times \vec{r}| = r ds$. Aplicando Biot e Savart temos:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d\vec{s} \times \vec{r}}{r^2} \quad (13)$$

Note que as componentes de $d\vec{B}$ são dB_x ao longo do eixo x e $dB_y = dB_z$ na direção perpendicular. Somando as contribuições $B_{\perp} = 0$ por cancelamento.

Calculamos então o B_x , integrando

$$dB_x = dB \cos \theta = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{R}{\sqrt{x^2 + R^2}} ds \quad (14)$$

$$B_x = \oint dB \cos \theta = \oint \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{R}{\sqrt{x^2 + R^2}} ds = \frac{\mu_0 i R}{4\pi (x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \oint ds \quad (15)$$

$$B_x = \frac{\mu_0 i R}{4\pi (x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} (2\pi R) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (16)$$

A partir da equação (16), podemos realizar algumas situações comuns para a variável x .

Tomando $x = 0$: a equação (16) se reduz a equação (17).

$$B_x = B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (17)$$

Tomando $x \gg R$: a equação (16) se reduz a equação (18), onde substituímos o momento magnético, dado por: $\mu = i(\pi R^2)$.

$$B \approx \frac{\mu_0 i R^2}{2x^3} = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi x^3} \quad (18)$$

Na forma vetorial, temos.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{\mu}}{2\pi x^3} \quad (19)$$

Comparando a equação (19), com o análogo do campo elétrico. O resultando é similar ao campo distante de um dipolo elétrico,

$$\vec{E} = \frac{\vec{p}}{4\pi\epsilon_0 x^3} \quad (20)$$

Através do nosso instrumento de medição, criado durante a pesquisa da dissertação, poderá medir o campo magnético nas situações estudadas anteriormente.

De outra perspectiva, a lei de Ampère considera a simetria dos problemas e a obtenção do campo magnético se torna mais fácil.

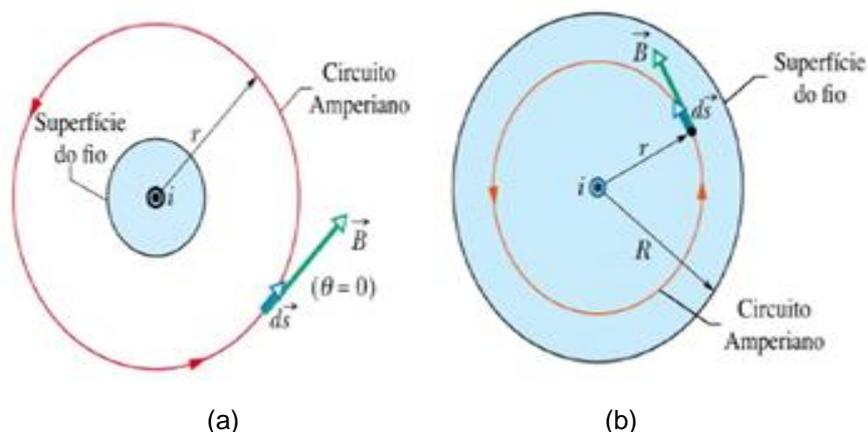
A lei de Ampère relaciona a corrente elétrica que passa pelo caminho S de um circuito com o campo magnético \mathbf{B} , através da expressão:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \mu_0 i \quad (21)$$

A corrente i que aparece na lei de Ampère corresponde a corrente líquida (soma de correntes positivas e negativas) envolvida pela curva Amperiana. A lei de Ampère não contempla o campo magnético para correntes “fora” da curva Amperiana, elas não contribuem.

Vejamos uma situação semelhante a um fio retilíneo transportando uma corrente i . Já sabemos que o campo magnético é dado pela equação (12). A Figura 7, mostra um fio retilíneo transportando uma corrente i onde agora introduziremos a curva ou circuito Amperiana de raio r . Em (a), temos o fio transportando a corrente i completamente envolvido pela curva Amperiana. Na (b), a curva Amperiana está contida internamente ao fio, parte da corrente i está passando por fora da curva.

Figura 7 - Fio retilíneo transportando uma corrente constante i .



Fonte: Halliday e Resnick (2012) 9ª edição, (a) p. 228 (b) p. 229)

A escolha da direção ao longo da curva Amperiana pode ser horária ou anti-horária, fica a seu critério, o resultado é indiferente dessa escolha. A direção e sentido do campo magnético é dado pela regra da mão direita. Na figura 7a e 7b, ambos, o elemento de comprimento e o elemento de campo magnético, estão na mesma direção.

Usando a lei de Ampère dada pela equação (21) e que o campo magnético, por simetria, é o mesmo em qualquer ponto da curva Amperiana, temos:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint_S B \cos \theta dS = B \cos \theta \oint_S dS = B \cos \theta (2\pi r) = \mu_0 i \quad (\theta = 0) \quad (22)$$

A solução da integral é muito simples, corresponde ao comprimento do círculo, $2\pi r$. Logo, o campo magnético é dado por:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (23)$$

Esse resultado é semelhante à equação (12), porém é obtido com muita elegância e facilidade.

No caso da curva interna ao fio, a corrente será dada pela divisão da área da curva Amperiana pela área do fio, como na equação (24).

$$i = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad (24)$$

Então, a lei de Ampère nos dará:

$$\oint_S B \cos \theta dS = B \oint_S dS = B (2\pi r) = \mu_0 i' = \mu_0 i \frac{r^2}{R^2} \quad (\theta = 0) \quad (25)$$

Logo,

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R^2} r \quad (26)$$

O campo magnético no fio é uma reta crescente com o raio r , e fora do fio decai com $\frac{1}{R}$, onde R é o raio do fio.

O campo magnético \mathbf{B} ganhou uma abordagem matemática quando James Clerk Maxwell, um físico e matemático britânico, apresentou suas equações para o estudo do eletromagnetismo. Consideramos importante para o leitor desse trabalho que ele possa compreender a abordagem conceitual do campo magnético através das equações diferenciais. Assim, mostraremos um caminho para tal feito.

A equação (6) e a lei de Biot e Savart, na forma integral, para o caso geral de uma corrente volumétrica com distribuição de corrente dada por $\mathbf{J}(\mathbf{r}')$.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} \frac{\vec{J}(\mathbf{r}') \times \hat{r}}{r^2} dV' \quad (27)$$

A corrente está no ponto $\mathbf{r}(x', y', z')$ e o campo magnético no ponto $\mathbf{r}(x, y, z)$. É fácil ver que o campo $\vec{B} = \vec{B}(x, y, z)$ e $\vec{J}(x', y', z')$. Assim, temos:

$$\vec{r} = (x - x')\hat{x} + (y - y')\hat{y} + (z - z')\hat{z} \quad (28)$$

$$dV' = dx' dy' dz' \quad (29)$$

Tomando o divergente da equação (27). Analisemos apenas o termo na integral. Logo, obtemos:

$$\nabla \cdot \vec{B} = \nabla \cdot \left(\frac{\vec{J}(\mathbf{r}') \times \hat{r}}{r^2} \right) = \left(\frac{\hat{r}}{r^2} \right) \nabla \times \vec{J}_{\omega=0} - \vec{J} \nabla \times \left(\frac{\hat{r}}{r^2} \right)_{\omega=0} = 0 \quad (30)$$

A integral é identicamente nula, assim:

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (31)$$

Neste caso, a distribuição de corrente está estática. A equação (31) garante a inexistência de mono polo magnético e corresponde a uma das equações de Maxwell para o eletromagnetismo.

A seguir, abordaremos o efeito Hall, princípio básico para o funcionamento do sensor usado em nosso produto educacional.

2.4.3 Efeito Hall

Um condutor elétrico, transportando uma corrente i , imerso numa região de campo magnético \vec{B} , observamos o aparecimento de um campo elétrico \vec{E} . Esse fenômeno é chamado de efeito Hall, dado pelo Físico Edwin Hall em 1879. Para podermos entender melhor sobre o campo elétrico \vec{E} criado no condutor elétrico, consideramos a seguinte situação:

Velocidade média dos elétrons no condutor elétrico

$$\vec{v} = v_y \hat{j} \quad (35)$$

$$\vec{B} = -B_x \hat{i} \quad (36)$$

Os elétrons viajam com velocidade dada pela equação (35), numa região que possui campo magnético dado pela equação (36). Logo, estarão sujeitos a força magnética dado pela equação (2).

$$\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B}) = -e(v_y \hat{j} \times -B_x \hat{i}) = -ev_y B_x \hat{k} \quad (37)$$

Os elétrons viajam inicialmente na direção e sentido positivo do eixo cartesiano y e logo ao chegar na região de campo magnético dado pela equação (36) sentem a presença da força magnética dada pela equação (37) que os levam para direção negativa do eixo cartesiano z , gerando uma distribuição de carga negativas nessa região. Assim, surgiu o campo elétrico de Hall, \vec{E}_H , dado por

$$\vec{E}_H = -E_H \hat{k} \quad (38)$$

A equação (38) nos informa a direção e o sentido do campo elétrico criado. A força elétrica e a força magnética nessa região, no equilíbrio, serão contrabalançadas e logo teremos:

$$-eE_H \hat{k} = -ev_y B_x \hat{k} \Rightarrow E_H = v_y B_x \quad (39)$$

Por outro lado, a densidade de carga é dada por

$$\vec{j} = Ne\vec{v} \Rightarrow J_y = -Ne v_y \quad (40)$$

Assim,

$$\vec{E}_H = -\frac{J_y}{Ne} B_x \quad (41)$$

Então,

$$R_H = \frac{E_H}{J_y B_x} = -\frac{1}{Ne} \quad (42)$$

O termo R_H é chamado de coeficiente de Hall e contém somente quantidades que podem ser medidas experimentalmente. Podemos determinar o número de partículas por unidade de volume. Também podemos obter o número e o sinal das cargas em movimento. Em nosso produto utilizamos o sensor Hall, como instrumento para leitura do campo magnético.

3 PLANEJAMENTO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA

Para fazer um estudo das teorias do magnetismo, desenvolvemos uma sequência didática problematizadora com auxílio da plataforma Arduino para medir campo magnético. Utilizando a metodologia dos três momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1990), analisamos experimentalmente a variação do campo magnético com a distância. A utilização da plataforma Arduino é uma forma de imersão dos alunos em uma ferramenta tecnológica, que consiga despertar ainda mais a curiosidade dos alunos.

3.1 Arduino

A placa integrada Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, criada por Massimo Banzi e David Cuartielles, em 2005. A placa é de fácil utilização, sendo necessário um conhecimento básico em eletrônica ou em programação, dessa forma é bastante fácil para o professor utilizá-la em laboratório. A plataforma é composta de hardware e software (Banzi et al, 2005).

O hardware é uma placa eletrônica com todos os componentes necessários para a maioria dos projetos. Além disso, permite que circuitos externos sejam conectados em posições padronizadas por meio de pinos de conexão. A placa é adaptável e flexível. Além disso, a placa é programável, o que significa que você pode escrever instruções para controlar o dispositivo ou realizar leituras de sinais analógicos e digitais. Essas instruções podem ser salvas no chip do controlador do Arduino. É possível baixar e usar projetos livres do Arduino em sala de aula (Mc Roberts, 2018).

3.2 Arduino Mega 2560

O Arduino Mega 2560 é uma plataforma de desenvolvimento popular no campo da eletrônica, engenharia e automação. Lançado em 2010, faz parte da família de placas Arduino, um projeto open-source que revolucionou a prototipagem de projetos eletrônicos (Kumar et al, 2015).

A arquitetura do Arduino Mega 2560 é baseada no microcontrolador ATmega2560 da Atmel (hoje parte da Microchip Technology). Este microcontrolador opera a uma frequência de clock de 16 MHz e oferece 256 KB de memória Flash para armazenamento de programas, 8 KB de memória RAM e 4 KB de memória EEPROM para dados não voláteis. O destaque da placa são seus 54 pinos de entrada/saída digital, dos quais 15 suportam saídas PWM, e 16 pinos analógicos, tornando-o ideal para projetos complexos com múltiplos dispositivos (Kumar et al, 2015).

A facilidade de uso do Arduino Mega 2560 é uma de suas principais vantagens, visto que tem mais portas para ser utilizado em outras aplicações. O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) da Arduino oferece uma maneira acessível de programar o microcontrolador, utilizando uma linguagem baseada em C/C++. Além disso, o IDE inclui uma vasta biblioteca de funções e é suportado por uma comunidade ativa de entusiastas e desenvolvedores que compartilham projetos, bibliotecas e tutoriais (Monk, 2017).

As aplicações práticas do Arduino Mega 2560 são diversas. Ele é empregado em sistemas de automação residencial, controle de robôs, instrumentação de laboratório, dispositivos médicos, e muito mais. A capacidade de interagir com uma variedade de sensores e atuadores torna-o uma escolha versátil para projetos que envolvem monitoramento, controle e aquisição de dados. Além disso, o Arduino Mega 2560 é amplamente utilizado em ambientes educacionais para ensinar eletrônica e programação, contribuindo para a formação de novos engenheiros e cientistas (Silva et al, 2017; Schubert, 2020; Almeida, Sorrentino e Nunes, 2019).

3.3 Sensor de efeito hall

Os sensores de efeito Hall são muito importantes para a eletrônica moderna porque são essenciais para medir campos magnéticos e para aplicações de detecção de posição, velocidade, corrente elétrica e outras grandezas. Os princípios de funcionamento desses sensores, seus tipos e várias aplicações são discutidos neste estudo (Borges et al, 2020; Peroni e Campo, 2016).

O funcionamento dos sensores de efeito Hall é baseado no fenômeno de Edwin Hall, que foi descoberto em 1879. Esse efeito ocorre quando um condutor é colocado em um campo magnético perpendicular ao fluxo de corrente. Nessa situação, uma diferença de potencial elétrico, chamada tensão Hall, é gerada ao longo da largura do condutor. A magnitude dessa tensão Hall é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético aplicado (Hall et al, 1879).

Os sensores de efeito Hall são construídos com base nesse princípio. Eles geralmente consistem em uma fina placa semicondutora sensível ao campo magnético. Quando o campo magnético atua sobre o sensor, ele gera uma tensão Hall proporcional à intensidade do campo. Essa tensão pode ser usada para fins de medição (Hall et al, 1879).

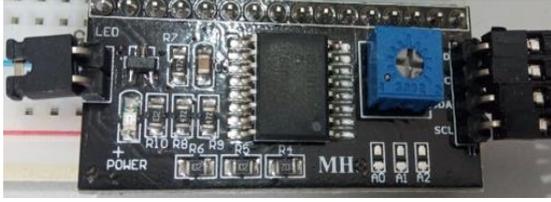
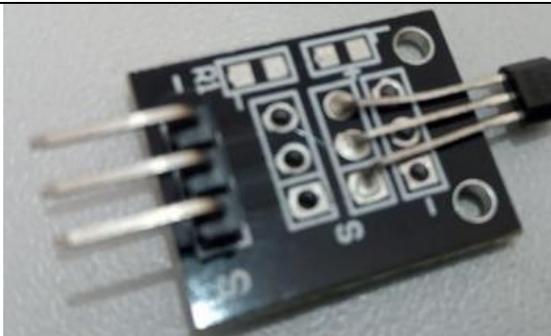
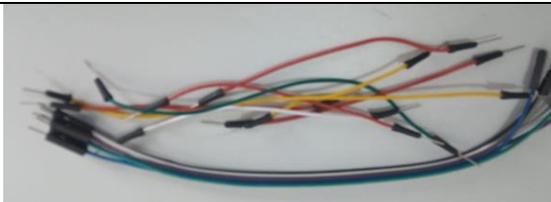
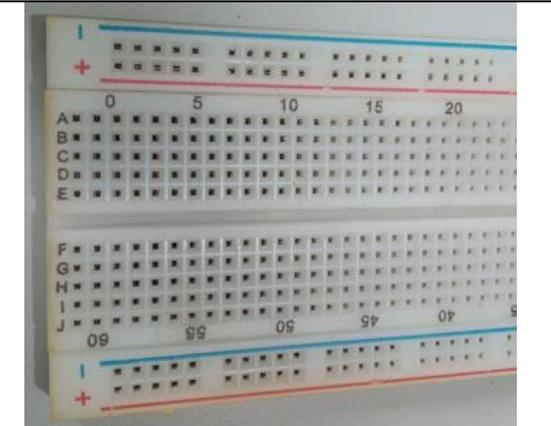
3.4 Componentes do aparato utilizado nesse trabalho

O experimento do 4º encontro é de certa forma muito importante para a sequência didática e se tornou necessário construir um Tutorial separado para poder ter certeza de que nenhuma dúvida ficou sem ser esclarecida.

Grande parte do equipamento é encontrado em loja de eletrônica ou na internet e possui um baixo custo.

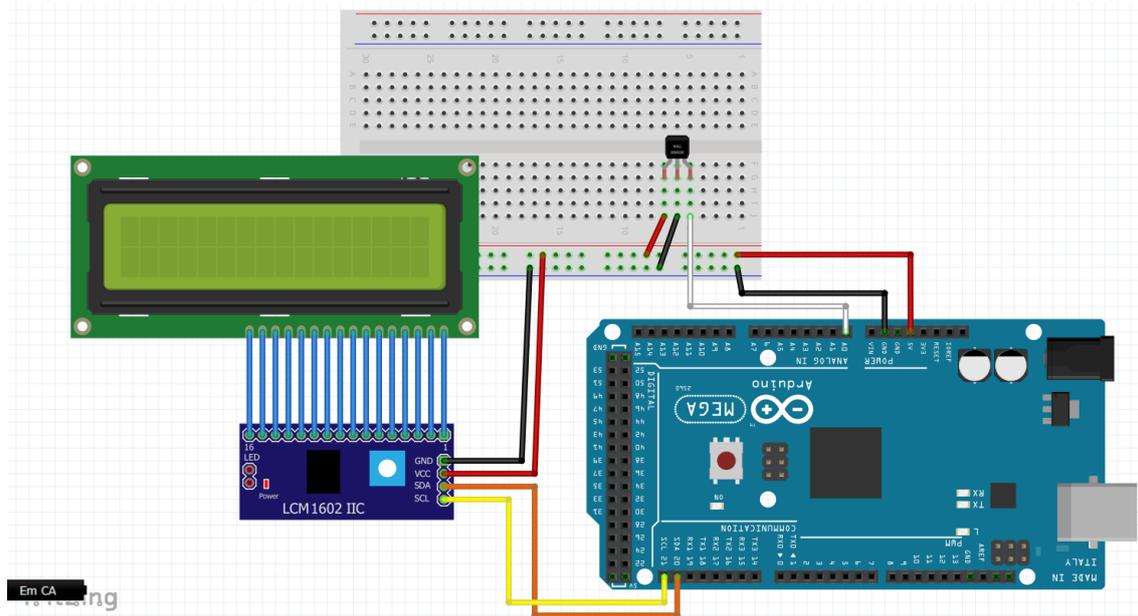
Quadro 1 – Componentes utilizados

NOME	IMAGEM DO COMPONENTE
Arduino Mega 2560	
Display 16x2	

<p>Modulo serial i2c para o display</p>	 A black printed circuit board (PCB) module for I2C communication with a display. It features a central black IC, several resistors labeled R1 through R10, and a blue potentiometer. There are headers for power, ground, and I2C signals (SCL, SDA). A small LED is also visible.
<p>Sensor de efeito hall (49E689BG – KY003)</p>	 A small black PCB module for a Hall effect sensor. It has four gold-plated pins on one side and a black push-button on the other. The board is labeled with 'S' and '5'.
<p>Jumps (fios)</p>	 A bundle of multi-colored jumper wires with female headers on both ends, used for prototyping.
<p>Protoboard (400 pontos)</p>	 A standard 400-point breadboard with a grid of holes. It has power rails on the top and bottom edges, marked with '+' and '0'. The grid is labeled with letters A through J and numbers 0 through 60.
<p>Cabo USB</p>	 A blue USB cable with a standard USB-A connector on one end and a USB-B connector on the other.

Neste trabalho foi usado o sensor de efeito hall 49E 6898G, porém é possível utilizar qualquer outro sensor de efeito hall disponível no mercado.

Figura 8 - Diagrama elétrico de montagem do experimento I.



Fonte: fritzing.com

No sensor:

Fio branco é sinal ou dados

Fio vermelho é o VCC (positivo)

Fio preto é o GND (terra)

No i2c:

Fio vermelho é o VCC (positivo)

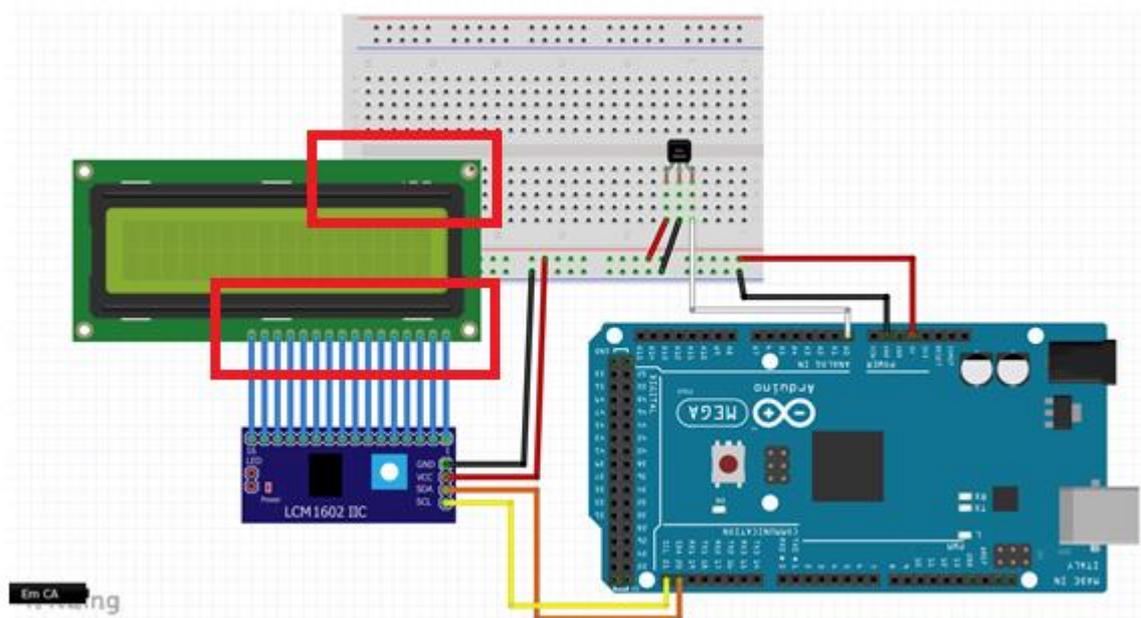
Fio marrom é o GND (terra)

Fio Laranja é o SDA porta 20

Fio amarelo é o SCL porta 21

A conexão entre o display e o módulo serial i2c é feita forma paralela direto na protoboard.

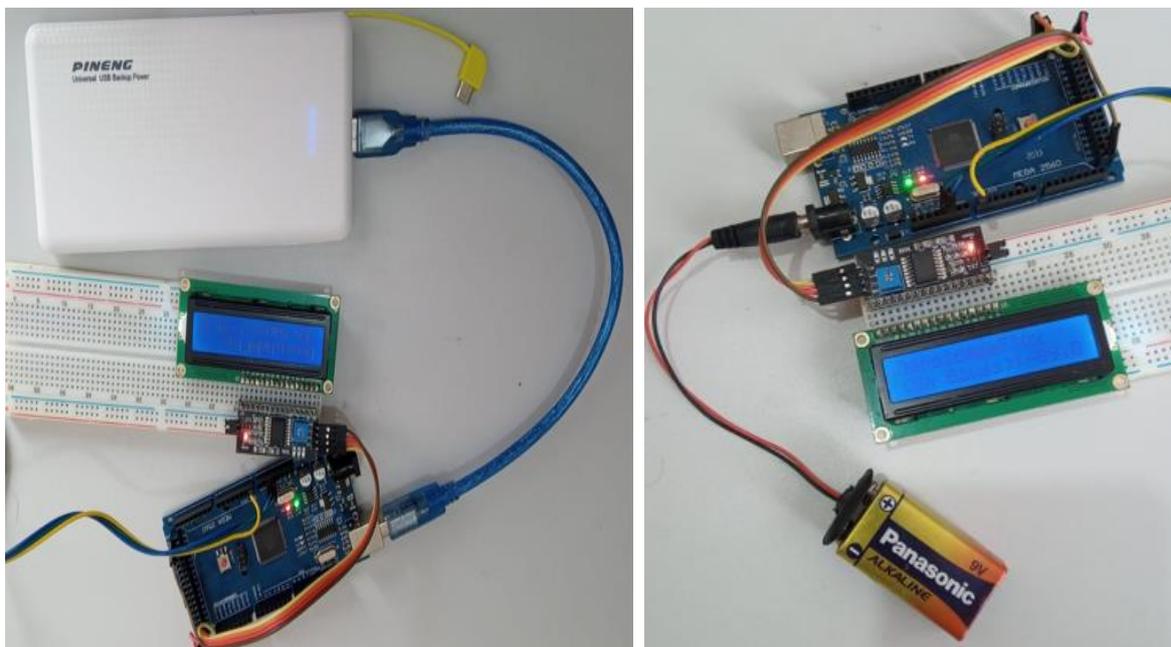
Figura 9 - Diagrama elétrico de montagem do experimento II.



Fonte: frintzing.com

A alimentação do Arduino pode ser feita por uma bateria de 9v, ou por uma bateria do tipo POWER BANK de uso em celulares.

Figura 10 - Alimentação do Arduino



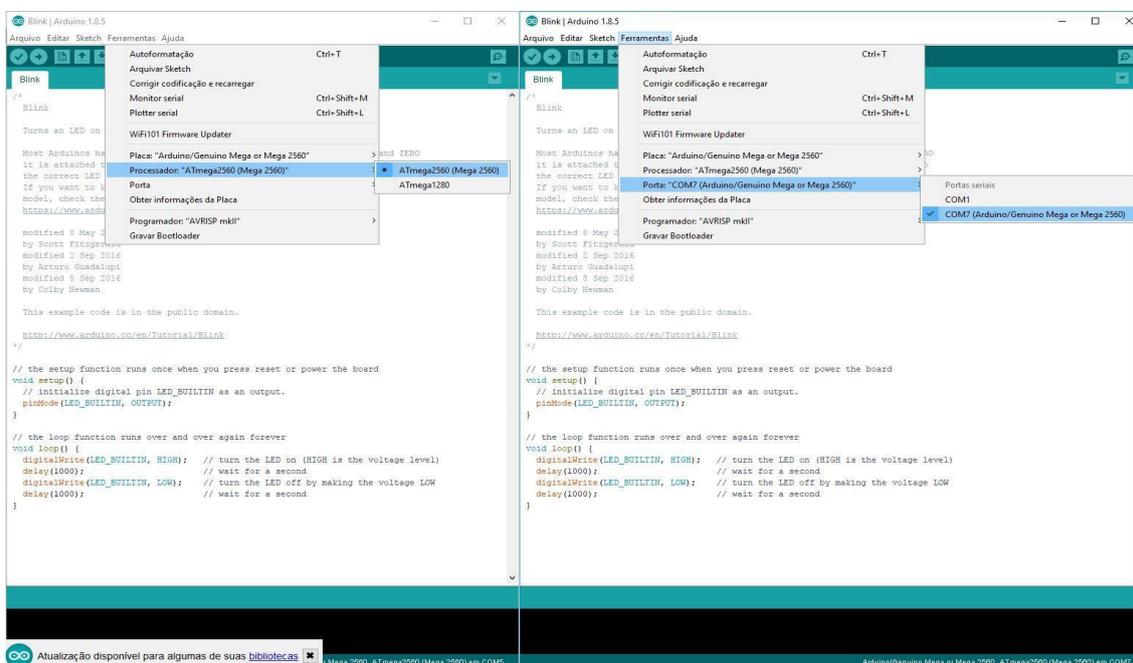
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.5 Utilização do Arduino e sensor

Para programar, o processo é semelhante ao do Arduino Nano, pois há dois modelos de processador e os processadores diferem dependendo do equipamento que você compra.

Para programar o Mega, basta abrir o software Arduino e coloque o código que deseja usar. No nosso exemplo, o código é para a Placa Arduino/Genuino Mega 2560 e, em seguida, a porta COM7 correspondente, veja:

Figura 11 – Interface de programação do Arduino

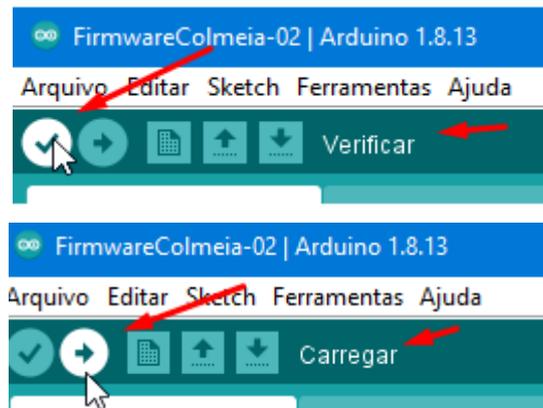


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com todo o software preparado para gravação e todos os itens selecionados, basta carregar o código e programar o Arduino. Para fazê-lo, basta copiar e colar o código que está no apêndice B em seu software Arduino e carregá-lo.

Agora é só executar o programa como mostra a imagem abaixo:

Figura 12 – Salvamento e envio do código na interface de programação do Arduino



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pronto a placa Arduino já se encontra carregada e pronta para ser usada.

4 RELATO DA IMPLEMENTAÇÃO

Nesse capítulo trataremos de descrever a sequência de ensino com seus quatro encontros, e o relato do que foi acontecendo à medida que realizamos nossa própria proposta.

A proposta foi implementada em duas escolas da rede privada da Paraíba nas turmas da terceira série do ensino médio. A primeira implementação se deu em uma escola do Sertão da Paraíba quando já havia passado pela qualificação do mestrado, mas me encontrava fora do programa. Nessa primeira implementação com a turma da terceira série do ensino médio com 17 alunos na turma, na aplicação foi necessário modificar o fio de cobre pelo fio de estanho na montagem do motor elétrico, buscar uma quantidade maior de ímãs e placas de aparelhos elétricos.

Em paralelo a essa implementação também houve uma intervenção em uma escola no Agreste da Paraíba com 18 alunos da terceira série do ensino médio. Mesmo se tratando de outra escola da rede privada observei que o comportamento dos alunos foi diferente, com um bom retorno em termos de desenvolvimento de aprendizagem. Nessa escola observei que era necessário obter pilhas com uma maior voltagem para melhor aplicação nos experimentos.

Por fim, a proposta final, da qual os resultados são discutidos nesta dissertação, foi implementada na escola da rede privada do Agreste da Paraíba com 15 alunos da terceira série do ensino médio. Foram quatro encontros no total, sendo três deles de 100 minutos referente a duas aulas seguidas e um encontro de 50 minutos referente a uma aula. Sendo assim, relatamos a seguir os encontros e resultados desse trabalho.

4.1 Relato da experiência

4.1.1 - 1º Encontro

Tema: natureza do campo magnético, aplicação e efeitos do campo magnético na sociedade moderna.

Objetivos: compreender as propriedades magnéticas e o conceito de campo magnético.

Recursos da aula: aula dialogada, quadro branco, pedaço de ímã, bússola, materiais metálicos, recursos áudios visuais (Datashow e caixa de som), placas usadas de televisão e computador.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas de 50 minutos.

Desenvolvimento: os alunos foram inicialmente separados em grupos de sua própria escolha, a relação e a discussão entre eles, constituindo-se 3 grupos. Cada grupo recebeu ímãs de várias formas, tamanhos e modelos, bússola e elementos metálicos como pregos, cliques de papel, parafuso; como também elementos sem propriedades magnéticas. Além disso, cada grupo recebeu uma cartolina para sua apresentação e correção posterior durante a sua exposição, ficando a critério de cada grupo suas anotações e suas representações.

De início aplicamos um questionário com algumas perguntas básicas sobre magnetismo para termos um conhecimento prévio do que os alunos já sabiam. O questionário encontra-se no apêndice.

Com base nos conceitos de atração e repulsão de cargas elétricas positivas e negativas, notei que todos os alunos relacionaram as propriedades magnéticas dos polos com as propriedades elétricas durante a aplicação do questionário inicial. Por exemplo, as respostas à pergunta "para você o que seria um ímã" foram:

“um objeto com um ponto positivo e outro negativo”

“um material condutor que possuem ou prótons, ou elétrons, que juntamente de nêutrons se atraem, caso for a mesma força se repelem”

“metal com grande capacidade magnética, possuindo um polo negativo e um positivo”

Interessante destacar que a propriedade de atração e repulsão dos ímãs e de materiais eletrizados também foi um problema que levou anos a ser solucionado na história da física (Martins, 1999). Portanto, que os alunos ainda tenham esse tipo de pré-concepção é compreensível, uma vez que a natureza

do magnetismo e da eletricidade depende de propriedades atômicas da matéria.

Foi solicitado que os alunos manuseassem os ímãs e outros materiais e observassem as interações que ocorriam enquanto tinham o material em mãos. Atualmente, foi bastante vantajoso discutir e demonstrar os fenômenos de atração e repulsão, intensidade magnética de cada ímã e a relação interação-distância.

Surgiram de imediato algumas perguntas como:

Professor esse ímã o senhor pegou de onde?

Por que esse ímã é mais “forte” que o outro?

Por que só atrai metais?

As perguntas não foram respondidas de imediato. Deixei que anotassem suas opiniões e os comportamentos que eles achavam pertinentes, deixando para o momento de organização do conhecimento que os alunos tirassem as conclusões corretas.

Com a discussão entre os integrantes de cada grupo, eles foram ordenando os conhecimentos deles e anotando em uma cartolina onde um explicava ao outro o que entendia sobre as relações dos ímãs.

Um grupo classificou os ímãs e os metais de acordo com sua força magnética de atração e repulsão. Outros dois grupos descobriram que os ímãs de HD de computador são mais fortes que os ímãs de alto-falante.

Em seguida foi mostrado o vídeo localizando ímãs em celulares link do vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=iJpDcgUH3ml>. Surpresos, os alunos começaram a perguntar se outros aparelhos elétricos tinham ímãs. Com algumas placas de aparelhos eletrônicos em mãos, começaram a colocar cliques e pregos próximos às partes das placas para verificar se havia atração. Na cartolina, eles marcaram os locais onde poderiam encontrar ímãs.

Para o estudo do campo magnético, foi entregue a cada grupo uma bússola a qual os alunos logo começaram a manusear e observar a deflexão da agulha magnética. Observaram que a “parte vermelha” da bússola sempre acompanhava o deslocamento do ímã. Também foi discutido entre eles a questão da bússola sempre apontar para o norte, e eles fizeram algumas representações de como seria o campo magnético de um ímã.

Após toda discussão entre os grupos, foi iniciada a organização do conhecimento, começando com um pouco de relato históricos.

Em seguida, conversei com os alunos sobre as propriedades magnéticas mostrando os polos magnéticos norte e sul. Os alunos classificaram esses polos como positivos e negativos. Eles descobriram imediatamente as propriedades dos polos quando adquiriram os ímãs e começaram a perceber a atração e a repulsão. Nesse ponto, eles chamaram os polos de norte e sul.

Nessa etapa, um aluno perguntou por que não conseguia mais juntar as partes após deixar cair um ímã quebrado. Os alunos começaram a discutir sobre a inseparabilidade dos polos logo após a exposição e achei isso muito interessante.

No que diz respeito ao campo magnético iniciei com a discussão que eles levantaram sobre o porquê o ímã não atrair o prego quando estavam distantes um do outro. Mostrei o simulador PhET a respeito do campo magnético mostrando as linhas de campo magnéticos. Nesse momento um aluno perguntou se era por esse fato que os polos não se atraem devido às linhas de campo que “empurram os ímãs”.

Foi muito interessante quando cada grupo apresentou suas anotações nas cartolinas, fazendo suas próprias correções. Para começar, observe que a intensidade de atração ou repulsão depende do campo magnético de cada ímã. que a agulha magnética é defletida na bússola devido à interferência dos ímãs. Com mais precisão, puderam descrever o comportamento das linhas de campo magnéticas.

Em relação à primeira aplicação, acredito que a maioria dos alunos saíra da zona de conforto esperando a resposta pronta sem considerar o fenômeno que ocorreu. Muitos alunos demonstraram grande interesse em manusear os objetos e compartilhar suas experiências com os colegas. Além disso, gostei da maneira como eles relacionaram os conteúdos de eletrostática anteriores com a relação entre atração e repulsão. Outra coisa interessante foi que eles fizeram as próprias correções na exposição da cartolina sobre o fenômeno estudado, bem como apresentaram uma justificativa para porque colocaram ideias erradas.

Mesmo com a maioria dos alunos participando e interagindo observei alguns poucos alunos com desinteresse em desenvolver a proposta, mesmo pedindo para eles se dedicarem e os colegas chamando para participar, esses alunos não conseguiram atingir o conhecimento do conteúdo.

4.1.2 - 2° Encontro

Tema: percepção do campo magnético na presença de uma corrente elétrica.

Objetivos: conhecer um pouco sobre o magnetismo através da experiência de Oersted e assim compreender melhor o conceito de campo magnético gerado por uma corrente elétrica.

Recursos da aula: aula dialogada, fio, baterias, estilete, bússola, exposição de vídeos.

Tempo da aula: 50 minutos, referente a uma aula.

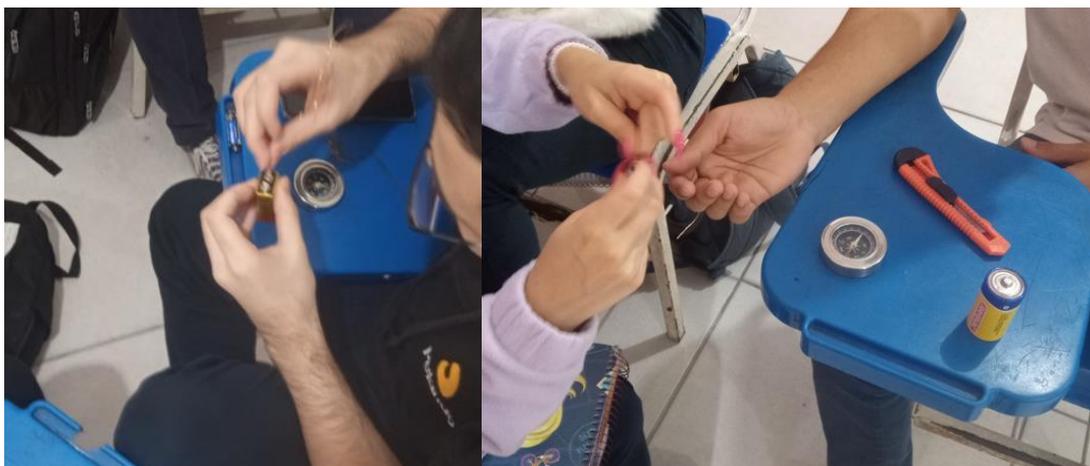
Desenvolvimento: inicialmente os alunos foram organizados nos mesmos grupos do encontro anterior. Após acomodados comecei apresentando um vídeo de um eletroímã, utilizado na reciclagem de metais, em um momento desligado e depois ligado.

Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=tpKmTQDzIN0>

A intenção da apresentação do vídeo foi despertar a curiosidade dos alunos sobre os próximos tópicos a serem desenvolvidos sobre a temática.

Após a apresentação do vídeo foi entregue aos grupos uma bússola, fios de cobre e algumas baterias. De início os alunos ficaram esperando que eu sugerisse como utilizar o material entregue com as seguintes perguntas. “Vai fazer o que com isso professor?” “é para fazer o que agora?”. Como a proposta é tornar o ambiente mais problematizador, sugeri aos alunos que com o material em mãos buscassem alguma relação entre os objetos, montando algum instrumento que eles imaginassem com relação ao vídeo. Logo foi observado que alguns alunos colocaram o fio sem conectar com a pilha perto do ímã esperando que alguma coisa acontecesse. Alguns ligaram os polos da bateria com o fio, mas não aproximaram o fio da bússola. Sugeri aos alunos que raspassem com estilete as pontas do fio para conectar a bateria e expliquei que existe um esmalte no fio e isso prejudica a conexão entre eles.

Figura 13 – Montagem do experimento similar ao de Oersted



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

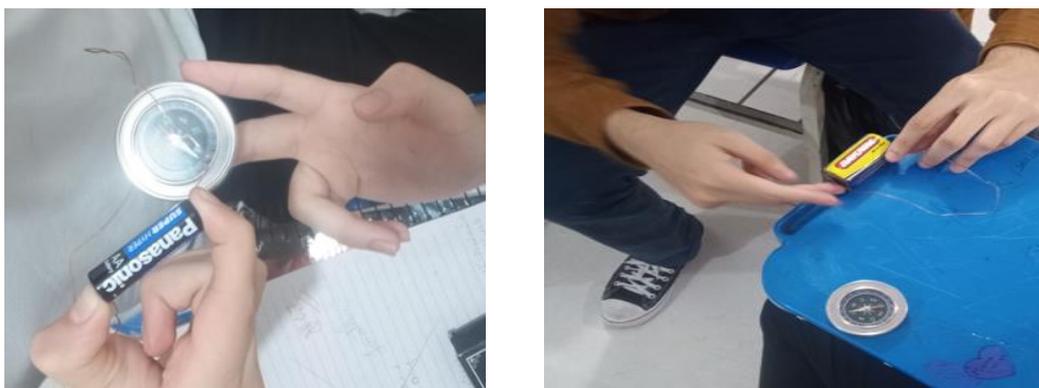
Não demorou muito e um grupo ao ligar os polos da bateria com o fio aproximou da bússola e viu a deflexão da agulha magnética, onde observou com muita alegria o fenômeno, um aluno dos grupos gritou “*professor mexeu, mexeu, professor*”. E perguntei “o que mexeu?”

Então o aluno disse: “*A bússola mexeu quando coloquei o fio perto*” se referindo ao movimento da agulha magnética da bússola.

Logo os alunos falaram em voz alta para os outros “*liga o fio e coloca perto da bússola*”

Os outros grupos começaram a fazer o mesmo após ouvir o aluno falar. Além disso, todos os grupos começaram a montar e observar a mudança de posição da agulha. Com essa aplicação eles ficaram muito empolgados e começaram a fazer várias alterações na posição da bússola nos fios e de bateria conforme podemos observar na Fig. 14.

Figura 14 – Os alunos analisam a deflexão da bússola na presença de corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após essa discussão, iniciou a aplicação do segundo momento pedagógico de organização do conhecimento. Coloquei o vídeo da experiência de Oersted, (disponível em Link: <https://www.youtube.com/watch?v=y9sP9khl4>), o qual mostra a deflexão da agulha magnética na presença de um fio de cobre percorrido por uma corrente elétrica e o sentido de rotação da agulha quando ocorre mudança de polaridade da bateria.

Logo foi perguntado, “*professor quer dizer que qualquer fio mexe a bússola?*”

Por que quando mudou o polo da bateria a bússola mudou de lugar?

Discuti junto aos alunos a geração do campo magnético devido à presença de corrente elétrica, e fiz uma relação com as observações feitas pelos alunos.

Nesse ponto do encontro, onde iniciava a explicação do sentido do campo magnético, foi necessária uma intervenção maior da minha parte para mostrar a direção do campo magnético através da regra da mão direita, destacando a relação vetorial do campo magnético “entrando” e “saindo” do plano. Para isso, utilizei do desenho da mão no quadro, mostrando uma representação com os

dedos da mão como o vetor que representa o campo magnético, e o polegar representando a direção da corrente elétrica.

Coloquei um fio esmaltado na frente do quadro e usei um aluno para segurar as extremidades para simular a corrente elétrica subindo de baixo para cima, usando os dedos para fazer um círculo concêntrico ao redor do fio. Os alunos repetiram rapidamente o processo com um bom entendimento.

4.1.3 - 3° Encontro

Tema: Criação e utilização de instrumentos que gerem campo magnético.

Objetivos: Criar instrumentos simples que gerem campo magnético.

Recursos da aula: aula dialogada, fio, baterias, bússola.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas.

Desenvolvimento: nessa etapa desenvolvemos com os alunos alguns instrumentos geradores de campo magnéticos para serem usados para medição do campo magnético através do nosso equipamento de medição baseado no Arduino. Com os alunos novamente separados em grupos foram entregue alguns componentes

- Pregos;
- Fio esmaltado;
- Bateria;
- Ímãs de geladeira e ímãs em barra;
- Ímãs de HD de computador;
- Clips de metal, parafusos, pedaços de ferro.

Nesse momento iniciei com abordagem problematizadora, levantando hipóteses com intenção de fazer uma ponte dos conceitos anteriormente estudados. Fiz alguns questionamentos, como “o que aconteceu quando um fio foi ligado a bateria?”. Logo, a resposta mais comum foi, passa uma corrente

elétrica no fio e com isso apareceu um campo magnético ao redor do fio. Então questionei “e se aproximar esse fio ligado a bateria da bússola o que acontece?” Novamente, a resposta foi unânime; “*a bússola muda de posição*”. Para esclarecer melhor, lembrei a todos que não é a bússola que muda de posição, e sim uma mudança de posição da agulha da bússola, por ser a agulha da bússola que interage com o magnetismo terrestre ao indicar a localização.

Novamente perguntei “o que aconteceu com a bússola quando tiramos o fio de um polo da bateria?” Logo a resposta foi, “*a agulha da bússola volta a mesma posição de antes*”

Em seguida pedi que investigassem o que podiam montar com o material que se encontrava em cada grupo. Na montagem do eletroímã com o prego surgiu algumas dificuldades por parte dos alunos, então tive que intervir. Pedi para que enrolassem o prego com o fio, e muitos enrolaram de forma não uniforme (Fig. 15).

Figura 15 – Montagem incorreta do eletroímã.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Porém, dois alunos em grupos diferentes falaram que já tinham assistido na internet e sabiam do que se tratava. Então os demais perguntaram a eles o que fazer, e eles falaram “*enrola o fio e liga na pilha que vira ímã*”

Começaram a enrolar e observei que muitos continuavam a enrolar de forma não uniforme. Os dois alunos que viram na internet a experiência falaram para os seus respectivos grupos o que fazer, mas mesmo assim ao conectarem a pilha não conseguiram atrair um prego. Então sugeri que raspassem as pontas do fio como foi feito na experiência de Oersted. Todos os grupos fizeram o mesmo procedimento e logo acharam o máximo e começaram a atrair objetos metálicos, discutindo questão de intensidade magnética “*esse parafuso é pesado só atrai o clip*” (Fig. 16a).

O momento mais difícil do encontro foi a montagem do motor elétrico com uma espira circular. A essa altura, tive que acompanhar os alunos na montagem. Pedi que os alunos enrolassem o fio esmaltado ao redor da pilha maior com uma ponta sobrando em cada lado. Eles fizeram isso, então pedi que eles fizessem suportes com clips ou fio esmaltado para colocar as pontas da espira e conectá-las à pilha. Precisei criar um modelo para eles observarem. Atualmente, um aluno perguntou se era necessário raspar as pontas do fio.

Em seguida, com tudo montado, pedi que colocasse um ímã de neodímio extraído de um HD sobre a pilha. Logo questionaram. “*Professor não tá fazendo nada*”. “*O meu nem se mexe*”.

Após isso, argumentei que o suporte da espira que conecta a pilha ao fio de estanho, também conhecido como fio para soldar, deveria ser substituído. Minha justificativa foi que o suporte era mais flexível e fácil de montar. Quando tudo estava pronto, os alunos foram instruídos a procurar uma posição em que o neodímio ficasse bem embaixo da espira.

Quando o grupo começou a manusear, um deles disse: “*Professor a bolinha (que se referia à espira) tá levantando só*”. Pedi que tocasse ligeiramente do lado da espira para fazê-la girar. Quando fiz isso, a respiração começou a girar e eles estavam animados “*conseguimos, conseguimos, olha, olha*”. Os outros grupos olharam rapidamente e ficaram surpresos e começaram a se concentrar mais na montagem. Com um pouco de ajuda, todos os grupos conseguiram colocar os ímãs com sucesso (Fig. 16b).

Figura 16 - Montagem do eletroímã.

Figura (a)



Figura (b)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os alunos ficaram muito satisfeitos e alegres com o próprio sucesso e pediram para levar o eletroímã para casa. Finalizei o encontro explicando sobre a lei de Biot-Savart, com ênfase no sentido do campo magnético em cada instrumento feito pelos alunos, a partir da demonstração com a regra da mão direita.

Explorei outros instrumentos utilizados dos conceitos estudados, mostrando nas placas de televisão, outras placas de circuitos e motor sem utilidade, os solenoides e como funciona o motor.

Na apresentação, os alunos disseram que construir o eletroímã e o motor foi difícil porque não tinham um modelo para seguir. Falaram sobre o eletroímã, que só conseguiram construir porque dois colegas os ajudaram a montar. Montar um motor elétrico era muito difícil, e só conseguiram montar quando comecei a fornecer algumas instruções. Eles também descobriram como o campo magnético afeta a espira e o solenoide.

4.1.4 - 4° Encontro

Tema: Observação da intensidade do campo magnético através do instrumento de medição (produto da dissertação).

Objetivos: Observar a variação da intensidade do campo magnético em alguns instrumentos experimentais que possui campo magnético.

Recursos da aula: Aula dialogada, protoboard, placa Arduino Mega, sensor de campo magnético, 10 jumpers macho e fêmea.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas de 50 minutos cada.

Desenvolvimento: inicialmente os alunos foram separados em grupos e cada grupo recebeu um conjunto de Arduino já montado e carregado, que já se encontrava sobre a mesa. Na sala também já estava organizado todo o material necessário para realizar as atividades.

Materiais:

- Fio retilíneo,
- Espira circular,
- Eletroímã,
- Ímã de geladeira,
- Ímã de HD de computador,
- Ímã de alto falante

Quando entraram na sala ficaram logo surpresos com a placa Arduino olhando-a com atenção e curiosidade. Fiz uma breve apresentação do Arduino, explicando que a partir desse momento iríamos investigar a intensidade do campo magnético do material que eles desenvolveram e de alguns outros ímãs.

A primeira observação foi feita logo após o início das medições do eletroímã (Fig.17a). “Quando você está bem pertinho do prego, professor, o valor é maior”. Como resultado, eles se afastaram e observaram a mudança dos valores de longe.

Além disso, os grupos observaram que quando invertia a polaridade, um sinal negativo aparecia na tela. Em seguida, mediram o campo magnético do fio retilíneo com facilidade e analisaram a variação da intensidade com a distância. A variação da intensidade do campo era extremamente pequena nesse ponto. Eles perceberam que era necessário ficar próximo do fio e afastar-se um pouco. Isso provavelmente ocorreu porque a pilha estava enfraquecida devido à sua utilização frequente.

Com o tempo, começaram a analisar os campos magnéticos dos ímãs de alto-falante e HD e descobriram que os campos magnéticos dos primeiros eram significativamente maiores do que os dos segundos. Durante a prática, eles tentaram conectar as atividades iniciais quando começaram a manusear os ímãs para estudar o campo magnético.

Figura 17 - Análise do campo magnético com o Arduino.



Figura (a)

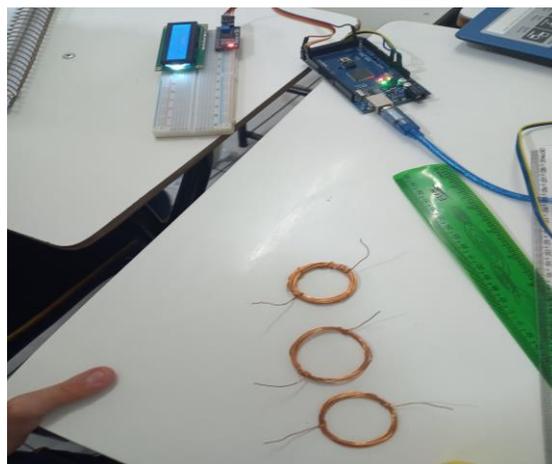


Figura (b)



Figura (c)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Observei que os alunos queriam fazer a análise da espira circular com o motor funcionando. O mais interessante foi que os alunos tiveram o senso crítico de observar que a medição com o motor funcionando não era correta, pois sofria influência do neodímio que estava na pilha. Então sugeri que eles fizessem só com a pilha ligada a espira (Fig. 17c). Os alunos questionaram quanto aos valores encontrados para a espira, pois os grupos encontraram valores diferentes. Eles justificaram que isso poderia ser por diferentes razões, como, a pilha; já um aluno falou que uma espira era mais “grossa” que a do outro grupo (referente ao número de voltas da espira).

Os alunos acharam a prática com o Arduino muito atraente e enriquecedora. Eles trabalharam juntos para administrar e observar os valores, o que foi muito benéfico. Todos os alunos demonstraram interesse e curiosidade nesta aplicação.

5 CONCLUSÃO

Uma abordagem pedagógica voltada para o ensino do campo magnético utilizando a plataforma Arduino para medição e investigação foi apresentada nesta dissertação. Foi possível ver uma mudança significativa no entendimento dos alunos sobre os conceitos de magnetismo e campo magnético e como eles se relacionam com a sociedade contemporânea durante os quatro encontros mencionados.

No primeiro encontro, incluiu uma introdução às propriedades magnéticas de caráter teórico. Os alunos estudaram os fenômenos de atração, repulsão e interações magnéticas em atividades práticas. O uso de diferentes materiais magnéticos e não magnéticos melhorou a compreensão dos alunos dos conceitos iniciais.

O segundo encontro abordou a percepção do campo magnético em presença de corrente elétrica. A experiência de Oersted resultou disso. Os alunos melhoraram sua compreensão das interações entre eletricidade e magnetismo ao observar a deflexão da bússola e entender a relação entre corrente elétrica e campo magnético.

Os alunos foram desafiados a construir instrumentos básicos, como motores elétricos e eletroímãs, no terceiro encontro. Isso lhes deu uma noção de como as coisas podem ser feitas em uma situação real. Construindo dispositivos geradores de campo magnético, os alunos puderam entender na prática como a corrente elétrica afeta a criação de campos magnéticos.

Finalmente, os alunos tiveram a oportunidade de usar a plataforma Arduino como um instrumento de medição no quarto encontro para verificar a intensidade do campo magnético produzido pelos dispositivos construídos. Nesta etapa, os alunos puderam aplicar os conhecimentos adquiridos na prática, explorando a variação do campo magnético em uma variedade de situações e materiais.

O interesse e a curiosidade dos alunos pelos fenômenos magnéticos foram demonstrados pela observação direta e pela participação ativa durante as atividades. A utilização da plataforma Arduino como ferramenta de medição foi fundamental para a pesquisa e análise qualitativa do campo magnético; oferece uma abordagem experimental e prática para ensinar o assunto.

No entanto, alguns obstáculos surgiram durante o processo, como a necessidade de intervenção para orientar a montagem dos dispositivos e os resultados de medição diferentes entre grupos. Isso mostrou o quão importante é uma orientação mais aprofundada e consistente.

Por fim, foi demonstrado que a abordagem pedagógica sugerida é uma abordagem eficaz para ensinar o campo magnético porque promove uma compreensão mais profunda e aplicada dos conceitos teóricos. Os alunos aprenderam com mais significado e contexto ao participar de atividades práticas e usar a plataforma Arduino como ferramenta de medição. Isso contribuiu para o desenvolvimento de um aprendizado sólido e interdisciplinar.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. V. L. da C.; SORRENTINO, T. A.; NUNES, A. G. Projeto de uma impressora 3d de baixo custo utilizando o Arduino mega 2560. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v. 1, n. 1, p. 133-145, 2019.

ARAÚJO, L. B. de. Os três momentos pedagógicos como estruturantes de currículos. 2015. **Dissertação** (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ARAÚJO, L. B.; MUENCHEN, C. Um olhar sobre o Movimento de Reorientação Curricular: a posição dos docentes em relação ao projeto. **SEMINÁRIO DIÁLOGOS COM PAULO FREIRE**, v. 7, 2013.

AMORIM, T.; SILVA, J. P. P. Uso do Computador para o ensino de Física com base na Aprendizagem Significativa. *Revista Visão Universitária*, v. 2, n. 1, 2016 AMORIM, T.; SILVA, J. P. P. Uso do Computador para o ensino de Física com base na Aprendizagem Significativa. **Revista Visão Universitária**, v. 2, n. 1, 2016.

BANZI, M. et al. Datasheet Arduino Uno Revised 3. **Arduino. cc. Ivrea–Italia**, 2005.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

BORGES, J. et al. Sistema de Gerenciamento de um Estacionamento Inteligente utilizando sensores de efeito Hall. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação**, v. 18, n. 2, 2020.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. As concepções de ensino de física e a construção da cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 53-65, 2002.

CENTA, G. F. “Arroio Cadena: Cartão Postal de Santa Maria?”: Possibilidades e Desafios em uma Reorientação Curricular na perspectiva da Abordagem Temática. 2015. 203f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Matemática e Ensino de Física) - UFSM, Santa Maria.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez. 1992.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Política e educação**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 339-355, 2015.

HALL, Edwin H. et al. On a new action of the magnet on electric currents. **American Journal of Mathematics**, v. 2, n. 3, p. 287-292, 1879.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.3.

KUMAR, R. H.; ROOPA, A. U.; SATHIYA, DEVI P. Arduino ATMEGA-328 microcontroller. **Int. J. Innov. Res. Electr. Electron. Instrum. Control Eng**, v. 3, n. 4, p. 27-29, 2015.

MCRBERTS, M. **Arduino básico**. Novatec Editora, 2018.

MONK, S. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. Bookman Editora, 2017.

MOREIRA, M. A. GRANDES DESAFIOS PARA O ENSINO DA FÍSICA NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 7 ago. 2017.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 14, p. 199-215, 2012.

MUENCHEN, C. A Disseminação dos Três Momentos Pedagógicos: um estudo sobre as práticas docentes na região de Santa Maria/RS. 2010. 273. **Tese** (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - UFSC, Santa Catarina.

OLIVEIRA, G. F. B. O quê se lê em aulas de Física no ensino médio: Expectativas de Conhecimentos e Concepções a partir da leitura. **Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Física do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza**, 2010.

PERONI, J. H.; CAMPO, A. B. SISTEMA DE MEDIÇÃO DE FORÇA COM SENSOR DE EFEITO HALL. In: **I Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do Campus São Paulo 2016**. 2016.

SAMPAIO, M. F.; QUADRADO, A.; PIMENTEL, Z. P. **Interdisciplinaridade no município de São Paulo**. Brasília: INEP, 1994.

SERWAY; RAYMOND A. **Princípios de física**. 3 ed. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2006. v. 3.

SILVA, A. M. et al. Construção de Robô Seguidor de Linha com Arduino. In: **27ª Mostra Específica de Trabalhos e Aplicações**. 2017.

TORRES, C. A.; MARIA DEL PILAR, O. C.; WONG, P. L. **Educação e democracia: a práxis de Paulo Freire em São Paulo**. Cortez Editora, 2002.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO

ALUNO: _____

1. O que você entende como magnetismo?
2. Pra você, o que seria um ímã?
3. Cite alguns exemplos onde encontramos a utilização de ímãs?
4. O que entendemos como campo magnético?
5. Qual a interação quando aproximamos um ímã de um metal?
6. Qual o seu entendimento sobre bússola?

APÊNDICE B – CÓDIGO ARDUINO MEGA

```
//Display LCD 16x2 e modulo I2C
//Bibliotecas para display
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//Inicializa o display no endereco 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

// criar um vetor de caractere de tamanho 5 para mostrar o resultado
ADC
char ADCSHOW[5];

void setup()
{

// configura o número de colunas e linhas do LCD:
lcd.begin(16, 2);
//Limpa a tela
lcd.setBacklight(HIGH);
lcd.clear();
//Posiciona o cursor na coluna 0, linha 0;
lcd.setCursor(0, 0);

}

void loop(){

lcd.print("DensidadeFlux");// mostrando o nome
lcd.setCursor(0, 1);// mover para a segunda linha
lcd.print("(Em Gauss):");// mostrando unidades
String ADCVALUE = String((analogRead(A0)-515)/3.76);
/* * Agora, como a referência padrão se 5 V e a resolução é de 10 bits,
para cada 5/1024 = 4,88 mV,
```

obtemos um incremento em contagem. O sensor fornece uma tensão de incremento de 1,3 mV para cada incremento de 1 Gauss no campo. Portanto, precisamos dividir o valor de ADC por 3,76 para obter o valor de gauss, agora a saída de 0 gauss do sensor é 2,5 V, portanto, precisamos subtraí-la primeiro.

Para manter um 0V, leia no campo 0Gauss. */

// Converte a leitura em um array de char

```
ADCVALUE.toCharArray(ADCSHOW, 5);
```

```
lcd.print(ADCSHOW);// mostrando o valor da intensidade do campo
```

```
lcd.print("G ");
```

```
lcd.setCursor(0, 0);// define o cursor para a coluna 0, linha 0
```

```
}
```

APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

PRODUTO EDUCACIONAL

**PROPOSTA DIDÁTICA COM ARDUINO PARA O ESTUDO DE CAMPO
MAGNÉTICO**

MICHAEL DA SILVA

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

PRODUTO EDUCACIONAL**PROPOSTA DIDÁTICA COM ARDUINO PARA O ESTUDO DE CAMPO
MAGNÉTICO****MICHAEL DA SILVA**

Este Produto Educacional compõe o trabalho de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador(a): Prof. Dr. Ana Paula Bispo da Silva

**CAMPINA GRANDE - PB
2023**

Olá estimado(a) professor(a)

Entendemos que o ensino de conceitos de Física no cenário atual da educação brasileira apresenta vários desafios, especialmente no contexto do ensino médio, onde os professores têm se deparado com dificuldades significativas nas suas abordagens pedagógicas. Na maioria das escolas públicas e privadas, o ensino de Física é limitado às sequências de conteúdo contidas nos livros didáticos.

Os conceitos relacionados à ciência desempenham um papel crucial no currículo de Física, entretanto, o ensino convencional e a metodologia adotada pelos professores frequentemente se destacam. Mesmo que os professores demonstrem disposição para lecionar, aplicar conteúdos excessivamente repetitivos pode desencorajar os estudantes de participar ativamente das aulas.

Como resultado dessas circunstâncias, surge um notável afastamento entre o conteúdo de Física e a realidade prática experimentada pelos estudantes. O professor, através dos conceitos físicos, deve envolver os alunos e mostrar qual é a relação que existe entre o assunto estudado e a sua vida, só assim o estudante começará a ter interesse pela disciplina. Com isso, é imperativo tornar o ensino de Física mais cativante para os alunos, de forma que eles possam relacionar conceitos abordados em sala de aula com fenômenos naturais que vivenciam no seu dia a dia.

Nesse cenário, torna-se absolutamente crucial superar os obstáculos encontrados na sala de aula de modo a proporcionar aos alunos uma formação ampla e significativa. O aprendizado de Física ganha importância quando transcende a sala de aula, pois isso implica em ter ferramentas conceituais que permitem a interação com o mundo em múltiplos níveis. Isso inclui desde um aprimorado entendimento das informações científicas divulgadas pela mídia até a habilidade de antecipar resultados de experimentos complexos.

Portanto, construir e elaborar experimentos em conjunto para a aplicação teórica e prática dos conceitos, facilita observar e compreender o fenômeno físico estudado. Com isso, como inserir um pouco de tecnologia nas aulas? Surgiu então a ideia de inserir a plataforma Arduino no estudo de campo magnético, interligando experimentos investigativos

Dito isso, este produto educacional intitulado de “Estudo do Campo magnético: uma proposta didática utilizando hardware opensource/arduino no ensino de física” tem como objetivo desenvolver uma sequência de ensino problematizadora com auxílio de um produto educacional a ser aplicado em sala de aula, utilizando a plataforma Arduino para medir campo magnético na Lei de Biot-Savart.

O baixo custo permite a execução dessa proposta, o fácil manuseio de montagem, além do fato que o conjunto da plataforma Arduino poderá ser utilizado em várias outras experimentações de física.

Para tanto, utilizamos a metodologia dos três momentos pedagógicos (3MP) de Delizoicov e Angotti (1990), como uma metodologia facilitadora para interação entre o aluno, o meio onde o aluno está inserido, os conteúdos e o professor.

Este trabalho foi desenvolvido com uma perspectiva de 4 (quatro) encontros, distribuídos em 3 (três) encontros com 2 (duas) horas/aulas 50 minutos cada encontro e 1 (um) encontro de uma hora/aula, tendo um total de 7 (sete) horas/aulas. Mas se o professor(a) leitor(a) desejar, pode fazer adaptações de acordo com a turma.

Esperamos que esta possa ser a experiência de outros professores também, que se baseiem na nossa proposta.

Arduino

A placa integrada Arduino é de fácil utilização, sendo necessário pouco conhecimento em eletrônica em programação para ser usada, dessa forma é bastante fácil para o professor utilizá-la em laboratório.

A placa é adaptável e flexível, além disso, a placa é programável, o que significa que o professor pode escrever instruções para controlar o dispositivo ou realizar leituras de sinais analógicos e digitais. É possível baixar o programa na internet e usar projetos livres do Arduino em sala de aula.

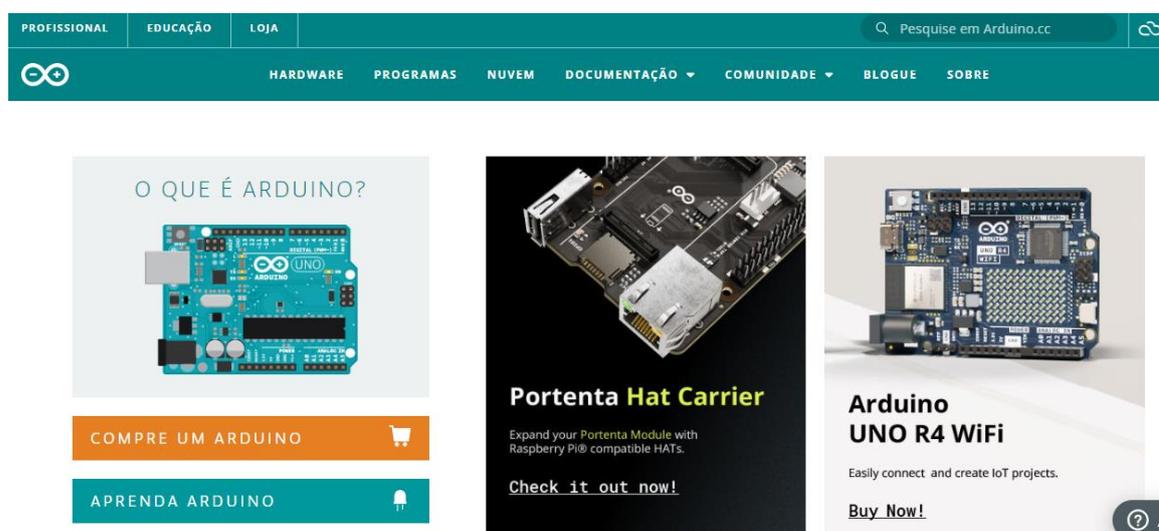
Não existe problema o aluno não ter conhecimento prévio da placa Arduino, visto que eles utilizaram o equipamento já montado pelo professor(a). Caso os alunos demonstrem interesse no dispositivo o professor(a) pode encaminhar cursos de introdução ao Arduino no Youtube.

- **Instalação do Arduino**

Para instalar e carregar o Arduino basta seguir os passos:

Após adquirir o Arduino de sua escolha (recomendando o Arduino Mega) visto que esse tipo de Arduino tem mais portas para outras experimentações, basta acessar o site do Arduino que se encontramos no endereço <https://www.arduino.cc/>.

Figura 1 – Site do Arduino.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após abrir o site, clique em Programas, surge uma nova tela para escolha do sistema operacional.

Figura 2 – Escolha do sistema operacional.

Transferências

ArduinoIDE 2.2.1

A nova versão principal do Arduino IDE é mais rápida e ainda mais poderosa! Além de um editor mais moderno e uma interface mais responsiva, ele conta com preenchimento automático, navegação de código e até um depurador ao vivo.

Para obter mais detalhes, consulte a [documentação do Arduino IDE 2.0](#).

OPÇÕES DE BAIXAR

janelas Win 10 e mais recente, 64 bits
janelas Instalador MSI
janelas Arquivo ZIP

Linux AppImage 64 bits (X86-64)
Linux Arquivo ZIP de 64 bits (X86-64)

Mac OS Intel, 10.14: "Mojave" ou mais recente, 64 bits
Mac OS Apple Silicon, 11: "Big Sur" ou mais recente, 64 bits

[Notas de versão](#)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Surgira uma nova tela:

Figura 3 – Interface para baixar o Arduino.

Baixe o Arduino IDE e apoie seu progresso

Desde o lançamento 1.x em março de 2015, o IDE do Arduino foi baixado **0** vezes – impressionante! Ajude seu desenvolvimento com uma doação.

US\$ 3 US\$ 5 \$ 10 US\$ 25 US\$ 50 Outro

CONTRIBUIR E BAIXAR

ou

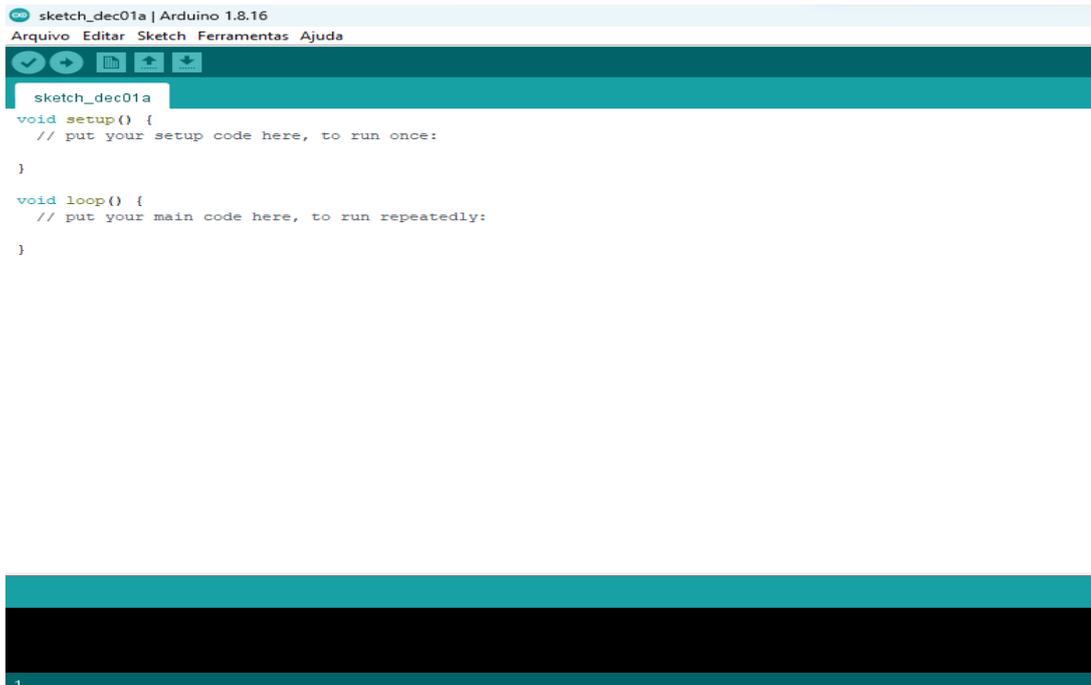
BAIXE

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Clique na parte gratuita com o nome BAIXE. Agora é só baixar o programa e instalar no computador.

Após instalado irá surgir uma tela como na imagem abaixo:

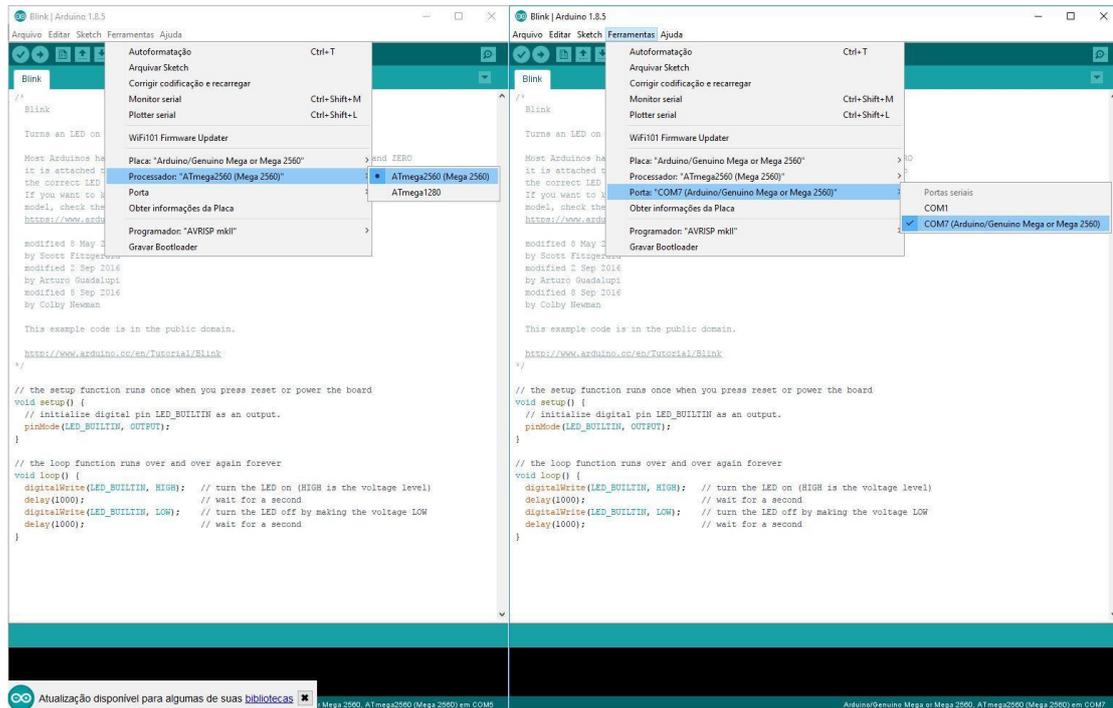
Figura 4 – Interface do programa já instalado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para programar o Mega, basta abrir o software Arduino e coloque o código que deseja usar. Nesse trabalho, o código é para a Placa Arduino/Genuine Mega 2560 e, em seguida, a porta COM7 correspondente, veja:

Figura 5 – Interface de programação do Arduino



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com todo o software preparado para gravação e todos os itens selecionados, basta carregar o código e programar o Arduino. Para fazê-lo, basta copiar e colar o código. O código encontrasse logo abaixo:

CÓDIGO ARDUINO MEGA.

```
//Display LCD 16x2 e modulo I2C
//Bibliotecas para display
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//Inicializa o display no endereco 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

// criar um vetor de caractere de tamanho 5 para mostrar o resultado
ADC
char ADCSHOW[5];

void setup()
{
```

```

// configura o número de colunas e linhas do LCD:
lcd.begin(16, 2);
//Limpa a tela
lcd.setBacklight(HIGH);
lcd.clear();
//Posiciona o cursor na coluna 0, linha 0;
lcd.setCursor(0, 0);

}

void loop(){

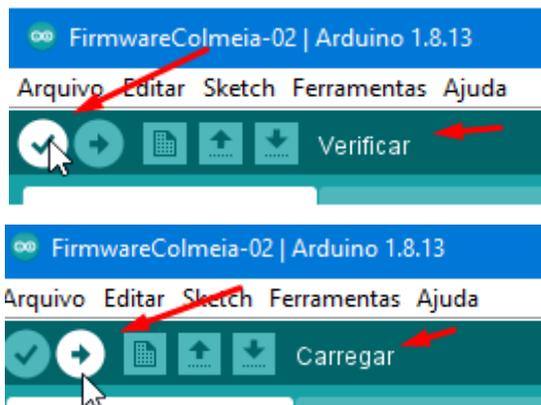
  lcd.print("DensidadeFlux");// mostrando o nome
  lcd.setCursor(0, 1);// mover para a segunda linha
  lcd.print("(Em Gauss):");// mostrando unidades
  String ADCVALUE = String((analogRead(A0)-515)/3.76);
  /* * Agora, como a referência padrão se 5 V e a resolução é de 10 bits,
  para cada 5/1024 = 4,88 mV,
  obtemos um incremento em contagem. O sensor fornece uma tensão de
  incremento de 1,3 mV para cada
  incremento de 1 Gauss no campo. Portanto, precisamos dividir o valor
  de ADC por 3,76 para obter o
  valor de gauss, agora a saída de 0 gauss do sensor é 2,5 V, portanto,
  precisamos subtraí-la primeiro.
  Para manter um 0V, leia no campo 0Gauss. */
  // Converte a leitura em um array de char
  ADCVALUE.toCharArray(ADCSHOW, 5);
  lcd.print(ADCSHOW);// mostrando o valor da intensidade do campo
  lcd.print("G ");
  lcd.setCursor(0, 0);// define o cursor para a coluna 0, linha 0

}

```

Agora é só executar o programa como mostra a imagem abaixo:

Figura 6 – Salvamento e envio do código na interface de programação do Arduino



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

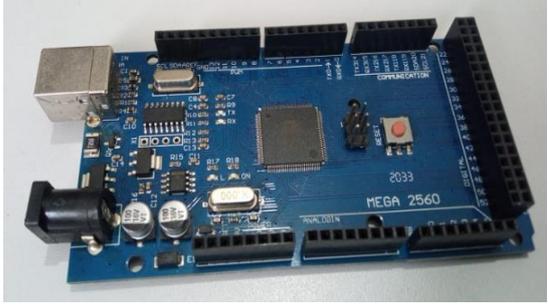
Pronto a placa Arduino já encontrasse carregada e pronta para ser usada.

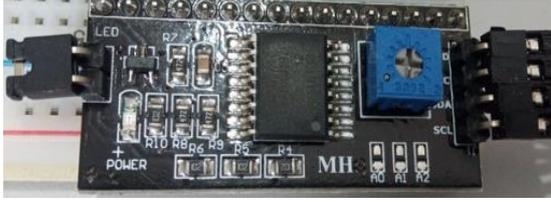
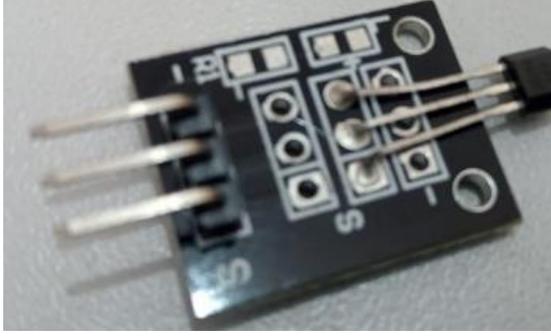
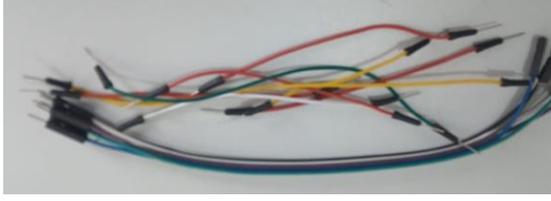
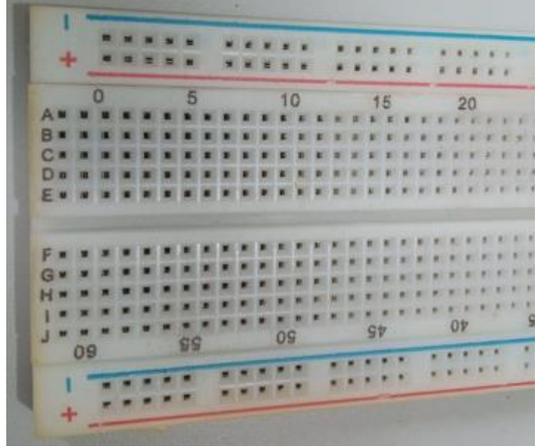
Componentes do experimento que será utilizado

Para esse experimento os componentes utilizados encontrassem no quadro 1 logo abaixo.

Grande parte do equipamento é encontrado numa loja de eletrônica ou na internet e possui um baixo custo.

Quadro 1 – Componentes utilizados

NOME	IMAGEM DO COMPONENTE
Arduino Mega 2560	
Display 16x2	

<p>Modulo serial i2c para o display</p>	
<p>Sensor de efeito hall (49E689BG - KY-003)</p>	
<p>Jumps (fios)</p>	
<p>Protoboard (400 pontos)</p>	

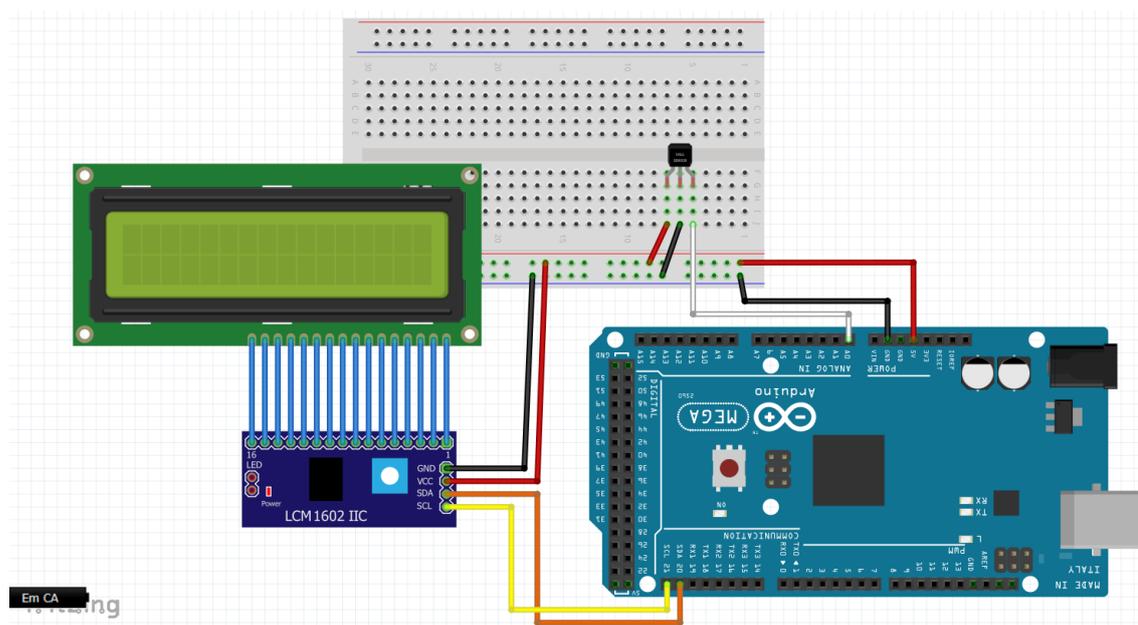


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Neste experimento recomendo usar o sensor de efeito hall 49E 6898G, porém é possível utilizar qualquer outro sensor de efeito hall disponível no mercado.

Logo abaixo encontre um diagrama de montagem dos componentes, basta ligar os fios de acordo com o diagrama abaixo e as respectivas portas.

Figura 7 - Diagrama elétrico de montagem do experimento.



Fonte: fritzing.com

No sensor:

Fio branco é sinal ou dados (porta A0 do Arduino ligado no protoboard)

Fio vermelho é o VCC (positivo) (porta 5v do Arduino ligado no protoboard)

Fio preto é o GND (terra) (porta GND do Arduino ligado no protoboard)

No i2c:

Fio vermelho é o VCC (positivo) liga no protoboard

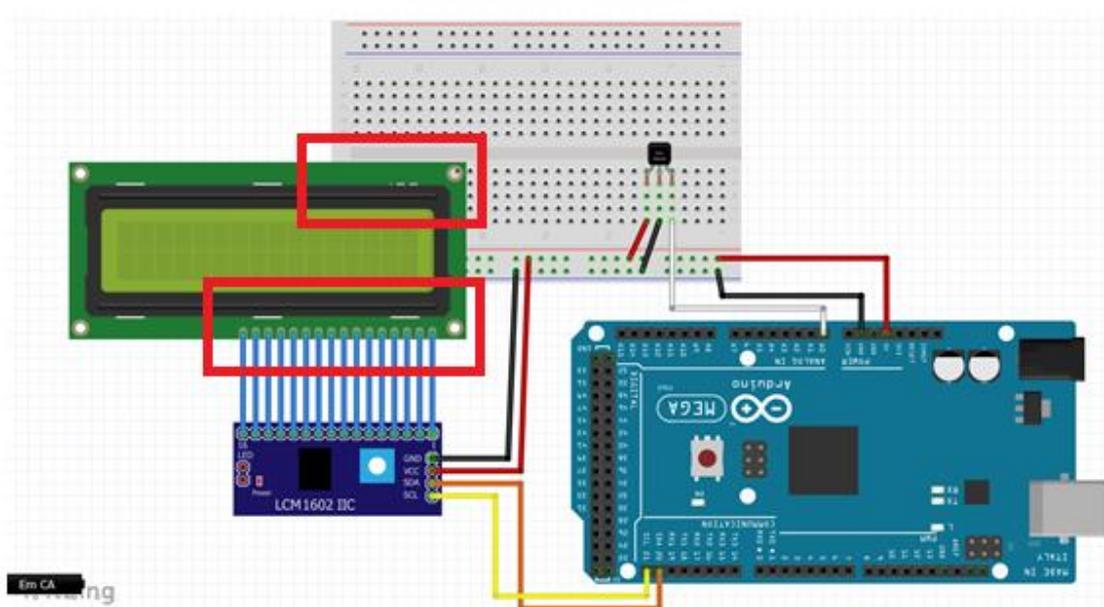
Fio marrom é o GND (terra) liga no protoboard

Fio Laranja é o SDA (liga na porta 20 do Arduino)

Fio amarelo é o SCL (liga na porta 21 do Arduino)

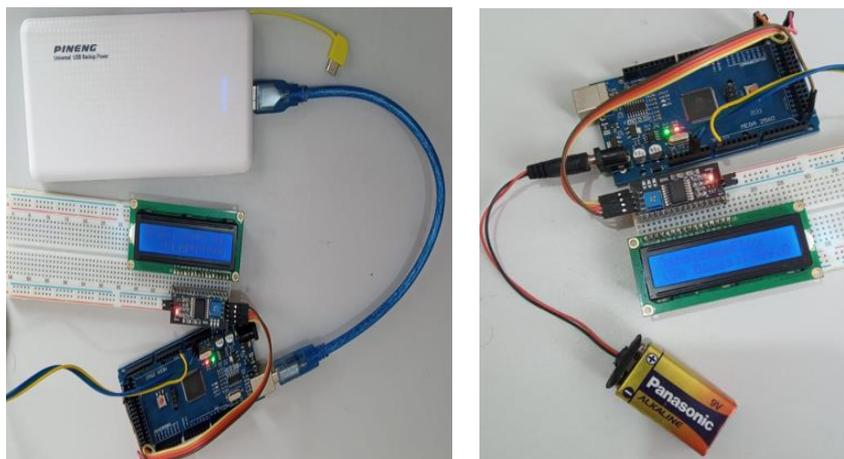
A conexão entre o display e o modulo serial i2c é feita forma paralela direto na protoboard.

Figura 8 - Diagrama elétrico de montagem do experimento.



Fonte: frintzing.com

A alimentação do Arduino pode ser feita por uma bateria de 9v, por uma bateria do tipo POWER BANK de uso em celulares ou direto no notebook na entrada USB, (recomendo no notebook pois não descarrega as baterias).

Figura 9 - Alimentação do Arduino

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para facilitar o manuseio do sensor de efeito Hall recomendo conectar uma extremidade do fio (jumper) conectado no protoboard e a outra extremidade do fio (jumper) no sensor de efeito Hall isso facilita o manuseio dos alunos na experimentação sem que tenha contado com a montagem. Após montado e carregado o código está pronto para ser utilizado.

1° Encontro

Tema: natureza do campo magnético, aplicação e efeitos do campo magnético na sociedade moderna.

Objetivos: compreender as propriedades magnéticas e o conceito de campo magnético.

Recursos da aula: aula dialogada, quadro branco, pedaço de ímã, bússola, materiais metálicos, recursos áudios visuais (Datashow e caixa de som), placas usadas de televisão e computador.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas de 50 minutos.

Para o primeiro encontro recomendo aplicar um questionário com algumas perguntas básicas sobre magnetismo para termos um conhecimento prévio do que os alunos.

Questionário

ALUNO: _____

1. O que você entende como magnetismo?
2. Pra você, o que seria um ímã?
3. Cite alguns exemplos onde encontramos a utilização de ímãs?
4. O que entendemos como campo magnético?
5. Qual a interação quando aproximamos um ímã de um metal?
6. Qual o seu entendimento sobre bússola?

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida separe em grupos os alunos, os grupos ficam a critérios dos próprios alunos. A quantidade de grupos fica a cargo do professor dependendo do tamanho da turma e da quantidade de material disponibilizada pelo professor. Cada grupo irá receber ímãs de várias formas, tamanhos e modelos, bússola e elementos metálicos como pregos, clipes de papel, parafuso; como também elementos sem propriedades magnéticas. Além disso, cada grupo recebe uma cartolina para sua apresentação e correção posterior durante a sua exposição, ficando a critério de cada grupo suas anotações e suas representações.

Após os alunos estarem separados em grupos e com material em mãos solicite que os alunos manuseassem os ímãs e outros materiais e observe as interações que ocorrem entre os alunos. Vale ressaltar que o professor tem que ser ativo na observação dos grupos e quando surgir indagações não responder de imediato as perguntas.

Deixe que anotem suas opiniões, os comportamentos e discussão que eles acham pertinentes, deixando para o momento de organização do conhecimento que os alunos tirem as conclusões.

Em seguida recomendo mostrar o vídeo localizando ímãs em celulares, visto que os celulares são aparelhos que os alunos estão sempre em mãos, link do vídeo:

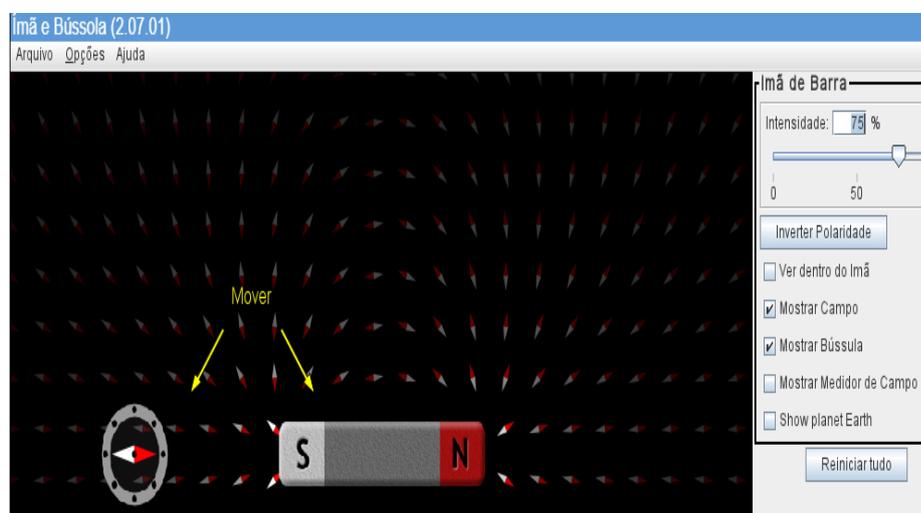
<https://www.youtube.com/watch?v=iJpDcgUH3ml>. Após assistirem o vídeo observe se a interação entre eles e as perguntas que iram surgir.

Para o estudo do campo magnético, entregue a cada grupo uma bússola para os alunos manusear e observar a deflexão da agulha magnética. Peça para que eles façam representações “desenhos” de como seria esse campo magnético de um ímã.

Após a discussão entre os grupos, foi iniciada a organização do conhecimento. Explique sobre as propriedades magnéticas mostrando a representação dos polos norte e sul, a atração e repulsão dos ímãs, e a inseparabilidade dos polos.

Sobre o estudo do campo magnético inicie com discussão porquê um ímã não atrai um prego quando estão muito distantes e mostre o simulador PhET, link <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/faraday/latest/faraday.html?simulation=magnet-and-compass&locale=pt> a respeito do campo magnético identificando as linhas de campo magnéticos.

Figura 10 – Imagem do simulador Phet.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após o professor finalizar a organização do conhecimento, os grupos discutem com o professor suas concepções antes e depois da organização do conhecimento apresentando se desejar sua cartolina aos colegas, nesse ponto é interessante o compartilhamento de experiências com os colegas e suas correções e justificativas das ideias iniciais.

2° Encontro

Tema: percepção do campo magnético na presença de uma corrente elétrica.

Objetivos: conhecer um pouco sobre o magnetismo através da experiência de Oersted e assim compreender melhor o conceito de campo magnético gerado por uma corrente elétrica.

Recursos da aula: aula dialogada, fio, baterias, bússola, exposição de vídeos.

Tempo da aula: 50 minutos, referente a uma aula.

Inicialmente separe os alunos nos mesmos grupos do encontro anterior. Após acomodados comece apresentando um vídeo de um eletroímã utilizado na reciclagem de metais.

Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=tpKmTQDzIN0>

A intenção da apresentação do vídeo é despertar a curiosidade dos alunos sobre os próximos tópicos a serem desenvolvidos sobre a temática.

Após a apresentação do vídeo entregue aos grupos uma bússola, fios de cobre e algumas baterias. De início os alunos ficam esperando que o professor(a) diga como utilizar o material entregue e pode fazer algumas perguntas, tais como. “Vai fazer o que com isso professor?” “É para fazer o que agora?”. Como a proposta é tornar o ambiente mais problematizador, sugira aos alunos que com o material em mãos busquem alguma relação entre os objetos, montando algum instrumento que eles imaginassem com relação ao vídeo.

O professor(a) deve ficar atento a algumas situações que possam ocorrer e assim auxiliar no desenvolvimento, tais como: Os alunos coloquem o fio sem conectar com a pilha perto do ímã esperando que alguma coisa aconteça. Alguns ligarem os polos da bateria com o fio, mas não aproximaram o fio da bússola.

O professor(a) deve observar e auxiliar até que o grupo consiga ligar os polos da bateria com o fio e aproximar da bússola observando a deflexão da agulha magnética.

Figura 11 - deflexão da bússola na presença de corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após essa discussão, inicia-se a aplicação do segundo momento pedagógico de organização do conhecimento. Coloque o vídeo da experiência de Oersted, (disponível em Link: <https://www.youtube.com/watch?v=y9sP9khiI4>), o qual mostra a deflexão da agulha magnética na presença de um fio de cobre ligado a uma corrente elétrica e o sentido de rotação da agulha quando ocorre mudança de polaridade da bateria.

Discuta junto aos alunos a geração do campo magnético devido à presença de corrente elétrica, e faça uma relação com as observações feitas pelos alunos.

Nesse ponto do encontro, onde inicia a explicação do sentido do campo magnético, é necessário uma intervenção maior da parte do professor(a) para mostrar a direção do campo magnético através da regra da mão direita, destacando a relação vetorial do campo magnético “entrando” e “saindo” do plano. Para isso, utilize uma imagem para expor facilitando a visualização, mostrando assim a representação com os dedos da mão como o vetor que representa o campo magnético, e o polegar representando a direção da corrente elétrica.

Coloque um fio esmaltado na frente do quadro e chame um aluno para segurar as extremidades do fio, para simular a corrente elétrica subindo de baixo para cima, usando os dedos para fazer um círculo concêntrico ao redor do fio. Peça para que os alunos repitam esse procedimento para melhor compreensão.

3° Encontro

Tema: Criação e utilização de instrumentos que gerem campo magnético.

Objetivos: Criar instrumentos simples que gerem campo magnético.

Recursos da aula: aula dialogada, fio, baterias, bússola.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas.

Nessa etapa desenvolve-se junto com os alunos alguns instrumentos geradores de campo magnéticos para serem usados para medição do campo magnético através do equipamento de medição baseado no Arduino. Com os alunos novamente separados em grupos entregue os componentes abaixo.

- Pregos;
- Fio esmaltado;
- Bateria;
- Ímãs de geladeira e ímãs em barra;
- Ímãs de HD de computador;
- Clips de metal, parafusos, pedaços de ferro.

Nesse momento inicie com abordagem problematizadora, levantando hipóteses com intenção de fazer uma ponte dos conceitos anteriormente estudados. A sugestão é, “o que aconteceu quando um fio foi ligado a bateria?”, “e se aproximar o fio ligado a bateria da bússola o que acontece?”, “o que aconteceu com a agulha magnética quando tiramos o fio de um polo da bateria?”. Observe com atenção as respostas e corrija as respostas se necessário.

Em seguida peça que investiguem o que podiam montar com o material que se encontrava em cada grupo. No processo de montagem é comum ocorrer muita dificuldade então é necessário o professor(a) intervir, não dizendo como fazer, mais sugerindo dicas para os alunos e assim eles possam progredir na montagem.

Na montagem do eletroímã peça para que enrolem o prego com o fio, apenas isso e espere. É comum que enrolem de forma não uniforme.

Figura 12 – Montagem incorreta do eletroímã.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Então peça para que enrolem de forma uniforme alinhada com as extremidades do fio livre. Em seguida como ocorreu no encontro anterior sugira que ligue as extremidades do fio a pilha como realizado no experimento de Oersted, e aproxime as extremidades do prego a clips metálicos, pedaço de metal e observe a atração desses materiais. Pode ocorrer de algum aluno já ter observado essa experiência na internet ou em feira de ciência pois ela é bem comum.

Figura 13 - Montagem do eletroímã.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em seguida tem um momento mais difícil do encontro que é a montagem do motor elétrico com uma espira circular. É necessário a intervenção do professor:

Peça que os alunos enrolassem o fio esmaltado ao redor da pilha maior com uma ponta sobrando em cada lado.

Peça que eles façam suporte da espira que conecta a pilha ao fio de estanho (conhecido como fio para soldar) mais flexível e fácil de montar e conecte a pilha. Em seguida, com tudo montado, peça que coloque um ímã de neodímio extraído de um HD sobre a pilha.

Quando tudo estiver pronto, os alunos foram instruídos a procurar uma posição em que o neodímio ficasse bem embaixo da espira. Veja a Figura 14 da conclusão da montagem.

Figura 14 - Montagem do eletroímã.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Finalize o encontro explicando sobre a lei de Biot-Savart, com ênfase no sentido do campo magnético em cada instrumento feito pelos alunos, a partir da demonstração com a regra da mão direita.

Explore outros instrumentos semelhantes com conceitos estudados, mostrando nas placas de televisão, outras placas de circuitos, motor sem utilidade, os solenoides.

4° Encontro

Tema: Observação da intensidade do campo magnético através do instrumento de medição (produto da dissertação).

Objetivos: Observar a variação da intensidade do campo magnético em alguns instrumentos experimentais que possui campo magnético.

Recursos da aula: Aula dialogada, protoboard, placa Arduino Mega, sensor de campo magnético, 10 jumpers macho e fêmea.

Tempo da aula: 100 minutos, referente a duas aulas de 50 minutos cada.

Inicialmente os alunos são separados novamente em grupos e cada grupo recebeu o conjunto montado do Arduino (caso só tenha um conjunto montado sugiro de fazer separadamente com cada grupo, sem que um grupo observe o que o outro grupo está fazendo). Separe antes todo material que cada grupo montou.

Material: - Fio retilíneo, - Espira circular, - Eletroímã, - Ímã de geladeira, - Ímã de HD de computador, - Ímã de alto falante.

Faça uma breve apresentação do Arduino, explicando que a partir desse momento vamos investigar a intensidade do campo magnético do material que eles desenvolveram e de alguns outros ímãs.

Sugira que comecem as observações com o eletroímã pois é mais fácil de manusear. Peça para observar a variação dos valores mostrados no display.

Figura 15 - Análise do campo magnético com o Arduino do eletroímã.

Ao fim peça para os alunos argumentarem sobre a prática realizada e se acharam essa prática melhor que as aula tradicional realizada diariamente.