



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Toni Donizete dos Santos

**A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO
COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL**

Araranguá
2025

Toni Donizete dos Santos

**A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO
COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Programa de
Mestrado Profissional em Ensino
de Física (MNPEF), como parte
dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marcia
Martins Szortyka

Araranguá
2025

dos Santos, Toni Donizete

A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O
ELETROMAGNETISMO COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E
SOCIAL / Toni Donizete dos Santos ; orientador, Marcia
Martins Szortyka, 2025.

198 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal
de Santa Catarina, Campus Araranguá, Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física, Araranguá, 2025.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Cientistas negros. 3.
Eletromagnetismo. I. Szortyka, Marcia Martins . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física. III. Título.

Toni Donizete dos Santos

**A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO
COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL**

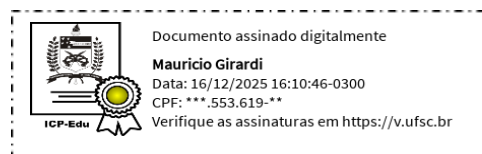
O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 06 de outubro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Cíntia Barbosa Passos, Dr.(a)
Instituição IFC Blumenau

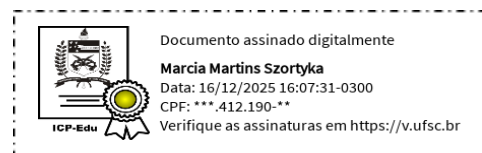
Prof. João Matheus Dallman, Dr.
Instituição UFSC - DCM

Prof. Marcelo Freitas de Andrade, Dr.
Instituição UFSC - FQM

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof.(a) Marcia Martins Szortyka Dr.(a)
Orientadora

Araranguá, 2025.

Dedico este trabalho à memória da minha querida avó e do meu primo, que partiram deixando em mim saudade, mas também ensinamentos e inspirações que carrego todos os dias. Que esta conquista seja uma forma de honrar suas histórias e a importância que tiveram em minha vida.

AGRADEÇO...

Primeiro a DEUS e todas as forças divinas que me deram saúde mental, espiritual e física para a conclusão desta etapa.

Agradeço imensamente à minha orientadora Prof^a.Dr^a. Marcia Martins Szortyka, pelo apoio, ajuda na execução deste trabalho sem ela com certeza teria sido mais árduo. Obrigado professora por ser mais que educadora, mas sim uma grande amiga que o mestrado me deu.

Esse agradecimento se estende aos demais professores do programa, aos colaboradores do campus da UFSC Araranguá pelo cuidado, empatia e competência que tiveram comigo nos momentos que sempre precisei.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), por proporcionar este curso de qualidade que muda a vida das pessoas.

A UNIEDU, pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos que o mestrado trouxe, Guilherme e Meuca vocês foram fundamentais nesta jornada, em seus nomes agradeço os demais.

Agora, quero agradecer meus amigos da minha amada São Joaquim, Branda e Fábio, saibam que serei eternamente grato por me acolherem na casa de vocês por tornar a sua casa a minha, contem sempre comigo para o que der vier. Agradeço aos meus amigos de longa data Cau, Juliano e Sabrina pela apoio diário vocês são os anjos na terra.

A toda a minha família pelas orações e torcida de sempre tios, tias, primos e sobrinhos, especialmente ao meu sobrinho Nicolas que convive comigo e me traz risadas, carinho e alguns estresses.

O agradecimento mais que especial, a minha confidente, amiga e esposa Lilian, sem você esse sonho não seria possível, obrigado por acreditar e confiar que daria certo te amo infinitamente.

OBRIGADO.

“Dever cumprido é a paz da consciência tranquila.” — Cícero

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo contextualizar e discutir, partindo da apresentação do filme “*O menino que descobriu o vento*” a invisibilidade histórica dos cientistas negros nas ciências da natureza, buscando compreender como a ausência dessas referências no currículo influencia a formação científica e social dos estudantes. A ciência que deveria ser neutra, foi construída dentro de contextos sociais excludentes, de maneira que estudantes negros não encontram representatividade no contexto do currículo escolar e nos livros didáticos, pois observa-se que materiais didáticos e currículos raramente mencionam as contribuições de cientistas negros. Assim devemos refletir sobre a importância de uma educação científica antirracista, que reconheça as contribuições de diferentes sujeitos sociais e valorize a diversidade epistêmica, compreendendo a ciência como ferramenta de emancipação social, equidade e desenvolvimento humano. Dentro deste cenário, se demonstrará a relevância do Eletromagnetismo tendo em conta que o eletromagnetismo está presente na geração e transmissão de energia, o que faz com que percebamos que a física está presente em nosso cotidiano, desnudando a ideia de que está apenas em livros teóricos e cálculos extraordinários.

Palavras-chave: invisibilidade de cientistas negros, eletromagnetismo, educação antirracista, desenvolvimento humano.

ABSTRACT

This dissertation aims to contextualize and discuss, based on the film "The Boy Who Harnessed the Wind," the historical invisibility of Black scientists in the natural sciences, seeking to understand how the absence of these references in the curriculum influences the scientific and social development of students. Science, which should be neutral, was constructed within exclusionary social contexts, resulting in Black students lacking representation in school curricula and textbooks. Teaching materials and curricula rarely mention the contributions of Black scientists. Therefore, we must reflect on the importance of an anti-racist science education that recognizes the contributions of diverse social subjects and values epistemic diversity, understanding science as a tool for social emancipation, equity, and human development. Within this context, the relevance of electromagnetism will be demonstrated, considering that electromagnetism is present in the generation and transmission of energy. This allows us to realize that physics is present in our daily lives, exposing the idea that it exists only in theoretical textbooks and extraordinary calculations.

Keywords: invisibility of Black scientists, electromagnetism, anti-racist education, human development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapeamento de brasileiros com formação em ciências físicas por unidade da federação	17
Figura 2 – Pesquisa de autodeclaração de raça por região do país	19
Figura 3 – Lei que outorga o Ensino de História da África e das culturas afrobrasileiras	20
Figura 4 – Lei de cotas	21
Figura 5 - Gráfico elaborado por Barbosa – comparativo de acerto entre as turmas	26
Figura 6 - Força elétrica	36
Figura 7 – Linhas do vetor campo elétrico saindo e entrando da carga fonte	37
Figura 8 – Campo elétrico e distribuição contínua de cargas	38
Figura 9 – Linhas de campo	39
Figura 10 – Carga de prova positiva se aproximando de uma esfera de distribuição de carga uniformemente negativa	40
Figura 11 – Linhas de campo em um dipolo elétrico	40
Figura 12 – Campo elétrico em um ponto P situado a uma distância Z do ponto médio dentro do dipolo	41
Figura 13 - Cálculo do potencial a partir do campo	45
Figura 14 – Circuito simples	47
Figura 15 – Circuito simples de uma malha	48
Figura 16 – Um elemento infinitesimal de corrente produz um campo magnético em um ponto	50
Figura 17 – Campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada	51
Figura 18 - Representação das linhas de campo em dois polos	52
Figura 19 – Polos magnéticos	52
Figura 20 - Amperímetro ligado a uma espira indica a passagem de corrente elétrica devido ao movimento do ímã	53
Figura 21 – Experimento ilustrativo da lei de Lenz	55
Figura 22 - Apresentação do projeto	59
Figura 23 e 24 - Apresentação do filme	60
Figura 25 – Leitura dos artigos científicos	61
Figura 26 – Texto elaborado por uma estudante abordando os assuntos tratados (racismo na ciência)	61
Figura 27 – Resposta da estudante ao questionário aplicado	62
Figura 28 – Modelo de slide utilizado	64
Figura 29 – Estudante resolvendo a atividade	65
Figura 30 - Mestrando ministrando a aula sobre Fluxo Magnético	65
Figura 31 – Mestrando corrigindo as atividades propostas	66
Figuras 32 – Trabalhos de simuladores de energia criados pelos estudantes	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da questão 1 do exercício sobre campo e força magnética	74
Tabela 2 – Resultado das questões 3 a 6 do exercício sobre campo e força magnética	75
Tabela 3 – Resultado das questões 8 e 9 do exercício sobre campo e força magnética	76
Tabela 4 – Resultado das questões 16 e 17 do exercício sobre força magnética	77
Tabela 5 – Resultado das questões 10 a 14 do exercício força em fios e indução eletromagnética	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MNPEF Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física

PNAD Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio

UEPS Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dissertações base para o desenvolvimento deste trabalho	23
Quadro 2 – Resumo das atividades desenvolvidas	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3. TEORIA DE APRENDIZAGEM.....	28
3.1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).....	33
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA.....	35
4.1 ELETROSTÁTICA.....	35
4.1.1 Força Elétrica.....	35
4.1.2 Campo Elétrico.....	36
4.1.3 Campo Elétrico: distribuição contínua de cargas.....	38
4.1.4 Linhas do Campo Elétrico.....	39
4.1.5 Campo Elétrico produzido por um Dipolo Elétrico.....	40
4.2 POTENCIAL ELÉTRICO: TRABALHO REALIZADO POR UMA FORÇA APLICADA.....	43
4.2.1 Definição de Potencial Elétrico.....	44
4.2.2 Cálculo do Potencial a partir do Campo.....	45
4.3 ELETRODINÂMICA.....	47
4.3.1 Circuito Simples.....	47
4.3.2 Cálculo da Corrente em um Circuito de uma Malha.....	48
4.4 ELETROMAGNETISMO.....	49
4.4.1 Campo Magnético.....	50
4.4.1.1 Lei de Biot-Savart.....	50
4.4.1.2 Lei de Ampère.....	51
4.4.2 Linhas de Campo Magnético.....	51
4.4.3 Indução.....	53
4.4.3.1 Lei de Faraday.....	54
4.4.3.2 Lei de Lenz.....	55
5. METODOLOGIA.....	57
6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	59

6.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO.....	59
6.2 PARTE 1 - A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS. GERAÇÃO DE ENERGIA.....	59
6.3 PARTE 2 - UNIDADES TEMÁTICAS DE FÍSICA. GERAÇÃO DE ENERGIA.....	64
6.4 PARTE 3 - GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA.....	67
6.5 PARTE 4 - AVALIAÇÃO.....	69
7. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS.....	84

1. INTRODUÇÃO

Quando se narra a história do desenvolvimento da humanidade, o povo negro raramente é colocado como protagonista, mesmo em momentos em que, de fato, o foi. A História ensinada na escola quase sempre apresenta uma visão eurocêntrica dos acontecimentos. Um exemplo disso é o embranquecimento da civilização egípcia em representações cinematográficas, apesar de se saber que esta era uma civilização formada por negros, que deixou contribuições fundamentais para a humanidade em áreas como física, química, matemática, agricultura, medicina, entre outras (Ministério da Educação, 2005).

É inegável a capacidade de determinados setores da sociedade de apagar ou minimizar a importância da população negra no desenvolvimento humano, social e científico. O eurocentrismo ainda se manifesta de maneira intensa em diversos âmbitos da vida social. Isso não significa negar as contribuições dos europeus para o progresso da humanidade, mas sim reconhecer que não se deve inferiorizar ou menosprezar as demais etnias (Quijano, 2005).

Sobre o assunto, vejamos:

Logo, para o eurocentrismo, “a produção cultural e material dos outros” pode ser apropriada e suas conquistas negadas” (SHOHAT, 2006: 22). E foi exatamente isso o que aconteceu com a história do Egito, totalmente branqueada no imaginário mundial até hoje. É como nos explica Martin Bernal, autor de *Black Athena*: Se existissem ‘provas’ científicas de que os negros são biologicamente inferiores, como poderíamos explicar que o Egito antigo-inconvenientemente localizado no continente africano? Havia duas, ou melhor, três soluções. A primeira era negar que os antigos egípcios eram negros; a segunda era negar que os antigos egípcios haviam criado uma civilização; a terceira era negar ambas as hipóteses. Foi essa a alternativa favorita da maioria dos historiadores dos séculos XIX e XX (BERNAL apud SHOHAT, 2006: 92) (Sagredo, 2015, p.7)

Ao longo das ciências humanas, historicamente se legitimaram as vozes e o desenvolvimento europeu, tanto no campo cultural e tecnológico quanto no científico. A cultura europeia ainda é frequentemente apresentada como a única capaz de produzir os “melhores e únicos pensamentos”, devendo ser seguida e tomada como verdade absoluta. Entretanto, com o advento de grupos e ativistas sociais, bem como de ações governamentais que propõem políticas e agendas voltadas à igualdade racial e ao enfrentamento do racismo — entre elas, a lei de cotas — já se observa um pequeno avanço. Nesse cenário, o campo das

ciências humanas vem se expandindo e pessoas negras, ainda que de forma lenta, têm acessado espaços dos quais antes eram excluídas.

Contudo, no desenvolvimento efetivo da ciência e da tecnologia, ainda não se consolidou uma ampla divulgação da participação de homens e mulheres negros na gestão e produção de inovações e conquistas científicas e tecnológicas. Esse apagamento permanece vinculado à cultura do racismo estrutural.

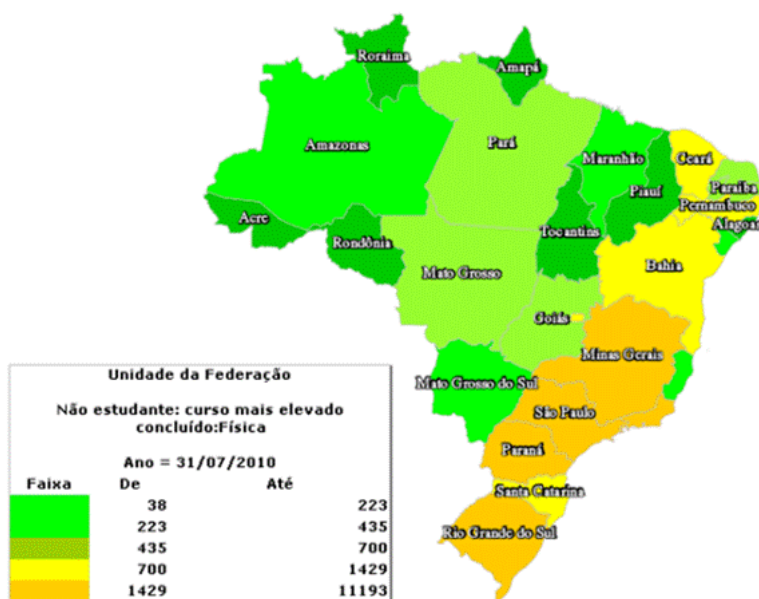
É sabido que a população negra não constitui uma minoria em diversos setores que compõem a sociedade civil; porém, nas áreas das ciências da natureza e exatas, sua presença é ainda mais restrita.

As Ciências Exatas e suas Tecnologias abrangem diferentes áreas do conhecimento — como medicina, biologia, matemática, física, química e engenharias. Em todas elas, encontramos mentes e mãos de homens e mulheres negros que, por meio de seus estudos, pesquisas e inventos, contribuíram para avanços científicos, econômicos e ambientais em distintas partes do mundo. Ainda assim, é justamente nessas áreas que a invisibilidade da população negra se acentua (Benite; Amauro, 2017).

A este fenômeno dá-se o nome de “epistemicídio” que é justamente o apagamento ou o silenciamento da produção intelectual e cultural das minorias, que muitas vezes ocorre por meio da negação de sua validade, reconhecimento e legitimidade.

A Figura 1 apresenta o mapeamento brasileiro da distribuição de pessoas com formação em Ciências Físicas por unidade da federação.

Figura 1 - Mapeamento de brasileiros com formação em Ciências Físicas por unidade da federação.



Fonte: IBGE – censo demográfico 2010.

O mapa brasileiro da distribuição de profissionais com formação em Ciências Físicas, referente ao ano de 2010, ainda que seja de quinze anos atrás, revela de forma clara uma concentração desses profissionais nas regiões Sul e Sudeste. Observa-se, por outro lado, a baixa presença nas regiões Norte e Centro-Oeste, evidenciando um cenário de desigualdade.

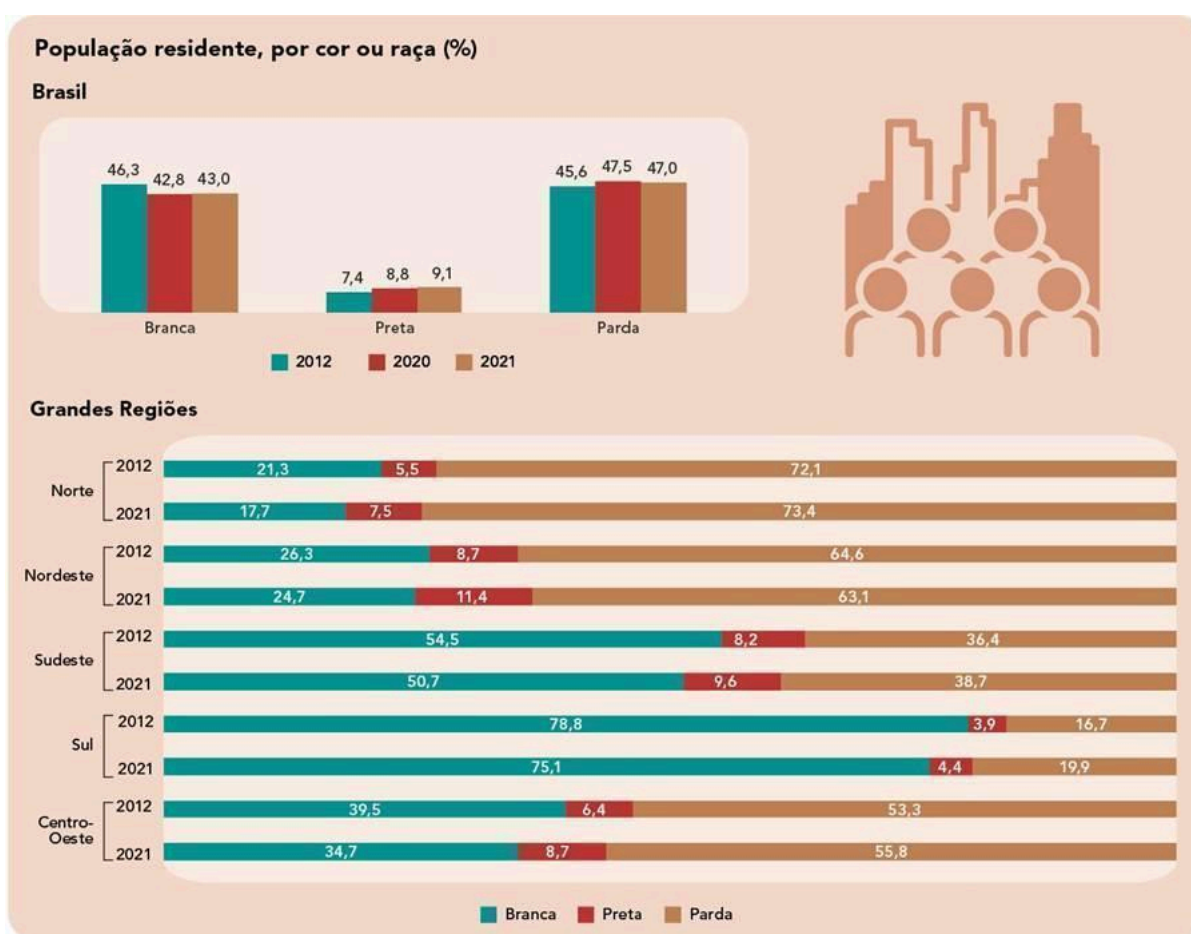
A invisibilidade da população negra foi se acentuando ao longo dos séculos, de modo que sua cultura e tudo o que a ela se relaciona passaram a ser frequentemente desvalorizados, vistos como fadados ao fracasso ou associados a algo negativo. Na ciência, esse processo não foi diferente. Como destaca Djamila Ribeiro: “quem possui o privilégio social, possui o privilégio epistêmico, uma vez que o modelo valorizado e universal de ciência é branco” (Ribeiro, 2021).

Essa constatação dialoga com a própria lógica da academia que compõe o Prêmio Nobel — criado há mais de 120 anos e considerado o mais prestigioso reconhecimento nas áreas de literatura, medicina, física, química, economia e ativismo. Dos 943 (novecentos e quarenta e três) laureados ao longo da história, apenas 17 (dezessete) eram negros, o que corresponde a 1,8%. Ressalte-se ainda que nenhuma pessoa negra foi premiada nas áreas científicas.

Diante desse quadro, impõem-se questionamentos: será que não há, ou nunca houve, cientistas negros de relevância? Será que suas contribuições não auxiliaram ou não resultaram em descobertas dignas desse reconhecimento? Ou seria o racismo no meio científico o responsável por invisibilizar esses pesquisadores, relegando-os à condição de meros coadjuvantes em vez de protagonistas? São questões que a própria academia deveria responder à sociedade científica negra (Zimmer, 2020).

No Brasil esta questão também não é diferente. Nosso país segundo o IBGE a cor ou raça da população brasileira com base na autodeclaração. De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD Contínua) 2021, 43,0% dos brasileiros se declararam como brancos, 47,0% como pardos e 9,1% como pretos. Dados retirados do site (site_ibge). A figura 2 ilustra a pesquisa de autodeclaração por região do nosso país.

Figura 2 - Pesquisa de autodeclaração de raça por região do país



Apesar dos dados apresentados nessa pesquisa demonstrarem que negros e pardos compõem a maioria da população brasileira, a parcela que se autodeclara negra é pequena, o que evidencia a importância de desenvolver trabalhos que promovam o reconhecimento, a valorização e a aceitação da identidade racial. O caminho para uma mudança passa, necessariamente, pelo acesso à cultura e à educação.

Apesar da prevalência de uma visão eurocêntrica nas escolas, não se pode negar que avanços têm ocorrido no reconhecimento da cultura e da contribuição do povo negro. Em 2003, por exemplo, foi promulgada a Lei nº 10.639/03 (ilustrada na Figura 3), que alterou a Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB), a fim de estabelecer diretrizes e bases para a inclusão do ensino de História da África e das culturas afro-brasileiras no currículo da educação básica. Essa medida representou um marco no processo de empoderamento e valorização da identidade negra.

Entretanto, tal iniciativa não deve se restringir às ciências humanas. É fundamental que se estenda também aos demais componentes curriculares, como a matemática, as linguagens e as ciências da natureza, garantindo uma abordagem mais ampla, inclusiva e representativa.

Figura 3: Lei que outorga o ensino História da África e das culturas afrobrasileiras



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 10.639, DE 9 DE JANEIRO DE 2003.

Mensagem de veto

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º A Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, passa a vigorar acrescida dos seguintes arts. 26-A, 79-A e 79-B:

"Art. 26-A. Nos estabelecimentos de ensino fundamental e médio, oficiais e particulares, torna-se obrigatório o ensino sobre História e Cultura Afro-Brasileira.

§ 1º O conteúdo programático a que se refere o **caput** deste artigo incluirá o estudo da História da África e dos Africanos, a luta dos negros no Brasil, a cultura negra brasileira e o negro na formação da sociedade nacional, resgatando a contribuição do povo negro nas áreas social, econômica e política pertinentes à História do Brasil.

§ 2º Os conteúdos referentes à História e Cultura Afro-Brasileira serão ministrados no âmbito de todo o currículo escolar, em especial nas áreas de Educação Artística e de Literatura e História Brasileiras.

§ 3º (VETADO)"

"Art. 79-A. (VETADO)"

"Art. 79-B. O calendário escolar incluirá o dia 20 de novembro como 'Dia Nacional da Consciência Negra'."

Art. 2º Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 9 de janeiro de 2003; 182º da Independência e 115º da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA
 Cristovam Ricardo Cavalcanti Buarque

Este texto não substitui o publicado no D.O.U. de 10.1.2003

fonte: <https://www.planalto.gov.br/ccivil>

As políticas públicas continuaram com a lei de cotas, ilustrada na Figura 4, dando início ao acesso à educação e a visibilidade às pessoas de origem africana. Como diz Bia

Ferreira em sua música, “cota não é esmola” e sim o prelúdio de uma reparação histórica devido aos mais da trezentos anos de escravidão que ocorreram no país.

Figura 4 - Lei de Cotas



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 12.711, DE 29 DE AGOSTO DE 2012.

Mensagem de veto
Regulamento

Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências.

A PRESIDENTA DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º As instituições federais de educação superior vinculadas ao Ministério da Educação reservarão, em cada concurso seletivo para ingresso nos cursos de graduação, por curso e turno, no mínimo 50% (cinquenta por cento) de suas vagas para estudantes que tenham cursado integralmente o ensino médio em escolas públicas.

Parágrafo único. No preenchimento das vagas de que trata o caput deste artigo, 50% (cinquenta por cento) deverão ser reservados aos estudantes oriundos de famílias com renda igual ou inferior a 1,5 salário-mínimo (um salário-mínimo e meio) per capita.

Art. 2º (VETADO).

Art. 3º Em cada instituição federal de ensino superior, as vagas de que trata o art. 1º desta Lei serão preenchidas, por curso e turno, por autodeclarados pretos, pardos e indígenas, em proporção no mínimo igual à de pretos, pardos e indígenas na população da unidade da Federação onde está instalada a instituição, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Art. 3º Em cada instituição federal de ensino superior, as vagas de que trata o art. 1º desta Lei serão preenchidas, por curso e turno, por autodeclarados pretos, pardos e indígenas e por pessoas com deficiência, nos termos da legislação, em proporção ao total de vagas no mínimo igual à proporção respectiva de pretos, pardos, indígenas e pessoas com deficiência na população da unidade da Federação onde está instalada a instituição, segundo o último censo da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (Redação dada pela Lei nº 13.409, de 2016)

Parágrafo único. No caso de não preenchimento das vagas segundo os critérios estabelecidos no caput deste artigo, aquelas remanescentes deverão ser completadas por estudantes que tenham cursado integralmente o ensino médio em escolas públicas.

Art. 4º As instituições federais de ensino técnico de nível médio reservarão, em cada concurso seletivo para ingresso em cada curso, por turno, no mínimo 50% (cinquenta por cento) de suas vagas para estudantes que cursaram integralmente o ensino fundamental em escolas públicas.

Fonte: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112711.htm

Ademais, no que concerne à leis que visam reparação histórica por meio de ações afirmativas, ainda podemos citar o Estatuto da Igualdade Racial, que visa garantir à população negra a efetivação da igualdade de oportunidades e o combate à discriminação racial,

Na tentativa de contribuir para um ensino mais crítico, anti-racista, que privilegia o protagonismo estudantil, esse trabalho une conceitos de eletromagnetismo com questões de raça. Para isso escolhemos o assunto *geração de energia elétrica* e trabalhamos esse conteúdo sob a perspectiva da Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) de Moreira através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Além disso, nosso objetivo também é ajudar na desconstrução do modelo de cientista em vigor: homem, branco, idoso e com aspecto excêntrico (DE MORAIS et al, 2022, p.6).

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Produto Educacional que permita ensinar os conceitos Físicos relacionados à geração de energia elétrica, articulando-os a uma reflexão crítica sobre as relações raciais na Ciência, considerando esta como um fruto do colonialismo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que integre tópicos de eletromagnetismo e representatividade negra na Ciência;
- Ajudar na desconstrução da imagem do cientista “padrão”;
- Ensinar os conceitos físicos envolvidos na geração de energia elétrica;
- Promover o protagonismo estudantil no aprendizado;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas algumas dissertações que têm como alicerce o eletromagnetismo e a discussão de gênero/raça nas Ciências. Esta pesquisa foi realizada no site do programa de mestrado nacional profissional no ensino de física (MNPEF) <http://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes>. A busca resultou em dezessete dissertações que trazem o tema sobre o eletromagnetismo, sendo que apenas uma traz a temática acerca dos cientistas negros. Além disso, das dezessete, somente quatro estão disponíveis para downloads.

Como podemos ver, a discussão sobre raça, no âmbito do MNPEF, ainda não é relevante, sendo necessário mais trabalhos com essa temática.

Os trabalhos disponíveis para a leitura são datados dos anos de 2019 (dois mil e dezenove), 2020 (dois mil e vinte) e 2021 (dois mil e vinte um). Vale ressaltar que cada autor usou métodos e formas diferentes para tratar da unidade temática em discussão.

As dissertações utilizadas serão:

Quadro 1 - Dissertações base para o desenvolvimento deste trabalho

	Título	Polo	Autor	Orientador	Data de defesa
01	A Questão Étnico Racial e de Gênero no Ensino de Física: O Cinema como Organizador Sequencial	41- UFSC	Carolini Felisberto de Souza	Prof. Dr. Felipe Damásio	
02	Sequência Didática para o Ensino de Conceitos de Eletromagnetismo	37 -UFPA	João Batista de Miranda Godinho	Prof. Dr. João Furtado de Souza	12/09/2019
03	Tópicos do Eletromagnetismo Abordados com uma Sequência Didática Experimental para a Aprendizagem Significativa no Ensino Médio	47- UFMA	Ajax Wellington Parente Rosas	Prof. Dr. Eder Nascimento Silva	16/07/2020

04	Realidade Aumentada como Ferramenta de Apoio para Ensinar Eletromagnetismo	37- UFMA	Bruno Killiam Nascimento Barbosa	Prof. Dr. Gunar Vingre da Silva Mota	27/07/2020
05	O Eletromagnetismo no Ensino de Ciências: Uma Proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)	41 - UFSC	Kélen da Silva Xavier	Prof. Dr. Claudio Michel Poffo	12/07/2021

O projeto “*A Questão Étnico Racial e de Gênero no Ensino de Física: O Cinema como Organizador Sequencial*”, (SOUZA, 2021) desenvolve um trabalho similar ao que irei desenvolver: utiliza-se dois filmes como forma de introduzir a discussão sobre representatividade nas Ciências.

Souza (2021, págs. 16/17) também debate outra questão muito importante na área das Ciências que é a falta de representatividade das mulheres. Ela traz os seguintes dados:

A imagem de cientista que vemos em vários recortes e que foi divulgada por muito tempo, de certa maneira induz a pensarmos e a reproduzirmos sempre o mesmo estereótipo de cientista. Segundo Schiebinger (2008), antes da década de 1990, na imagem reproduzida de um cientista, quando incentivávamos os estudantes a desenharem, 92% deles desenhavam homens e, apesar de a comunidade perceber mudanças importantes nesse percentual ao final dos anos 1990, ainda girava em torno de 70%, o percentual de estudantes que reproduziram esse mesmo tipo de estereótipo; outros 16% desenhavam cientistas que eram mulheres e 14% faziam desenhos ambíguos com relação ao sexo. Percebemos certa ruptura, porém ainda não suficiente, pois, segundo Menezes (2017), o percentual de mulheres atuando na área de Física e astronomia persiste há mais de 15 anos, como exemplifica o percentual de mulheres filiadas à Sociedade Brasileira de Física (SBF), que é de 27%, enquanto que a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), que é de conta com de 29% de mulheres. Cabe destacar que temos um número ainda menor quando se trata de mulheres bolsistas, que é de 11%, ou seja, um terço do valor que corresponde à representatividade das mulheres nas áreas de Física e Astronomia. Do mesmo modo, nas premiações na Olimpíadas Brasileiras de Física (OBF), as meninas do ensino médio obtiveram em torno de 10% das premiações, enquanto os meninos foram contemplados com mais de 90%. A quantidade de mulheres presentes na área é ainda menor à medida que o nível de estudo avança (MENEZES *et al.*, 2018). Essa desigualdade de gênero é apontada há muito tempo e ainda piora quando buscamos dados que abordam a questão racial. Nos processos de produção de ciência sempre houve essa hierarquização de raças, o que fomenta as desigualdades étnico-raciais e sociais (ROSA; ALVES-BRITO; PINHEIRO, 2020). Contudo, os dados apontados apenas trazem 17 percentuais que relacionam as mulheres aos homens, mas quando se aborda a questão das mulheres negras na área de Física, por exemplo, o percentual de representatividade delas é ainda menor. Em relação às bolsas de

produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) no Brasil, são de mulheres negras apenas 7% delas, enquanto há mulheres brancas contempladas com 75,5% das bolsas. Em Ciência e Tecnologia (C&T), a participação de mulheres brancas fica em torno de 59%, em contrapartida, a de mulheres negras é de 26,8% do total de bolsas concedidas no País no ano de 2015 (LIMA, 2015).

O desenvolvimento e aplicação do produto educacional do trabalho acima ocorreu na pandemia, ou seja online, a mestranda na época, utilizou todos os meios que estavam disponíveis para melhor aplicá-lo. Sua sequência didática trás os filmes: “Alexandria” e “Estrelas além do tempo” para introduzir os temas, bem como o uso de exercícios experimentais e experiências.

O projeto “*Sequência Didática para o Ensino de Conceitos de Eletromagnetismo*” (GODINHO, 2019) desenvolve uma sequência didática com experimentos equipados com aparelhos construídos com materiais de fácil obtenção e de baixo custo. Godinho também aplicou três questionários que estão interligados com as experiências que desenvolveu com os estudantes. Os experimentos desenvolvidos na sequência didática foram:

1ª) A descoberta de Oersted;

2ª) A balança de Ampère;

3ª) O campo magnético gerado por uma bobina

4ª) Balança tipo Gangorra

5ª) O Experimento de Faraday

6ª) O Experimento de indução elétrica com bobinas

7ª) A experiência de Hertz

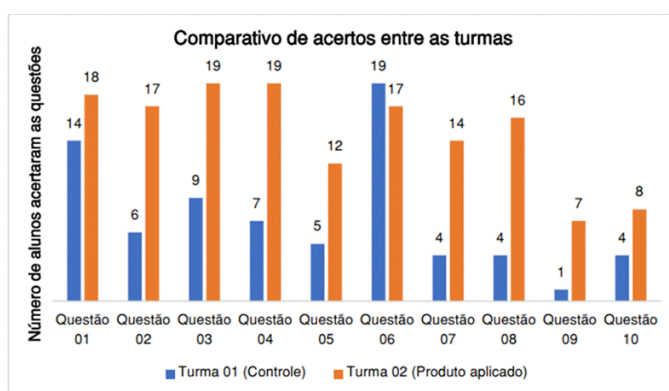
8ª) Motor elétrico

Essas experiências tinham como objetivo facilitar o aprendizado sobre o eletromagnetismo, fazendo que, por meio da observação, os estudantes alcançassem o entendimento do fenômeno físico envolvido.

Já o trabalho “*Tópicos do Eletromagnetismo Abordados com uma Sequência Didática Experimental para a Aprendizagem Significativa no Ensino Médio*” (ROSAS, 2020) propõe o recurso de listas de atividade para explicar e apresentar os conceitos sobre o tema em discussão, os recursos por ele utilizados são similares aos do Godinho (2019), mas a aplicação do seu produto educacional dar-se-á com a confecção de uma pista denominada “Produzindo um trem magnético” e finaliza com a confecção de mapas conceituais, para após fazer um debate com os alunos.

Em “*Realidade Aumentada como Ferramenta de Apoio para Ensinar Eletromagnetismo*” (BARBOSA, 2020), foram utilizados aplicativos de realidade aumentada para explicar o eletromagnetismo. O *cg-physicsAR* é um aplicativo de realidade aumentada desenvolvido e disponibilizado gratuitamente por *cg-physics.org*, em seu *website* (<http://www.cg-physics.org>). o trabalho desenvolvido por Barbosa (2020), foi aplicado em 2 turmas de mesmo ano e mesma série, em uma ele utilizou o produto educacional (uso de aplicativos e realidade aumentada) e outra ele usou somente o método tradicional e em seguida aplicou-se a mesma prova para ambas as turmas. Segundo o autor, a turma na qual foi aplicado o produto educacional teve como resultado maior absorção do conhecimento em relação à turma onde não foi aplicada o produto por ele desenvolvido. Os resultados podem ser vistos na Figura 5.

Figura 5 - Gráfico – Elaborado por Barbosa (2020)



Fonte: Barbosa (2020)

Por último, o trabalho intitulado “*O Eletromagnetismo no Ensino de Ciências: Uma Proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)*” (XAVIER, 2021) foi aplicado em duas turmas do 9º ano do ensino fundamental no componente curricular de ciências, mostrando a relevância de apresentar aos estudantes a importância da física. Xavier desenvolveu um produto educacional introduzindo os conceitos de eletricidade com eletrização por contato, atrito e indução, logo após conceitos do eletromagnetismo.

Vale relatar que, no ensino fundamental, o professor dispõe de três aulas semanais, enquanto que no novo ensino médio as de física/ciências da natureza passaram a ser uma aula semanal, o que acaba por dificultar a sequência didática.

Xavier (2021), mostra em sua dissertação todo o trabalho desenvolvido que permeia em aula expositivas, experiências, mapas conceituais, exercícios e por fim a apresentação na feira multidisciplinar.

Esses trabalhos serviram para termos uma noção do que já tinha sido feito no âmbito do MNPEF.

3. TEORIA DE APRENDIZAGEM

Para a fundamentação teórica, educacional e metodológica, este trabalho se apoia na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, de Marco Antonio Moreira, e na construção e aplicação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica foi elaborada por Moreira a partir do princípio ausubeliano da Aprendizagem Significativa, centrado na ideia de que “aprendemos a partir do que já sabemos” (Moreira, 2000). Nesse sentido, o autor desenvolve uma concepção de aprendizagem ancorada nos preceitos de Postman e Weingartner (1969), que defendem um ensino subversivo — ou seja, que vá além da aprendizagem apenas significativa. Essa proposta surge da percepção do rápido avanço tecnológico e das mudanças drásticas na sociedade contemporânea, já apontadas por Postman e Weingartner na década de 1960, como lembra Moreira (2000).

No contexto escolar, entretanto, um ensino voltado para a formação de um cidadão crítico — capaz de compreender os processos de construção da tecnologia, sua rápida aplicação em larga escala, bem como os recursos e impactos dessas transformações na sociedade — ainda parece distante. O ensino pautado em verdades fixas provoca, muitas vezes, o efeito oposto: afasta os alunos das disciplinas tradicionalmente enquadradas nas chamadas ciências exatas. Um exemplo disso é a persistência do conceito de aprendizagem mecânica, que, como explica Moreira (2005), opõe-se à aprendizagem significativa. Esse tipo de aprendizagem consiste na simples memorização de conceitos, fórmulas e conteúdos “de maneira arbitrária, literal, não significativa”, conforme destaca o autor.

Em síntese, o quadro de dificuldades presente no ensino escolar decorre, em grande parte, da ênfase em decorar fórmulas e conceitos, em vez de promover uma aprendizagem efetivamente significativa. De acordo com Moreira (2005) e Rodríguez Palmero et al. (2008), a aprendizagem significativa é aquela que envolve sentido, compreensão e significado, diferenciando-se completamente da aprendizagem mecânica, destituída de sentido e marcada apenas pela repetição. Uma condição essencial para que a aprendizagem significativa ocorra, nos termos de Ausubel, é a predisposição do aluno em aprender.

Buscando aprofundar essa perspectiva, Moreira (2005, p. 7), ao dialogar com as reflexões de Postman e Weingartner (ibidem) e a teoria ausubeliana, define a aprendizagem

significativa crítica como “aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Para o autor, essa concepção pode servir como princípio facilitador da aprendizagem significativa, retomando, ainda que de forma menos radical, as ideias de Postman e Weingartner. Assim, os pressupostos da aprendizagem significativa crítica convergem para a formação de um cidadão capaz de manejar criticamente a informação, diferenciar os processos de construção do conhecimento e elaborar sua própria forma de pensar, compreendendo-se como sujeito ativo em uma sociedade contemporânea em constante transformação. Como enfatiza Moreira (2006, p. 11), “[...] na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente”.

Os princípios facilitadores propostos por Moreira (2005) encontram-se elencados a seguir e, segundo o autor, podem ser implementados em sala de aula.

1 - Princípio do conhecimento prévio: para aprender de fato alguma coisa é necessário levar em consideração aquilo que o indivíduo já sabe, ou seja, o aprendizado ocorre por meio daquilo que o aluno já conhece. Conforme Moreira (2005) “Quer dizer, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante”.

2 - Princípio da interação social e do questionamento: perguntas ao invés de respostas: segundo Moreira (2006) é essencial que as respostas prontas sejam evitadas, priorizando estimular o questionamento.

“Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica”. (Moreira, 2005, p. 9)

3 - Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais: diversidade de materiais ou abandono do manual único: implica na construção e utilização de materiais que sejam potencialmente significativos, tal qual propõe Ausubel, para que o ensino não seja pautado apenas em um tipo de material. Um exemplo disto seria não utilizar apenas o livro didático com o intuito de ensinar todo o capítulo em uma só aula. O uso de diferentes materiais, como uma poesia, música, quadros ou até mesmo jogos podem facilitar o processo de construção da aprendizagem. Conforme destaca o próprio Moreira (2005, p. 10) “não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos”.

4 - Princípio do aprendiz como perceptor/representador: o aluno como perceptor representador: seguindo a lógica de Postman e Weingartner, aqui Moreira destaca que o aluno percebe sua realidade e faz associações com seu aprendizado, representando tudo que percebe.

5 - Princípio do conhecimento como linguagem: A linguagem seria uma forma de perceber o mundo e, como cada pessoa percebe de forma distinta uma da outra, a linguagem representa mais sobre as pessoas do que as coisas em si. Como destaca Moreira (2005, p. 12):

“Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras -- outros signos, instrumentos e procedimentos também – mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária. Aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo”.

6 - Princípio da consciência semântica: Para Moreira (2006, p. 13) “o significado está nas pessoas, não nas palavras”. De acordo com o autor, as palavras carregam ainda significados de conceitos que foram aprendidos pelos alunos. O significado de um conjunto de palavras que compõem um conjunto de conhecimentos, para explicar determinado conceito, precisa ser apreendido pelo estudante para que este possa aprender de forma significativa, caso contrário, a aprendizagem se traduz em aprendizagem mecânica. Moreira (2005) enfatiza que um aspecto da consciência semântica é que o aluno passa a identificar o significado das coisas por meio de um processo de reconhecimento de que não existem verdades fixas e imutáveis, pois

o conhecimento se amplia e muda conforme o desenvolvimento da própria sociedade na qual ele se encontra. Para um indivíduo que aprende por meio dessa lógica, torna-se mais difícil encontrar certezas e sim o que Moreira chama de “graus de certeza” sobre os conhecimentos.

7 - Princípio da aprendizagem pelo erro: a ideia de aprender a partir do erro pode ser um fator decisivo para ampliar a ocorrência do aprendizado. É fundamental que no decorrer do processo de aprendizagem, o aluno busque aprender com o erro de forma criteriosa, pois “buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação” (Moreira, 2005). O professor atua como um agente que facilita e ajuda na identificação desses erros, indicando “caminhos” que possam levar ao conhecimento, superando o erro.

8 - Princípio da desaprendizagem: fazendo alusão à epistemologia de Gaston Bachelard (1884 - 1962) o conhecimento prévio do aluno pode funcionar como um obstáculo epistemológico. Ou seja, uma série de conhecimentos que estruturam a forma de pensar e o entendimento sobre determinado assunto, ou que formam a ideia de um determinado conceito que virá a ser aprendido, por mais que seja relevante, pode suscitar ao erro e atrapalhar o desenvolvimento da aprendizagem. Nesse sentido, é importante considerar “desaprender” aquilo que o aluno já sabe em certo sentido, para que não ocorra essa falha. Conforme explica o autor “Desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento”. (Moreira, 2005, p. 15).

9 - Princípio da incerteza do conhecimento: esse princípio está associado a forma como se constrói o conhecimento. Não se deve confundir incerteza com indiferença, nesse caso, pois não é a ideia de que todo e qualquer conhecimento é válido, mas sim que pode haver incerteza naquele conhecimento construído. Segundo Moreira (2006, p. 17):

“o princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana”.

Nesse sentido, é fácil perceber que esse princípio está interligado com os princípios anteriores, principalmente aqueles associados à percepção de nossas definições para o mundo e a linguagem empregada para atribuir significado às coisas.

10 - Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno.

Da diversidade de estratégias de ensino: efetivamente, trata-se do abandono da metodologia quadro-de-giz, baseado em um modelo tradicional de ensino no qual o professor preenche o quadro com informações e os alunos copiam, sem questionar, com o intuito de memorizar, traduzindo-se, assim, na essência metodológica da aprendizagem mecânica. Essa falta de sentido atribuído ao conhecimento e ao processo de ensino perpetua na escola. O princípio facilitador proposto por Moreira sugere o abandono dessas práticas, pensando em utilizar diferentes formas estratégicas de ensinar, ao invés da proliferação da narrativa centrada no docente, sem a participação dos alunos. O autor sugere ainda que a simples configuração de atividades como seminários, debates, conversas com os discentes possam colaborar para uma aprendizagem significativa, sem a necessidade de recorrer a estratégias pedagógicas inovadoras. “Na verdade, o uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor”. (Moreira, 2005, p. 18).

11 - Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar: pensando nas formas pelas quais pode se promover uma aprendizagem significativa, este princípio se associa ao anterior, pois implica na condição de que o professor não seja somente um centro de referência único e central do conhecimento, por meio de uma aula baseada na sua narrativa. A construção de determinado conhecimento, seguindo esse princípio, é pautada em um processo no qual o aluno fala mais, expondo suas dúvidas ao professor, para que haja uma dialogicidade entre ambos e que, por meio dessa troca, o aluno possa expressar seus conhecimentos e lidar com os assuntos que se pretende que ele aprenda. Em suma, Moreira atenta para o fato de que repetir aquilo que outra pessoa fala (professor) não se traduz em um aprendizado e por isso caracteriza como importante o princípio do abandono da narrativa.

Os pressupostos para a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica, baseados nos princípios facilitadores sugeridos por Moreira permitem a implementação em sala de aula,

bem como uma discussão pertinente a respeito de discussões sobre os processos cognitivos de aprendizagem.

3.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

Para subsidiar a pesquisa implementada, a escolha de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pareceu se adequar aos objetivos do trabalho. Mas, afinal, o que é uma UEPS?

Uma UEPS é um tipo de sequência didática, baseada em alguns princípios norteadores sustentados por marcos teóricos de alguns autores: Ausubel, Vergnaud, Johnson-Lainard, Vygotsky, Novak e Gowin. A filosofia da construção de uma UEPS se baseia na ideia de que “só há ensino se tiver aprendizagem e essa deve ser significativa” (Moreira, p. 44).

Essa unidade de ensino possibilita organizar uma sequência de aulas, de forma planejada, para que durante os encontros, seja possível implementar de forma coerente com os conteúdos estudados, os preceitos indicados para uma aprendizagem significativa crítica. Nas palavras do autor: “São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula” (Moreira, 2011, p.43). Definida por aspectos sequenciais que estruturam sua organização, a UEPS pode ser pensada pelo professor utilizando diferentes estratégias educacionais, conforme os princípios sugeridos por Moreira e é constituída de aspectos transversais. Estes, por sua vez, retomam os princípios durante os encontros, com base em aulas que proporcionem uma dinâmica centrada no aluno, com sua efetiva participação, com tarefas em grupo buscando instigar os alunos a apresentarem e relacionarem situações-problemas que se conectem ao tema de estudo.

De acordo com MOREIRA (2011, p. 45), para a construção de uma UEPS deve-se ter:

1 - Definição do tema de ensino: O professor deve identificar os aspectos mais relevantes do conteúdo e as dificuldades a serem trabalhadas;

2 – Levantamento dos conhecimentos prévios: O professor deve criar situações que permitam o estudante exteriorizar o conhecimento prévio a respeito do conteúdo que será trabalhado;

3 - Situação introdutória: O tema é apresentado em nível introdutório, de forma a utilizar dos conhecimentos prévios dos estudantes. Essa introdução pode servir como organizador prévio, onde o estudante cria subsunçores para que a nova informação se ancore;

4 - Diferenciação Progressiva: Os conceitos são apresentados de forma gradual, partindo dos aspectos mais gerais e inclusivos para depois trabalhar aspectos específicos e complexos;

5 - Assimilação Obliteradora: Nessa etapa, o professor ajuda os estudantes a relacionarem os novos conhecimentos com os conhecimentos prévios, fazendo conexões significativas;

6 - Organização Sequencial: A organização do conteúdo trabalhado deve obedecer a uma sequência lógica que facilite a aprendizagem;

7- Consolidação: Atividades propostas pelo professor permitem o estudante aplicar o novo conhecimento em diferentes contextos, levando a uma consolidação da aprendizagem;

8 - Avaliação: As avaliações devem ser diversas para permitir que o estudante se expresse de diferentes maneiras.

Vale ressaltar que os passos não precisam estar todos presentes nem seguir obrigatoriamente nesta ordem.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA

Os conceitos que serão abordados neste capítulo fazem parte dos tópicos de eletrostática (campo elétrico e potencial elétrico), eletrodinâmica (corrente induzida e circuito simples) e eletromagnetismo (campo magnético; fluxo magnético e Lei de Faraday /Lenz) que são necessários para o desenvolvimento da sequência didática.

4.1 ELETROSTÁTICA

A eletrostática é a parte da física que estuda os fenômenos que envolvem as cargas em repouso. No século XVII, Charles Du Fay demonstra que a interação elétrica pode ser tanto atrativa quanto repulsiva. Young & Freedman (2015), relatam que coube a Benjamin Franklin (1706-1790) perceber que havia dois tipos de interação levando a convenção dos sinais das cargas, chamando-as de cargas positivas (+) e negativas (-). Da mesma forma, ele demonstrou que cargas de mesmo sinal se repelem, enquanto cargas de sinais opostos se atraem.

O problema fundamental da teoria eletromagnética pode ser descrito conforme explica Griffiths (2014): supondo a existência de algumas cargas elétricas, denominadas de cargas de origem ou cargas fonte q_1 , q_2 e q_3 ; qual força elas exercem em outra carga, chamada de carga de prova Q ? Considerando que ambas (as cargas fonte e a carga de prova) estejam em movimento e que se pode calcular a distância entre elas, é possível responder esta questão por meio do **princípio da superposição**. Este princípio nos diz que a interação entre quaisquer cargas independe da posição de outras cargas. Desta forma, pode-se calcular o vetor força elétrica $\vec{F}$ entre duas cargas, ignorando a presença das demais.

4.1.1 Força Elétrica

Podemos expressar matematicamente a força elétrica entre duas cargas pontuais por meio da equação abaixo:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$$

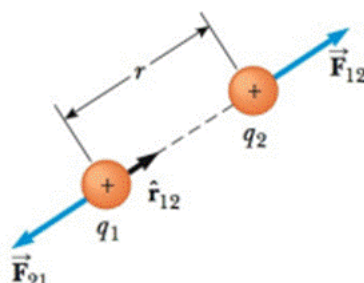
na qual $\vec{F}$ representa a força elétrica, q e Q são os valores das cargas, ϵ_0 é a constante elétrica de permissividade do vácuo e r é a distância entre as cargas. No SI (Sistema Internacional de Unidades), a força é dada em Newtons (N), a distância em metros (m), q em coulombs (C). A constante ϵ_0 vale, respectivamente:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

O vetor $\hat{r}$ é unitário e indica a distância ou separação vetorial entre a localização de q e Q .

A equação (1) é conhecida como Lei de Coulomb, na qual a força é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a carga q e Q . A figura 6 ilustra a relação entre duas cargas separadas por uma distância r e as ações das forças.

Figura 6- Força Elétrica



Fonte: Serway (2006)

Apesar desta relação ter sido proposta por Daniel Bernoulli em 1760, foi Charles Coulomb quem realizou o experimento que comprovaria a relação entre a força elétrica entre duas cargas, por meio de uma balança de torção.

4.1.2 Campo Elétrico

Para cargas pontuais $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ com distâncias $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$, de uma carga de prova Q , a força total exercida sobre Q é dada por

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 Q}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2 Q}{r_2^2} \hat{r}_2 + \frac{q_3 Q}{r_3^2} \hat{r}_3 + \dots + \frac{q_n Q}{r_n^2} \hat{r}_n \right)$$

Como a carga Q não varia, podemos reescrever

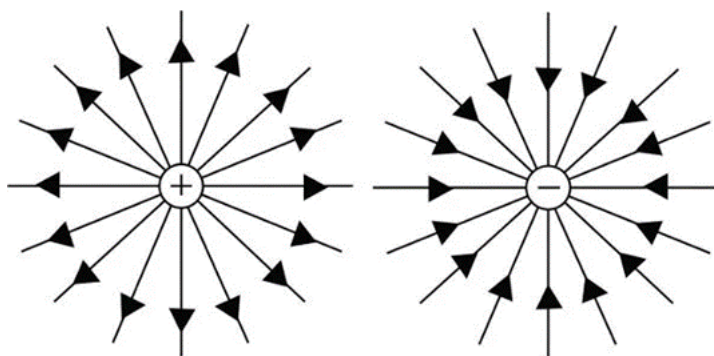
$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3 + \dots + \frac{q_n}{r_n^2} \hat{r}_n \right)$$

Ou ainda $\vec{F} = Q \vec{E}$; logo, podemos definir o vetor campo elétrico $\vec{E}$ como

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

Ou seja, o campo elétrico total em um ponto do espaço é igual à soma vetorial de todos os campos elétricos neste ponto devido a presença de cargas carregadas, respeitando o princípio da superposição. A figura 7 ilustra a forma do vetor campo elétrico gerado por uma carga puntual. É válido ressaltar que o campo elétrico independe da carga de prova, ou seja, o campo $\mathbf{E}$ não é produzido pela carga de prova e sim por uma partícula carregada, chamada de carga ou partícula-fonte (Serway, 2006, p. 685).

Figura 7- Linhas do vetor campo elétrico saindo e entrando da carga fonte



Fonte: Brasil Escola, 2019. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm>

4.1.3 Campo Elétrico: distribuição contínua de cargas

Para uma distribuição contínua de cargas, conforme mostra a figura 8, o campo elétrico $\vec{E}$ é dado por

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r^2} dq \hat{r}$$

Desta forma, é possível calcular o campo elétrico no ponto P devido a distribuição contínua de cargas, que vai ser dado pela soma vetorial das contribuições de todos os elementos de carga dq . Para uma distribuição uniforme de carga ao longo de uma área, um volume ou uma linha, é conveniente utilizar o termo densidade de carga. Para cargas uniformemente distribuídas, a carga por unidade de volume é dada por

$$\rho = \frac{dq}{dV} = \frac{q}{V},$$

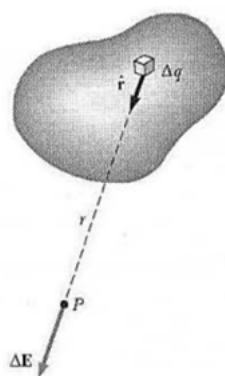
a carga por unidade de área é dada por:

$$\sigma = \frac{dq}{dA} = \frac{q}{A},$$

e a carga por unidade de comprimento é dada por:

$$\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{l}.$$

Figura 8- Campo Elétrico e distribuição contínua de cargas



Fonte: Serway (2006)

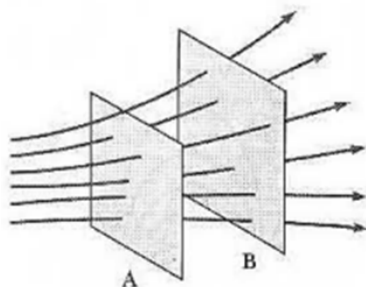
4.1.4 Linhas do Campo Elétrico

Uma maneira de ilustrar o vetor campo elétrico é por meio das linhas de campo, que obedecem aos seguintes critérios:

- b) O campo elétrico E é sempre tangente às linhas de campo;
- b) A densidade de linhas é proporcional à intensidade ou magnitude do campo. Isto faz com que E seja maior onde as linhas do campo estão mais próximas e menor onde as linhas estão mais distantes.

A figura 9 representa as linhas de campo que atravessam duas superfícies, A e B, respectivamente.

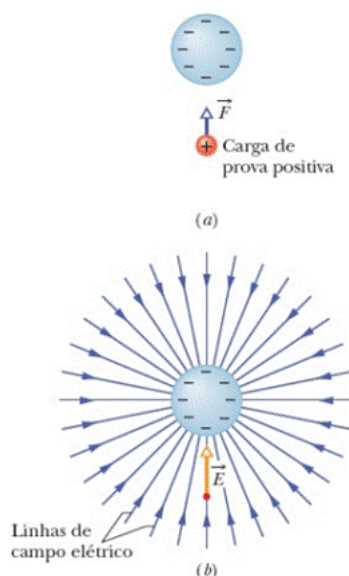
Figura 9 - Linhas de campo



Fonte: Serway (2006)

Como convencionamos que a carga de prova é positiva, as linhas de campo elétrico estão sempre na mesma direção e sentido da força sentida por essa. Dessa forma, as linhas de campo saem das cargas positivas e entram nas cargas negativas. Qualquer partícula carregada apresenta em sua vizinhança as linhas de campo elétrico. A figura 10 mostra o exemplo de uma carga de prova nas proximidades de uma esfera negativamente carregada.

Figura 10 - Carga de prova positiva se aproximando de uma esfera de distribuição de carga uniformemente negativa

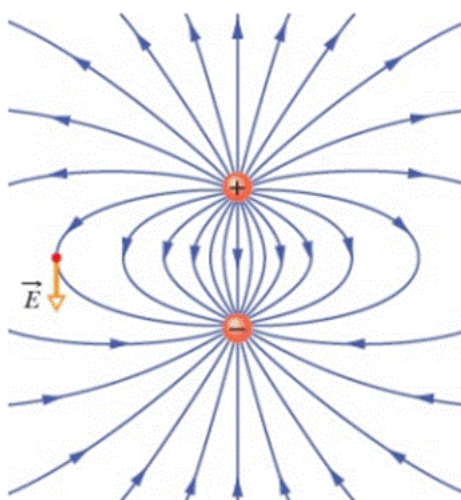


Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 78)

4.1.5 Campo elétrico produzido por um dipolo elétrico

Um dipolo elétrico é o conjunto de duas cargas de sinais opostos com mesma intensidade, módulo q e separadas por uma distância d . A figura 11 ilustra as linhas de campo em um arranjo como o dipolo elétrico, assim como o vetor campo elétrico tangente à linha de campo que passa pelo ponto.

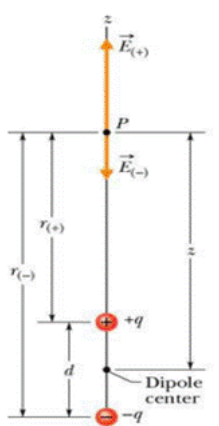
Figura 11 - Linhas de campo em um dipolo elétrico



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 85)

É possível determinar campo elétrico em um ponto P situado a uma distância z do ponto médio do centro do dipolo, conforme a figura 12.

Figura 12- Campo elétrico em um ponto P situado a uma distância z do ponto médio dentro do dipolo



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 87)

A partícula de carga positiva produz um campo no sentido positivo do eixo z , enquanto a partícula de carga negativa produz um campo no sentido negativo do eixo z . O módulo do campo elétrico no ponto P pode ser dado por

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_+ - \mathbf{E}_-$$

pois os vetores $\mathbf{E}_+$ e $\mathbf{E}_-$ têm a mesma direção. Logo, podemos encontrar o módulo total de $\mathbf{E}$ fazendo

$$\begin{aligned} E &= E_+ - E_- \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_+^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_-^2} \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z - \frac{1}{2}d)^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z + \frac{1}{2}d)^2} \end{aligned}$$

Nesse caso, o interesse está em efeitos do dipolo em pontos muito distantes das cargas do dipolo, como em $z \gg d$. Assim, podemos escrever o resultado para o campo como

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{d}{2z}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{2z}\right)^2} \right)$$

Utilizando o teorema binomial

$$(1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots (x^2 < 1)$$

Podemos escrever

$$\left[\left(1 + \frac{2d}{2z(1!)} + \dots \right) - \left(1 - \frac{2d}{2z(1!)} + \dots \right) \right]$$

Então

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left[\left(1 + \frac{d}{z} + \dots \right) - \left(1 - \frac{d}{z} + \dots \right) \right]$$

Mas como $\frac{d}{z} \ll 1$, então o módulo do campo elétrico no ponto P é dado por

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3}$$

Onde $qd = p$ é o módulo do momento dipolar elétrico $\vec{p}$, dado em coulomb-metro no SI. Dessa forma, podemos reescrever a equação (X) como

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}.$$

4.2 POTENCIAL ELÉTRICO: TRABALHO REALIZADO POR UMA FORÇA APLICADA

Suponha que uma partícula carregada é transportada na presença de um campo elétrico, por meio da aplicação de uma força externa, de um ponto inicial i para um ponto final f . Esta força realiza um trabalho W_{ap} sobre a partícula enquanto o campo elétrico também realiza um trabalho W sobre a carga. O teorema trabalho - energia cinética nos permite escrever

$$\Delta K = K - K_0 = W + W_{ap}.$$

Se a partícula estiver parada antes e depois do deslocamento ou se mover com velocidade constante, por conservação de energia, temos

$$K_i = K_f = 0$$

E, portanto

$$W_{ap} = -W$$

Assim, podemos relacionar o trabalho realizado pela força à variação da energia potencial da partícula durante o deslocamento

$$\Delta U = U_f - U_i = W_{ap}$$

E escrever uma relação entre o trabalho W_{ap} e a diferença de potencial elétrico ΔV entre as posições inicial e final da partícula:

$$W_{ap} = q\Delta V$$

4.2.1 Definição de Potencial elétrico

O potencial elétrico é definido como a energia potencial elétrica U por unidade de carga q , e independe da carga de prova. Matematicamente temos

$$V = \frac{U}{q}$$

Uma vantagem do potencial elétrico em relação à força ou campo elétrico é que ele é uma grandeza escalar. A diferença de potencial elétrico entre os pontos inicial (V_0) e final (V) é igual a diferença entre os potenciais elétricos dos dois pontos, conforme mostra a equação abaixo

$$\Delta V = V - V_0 = \frac{U}{q} - \frac{U_0}{q} = \frac{\Delta U}{q}$$

Usando o teorema trabalho - energia, onde a variação da energia cinética é nula, podemos identificar que a variação da energia potencial elétrica é igual ao negativo do trabalho realizado pela força elétrica quando a partícula carregada se desloca entre os pontos inicial e final, $\Delta U = -W$. Com isso temos

$$\Delta V = -\frac{\Delta W}{q}.$$

Se $U_0 = 0$ no infinito, então podemos escrever

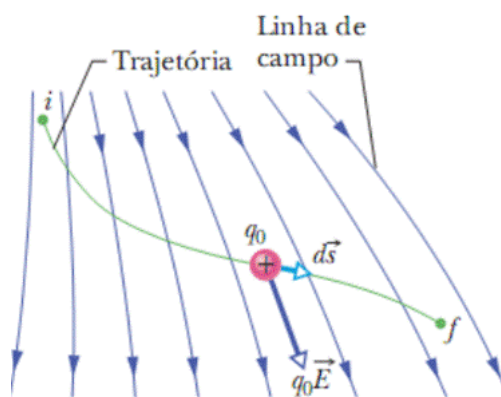
$$\Delta V = V - V_0 = -\frac{W_{\infty}}{q},$$

ou seja, o potencial elétrico em um ponto do espaço é igual ao negativo do trabalho realizado durante o deslocamento de um ponto inicial infinitamente distante até o ponto final. A unidade de medida no SI para o potencial elétrico é o volt (V).

4.2.2 Cálculo do Potencial a partir do campo

Dado um campo elétrico produzido por uma carga positivamente carregada, conforme a figura 13, pode-se obter o potencial elétrico entre dois pontos i e f situados na região do campo elétrico.

Figura 13- Cálculo do potencial a partir do campo



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

Nesse caso, a força elétrica ao longo da trajetória é dada por

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}.$$

Portanto, o trabalho infinitesimal realizado ao longo da trajetória pode ser escrito como

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Substituindo os valores de $\vec{F}$ na equação acima, obtemos

$$dW = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

Integrando ambos os lados da equação e fazendo os limites de integração do início da trajetória (ponto i) até o final do caminho (ponto f)

$$\int dW = q_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$W = q_0 \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Dividindo por q_0 , obtemos uma função que independe da carga de teste

$$\frac{W}{q_0} = \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Por definição

$$-\frac{W}{q_0} = V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Como a força eletrostática é conservativa, isto significa que, independente do caminho escolhido para ir do ponto inicial ao ponto final, o trabalho por unidade de carga é o mesmo. Se $V_i = 0$, então temos

$$V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

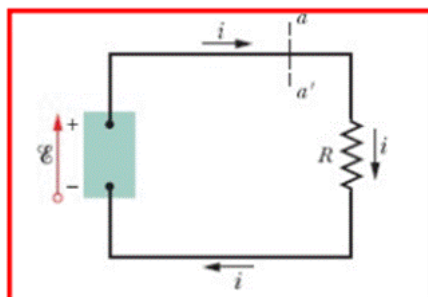
4.3 ELETRODINÂMICA

A eletrodinâmica é o ramo da Física que investiga o comportamento de cargas em movimento. A partir do estudo da interação entre cargas elétricas e correntes, por meio do formalismo Newtoniano clássico, tem-se o desenvolvimento de uma variedade de dispositivos e ferramentas tecnológicas cotidianas, como lâmpadas, chuveiros, aquecedores e diversos aparelhos eletrônicos. A interpretação do movimento, ou da dinâmica das cargas elétricas em um condutor, possibilita a compreensão dos circuitos elétricos e suas múltiplas aplicações.

4.3.1 Circuitos simples

Um circuito elétrico simples é definido como um circuito no qual uma fonte de força eletromotriz realiza trabalho sobre portadores de carga e mantém uma corrente constante i em um resistor de resistência R .

Figura 14 - Circuito simples



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

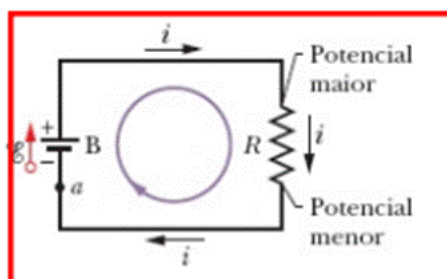
Definimos a força eletromotriz da fonte por meio do trabalho dW realizado sobre a carga pela fonte para elevar seu potencial. Em um intervalo de tempo dt , uma carga dq passa por todas as seções retas do circuito, entrando no terminal de menor potencial da fonte e saindo do terminal de maior potencial. A unidade de força eletromotriz do SI tem dimensões de joule por coulomb e é chamada de volt.

Numa fonte de tensão ideal, os portadores de carga não encontram resistência ao se deslocarem entre os terminais. Nesse caso, a diferença de potencial entre os terminais da fonte é igual a força eletromotriz dela.

4.3.2 Cálculo da corrente em um circuito de uma malha

É possível calcular a corrente em um circuito de uma malha por dois métodos: o método da energia e o método do potencial. O primeiro envolve a lei da conservação de energia e é dessa forma que vamos obter a expressão para a corrente. A figura 15 ilustra o circuito simples de uma malha.

Figura 15 - Circuito simples de uma malha



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

A taxa com a qual a resistência interna da fonte transforma energia elétrica em calor é dada por

$$P = i^2 r$$

Dessa forma, em um intervalo de tempo dt , uma energia dada por $dU = i^2 r dt$ é transformada em energia térmica no resistor. Aqui supomos que a resistência dos fios é

desprezível, logo não dissipam energia. Neste mesmo intervalo de tempo, uma carga $dq = idt$ atravessa a fonte B. O trabalho realizado pela fonte sobre a carga é, então, dado por

$$dW = Edq = Eidt$$

Ou seja, pela lei da conservação de energia, o trabalho realizado pela fonte ideal é igual à energia térmica que aparece no resistor, na forma

$$Eidt = i^2 R dt,$$

ou ainda

$$E = iR$$

Na qual a força eletromotriz E é a energia por unidade de carga transferida da fonte para as cargas que se movem no circuito e a grandeza iR é a energia por unidade de carga transferida das cargas móveis para o resistor e convertida em calor (Halliday e Resnick, 2016). Explicitando i , encontramos uma expressão para a corrente:

$$i = \frac{E}{R}$$

4.4 ELETROMAGNETISMO

O eletromagnetismo é uma área da Física que estuda a interação de cargas elétricas com campos magnéticos, tratando do estudo dos fenômenos que abordam eletricidade e magnetismo. Por meio do estudo desses tipos de fenômenos, envolvendo eletricidade e magnetismo, é possível pesquisar sobre as propriedades dos ímãs, campos magnéticos, magnetismo na matéria, campo magnético terrestre, bem como o desenvolvimento de tecnologias indispensáveis, tais como o motor elétrico, geradores de tensão, antenas de transmissão, cartões magnéticos, portas eletrônicas, entre outras diversas aplicações.

4.4.1 Campo Magnético

Podemos definir o campo magnético como uma grandeza vetorial que representa a influência magnética que surge em uma região onde existem ímãs permanentes ou cargas elétricas em movimento. O campo magnético $\vec{B}$ em um ponto no espaço é definido por um vetor que aponta na direção da força que uma carga de prova positiva experimentalmente se tivesse em movimento nesse ponto, com a intensidade do vetor $\vec{B}$ proporcional à força por unidade de carga e velocidade. Matematicamente, pode-se definir o vetor campo magnético pela lei de Biot-Savart ou pela lei de Ampère.

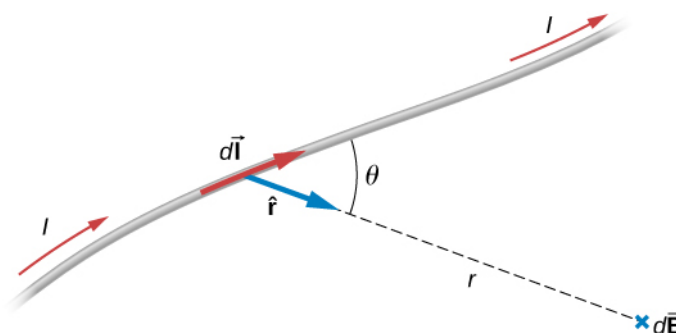
4.4.1.1 Lei de Biot-Savart

A lei de Biot-Savart descreve um campo magnético gerado por uma corrente I que percorre um fio condutor, conforme descreve a equação abaixo

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 N}{2\pi r}$$

onde μ_0 representa a permeabilidade do vácuo, $d\vec{l}$ é o elemento infinitesimal do fio, $\hat{r}$ é o vetor unitário na direção de $d\vec{l}$, que, por sua vez, representa a distância do elemento ao ponto onde está sendo calculado. Integrando sobre toda a corrente, obtemos o campo magnético total.

Figura 16 – Um elemento infinitesimal de corrente produz um campo magnético em um ponto P



Fonte: Disponível em

<https://pressbooks.online.ucf.edu/osuniversityphysics2/chapter/the-biot-savart-law/>

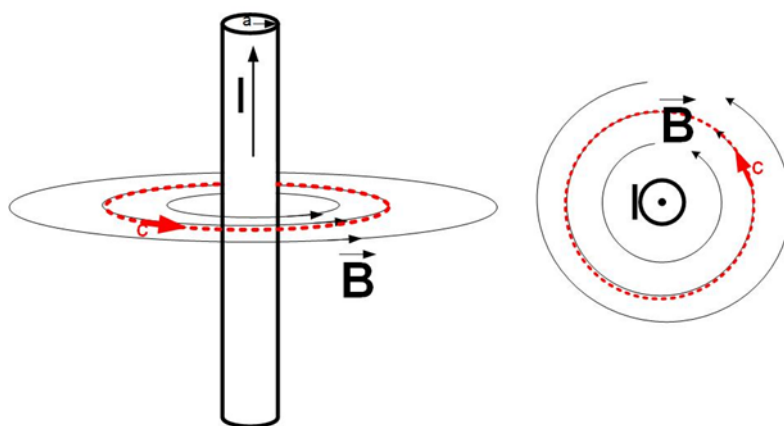
4.4.1.2 Lei de Ampère

A lei de Ampère relaciona o campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada por essa trajetória e pode ser escrita como

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc},$$

onde $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ representa a integral de linha (trajetória fechada) do campo magnético ao longo da curva fechada e I_{enc} é a corrente total que atravessa a superfície delimitada pela curva.

Figura 17 – Campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada



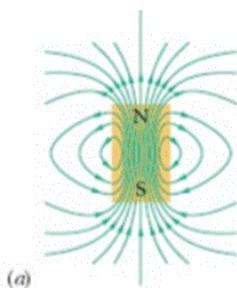
Fonte: Disponível em

<https://ximera.osu.edu/electromagnetics/electromagnetics/magnetostatics/digInAmpereLaw>

4.4.2 Linhas de campo magnético

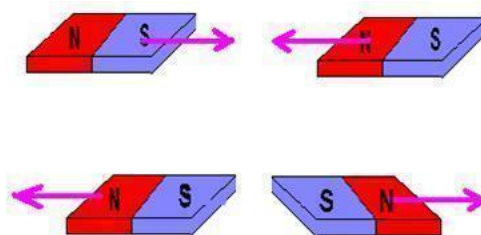
Assim como o campo elétrico, o campo magnético pode ser representado por linhas de campo. As regras para a representação das linhas de campo magnético são as mesmas vistas anteriormente para as linhas de campo elétrico, ou seja, quanto mais intenso o campo magnético, mais próximas estão as linhas; e a direção da tangente a uma linha do campo magnético em qualquer ponto fornece a direção do campo magnético nesse ponto. A figura 18 ilustra um ímã e as linhas de campo que entram e saem pelos pólos. Os pólos magnéticos de diferentes tipos se atraem e pólos iguais acabam se repelindo, conforme mostra a figura 19.

Figura 18 - Representação das linhas de campo em dois pólos



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

Figura 19 - Polos magnéticos



Fonte: <http://sala23a.files.wordpress.com/2009/12/magnet2.gif>

As linhas de campo magnético apresentam propriedades fundamentais, como a origem e término dessas linhas. As linhas de campo magnético são contínuas e formam “loops” fechados, não tendo início ou fim, diferentemente das linhas de campo elétrico, que podem começar e terminar em cargas elétricas. A direção das linhas de campo magnético é definida pela orientação que uma bússola tomaria se colocada no campo, emergindo dos polos norte de um ímã e retornando ao polo sul, formando um padrão fechado. A densidade das linhas de campo magnético é proporcional à intensidade do campo magnético, sendo que em regiões

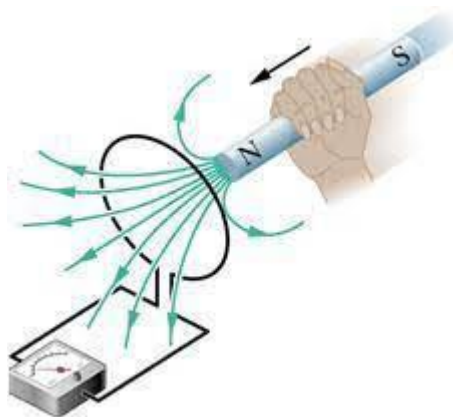
onde as linhas estão mais próximas o campo magnético será mais forte, enquanto regiões com as linhas mais afastadas indicam um campo mais fraco.

Além disso, as linhas de campo magnético não se cruzam. Alguns materiais, como o ferro, o cobalto e o níquel podem distorcer as linhas de campo, alterando o padrão das linhas. Isto, porém, não ocorre com materiais chamados de paramagnéticos e diamagnéticos, que causam efeitos mais sutis. A visualização das linhas de campo magnético, ainda que de maneira simplificada, pode ser uma ferramenta útil no ensino, para a aplicação e compreensão de fenômenos regidos pelo magnetismo.

4.4.3 Indução

Uma maneira de gerar campo elétrico é por meio da variação de fluxo magnético. Isto significa que a variação de um campo magnético induz um campo elétrico e este, por sua vez, produz corrente elétrica. Considere a figura 20, na qual um ímã é aproximado de um material condutor em forma de espira, ligado a um amperímetro.

Figura 20 – Amperímetro ligado a uma espira indica a passagem de corrente elétrica devido ao movimento do ímã



Fonte: <https://loos.paginas.ufsc.br/files/2014/12/FGE3-Aula-Teórica-18.pdf>

Ao aproximar uma barra em forma de ímã do material condutor em formato de espira, o amperímetro revela a existência de corrente elétrica no circuito. Contudo, não há nenhuma fonte de tensão ligada ao circuito. Afastando o ímã da espira, a corrente volta a aparecer, mas dessa vez no sentido contrário. De acordo com Halliday (2016, p. 248), podemos concluir algumas observações deste experimento: a) a corrente é observada apenas se existe um movimento relativo entre o ímã e a espira; b) quanto mais rápido é o movimento, maior é a

corrente; c) ao aproximar o pólo norte do ímã em relação a espira, a corrente apresenta um sentido horário, mas quando se afasta o ímã da espira, a corrente tem sentido anti-horário. Invertendo o processo, ou seja, aproximando o pólo sul do ímã em relação à espira, a corrente apresenta sentido anti-horário, e ao afastar a espira do pólo sul do ímã, a corrente tem o sentido horário.

A corrente, produzida na espira por meio da aproximação do ímã é chamada de corrente induzida. Isto ocorre devido à variação de fluxo magnético, que induz um campo elétrico no circuito, capaz de gerar esta corrente induzida. Quando isto ocorre, o trabalho por unidade carga para deslocar os elétrons é chamado de força eletromotriz induzida. Este processo é denominado de indução.

4.4.3.1 Lei de Faraday

Michael Faraday (1791- 1867) percebeu a relação entre a taxa de variação das linhas de campo magnético e a força eletromotriz produzida. Dessa forma, ao saber o fluxo magnético que atravessa uma espira condutora, pode-se calcular a força eletromotriz induzida. A definição de fluxo magnético é dada por

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}.$$

Em que Φ_B representa o fluxo magnético que percorre uma região de área $\vec{A}$, submetida a um campo magnético $\vec{B}$. Segundo Halliday (2010, p. 570) a unidade de fluxo magnético é o tesla-metro quadrado, que recebe o nome de weber (Wb):

$$1 \text{ weber} = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

A partir da definição de fluxo magnético, a lei de Faraday pode ser enunciada da seguinte forma: o módulo da força eletromotriz $\mathcal{E}$ induzida em uma espira condutora é igual a taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira. Matematicamente, a lei de Faraday pode ser descrita como

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

O sinal negativo da equação acima indica que a força eletromotriz induzida se opõe à variação do fluxo magnético.

Para o caso de uma bobina de N espiras, se ocorre uma variação no fluxo magnético que percorre as espiras, uma força eletromotriz é induzida em cada uma das espiras, sendo seu valor total a soma de todas as forças eletromotrizes. No caso de um enrolamento compacto, o fluxo magnético que atravessa todas as espiras será o mesmo e a força eletromotriz é dada por

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

4.4.3.2 Lei de Lenz

Para determinar o sentido da corrente induzida em uma espira, utilizamos a lei de Lenz, que pode ser descrita conforme Halliday (2010, p. 573): “a corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido *pela corrente* se opõe ao campo magnético que induz a corrente.” Isto significa que a corrente produzida devido à variação do campo magnético, por meio do processo de indução, gera um campo magnético que se opõe ao sentido do campo magnético original. Matematicamente, temos exatamente a mesma equação utilizada para descrever a lei de Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Como dito anteriormente, o sinal negativo representa a oposição da taxa de variação do fluxo magnético em relação ao tempo, produzido pela corrente induzida. A força eletromotriz se opõe a variação do fluxo magnético. A figura 21 mostra essa relação

Figura 21 – Experimento ilustrativo da lei de Lenz



Fonte: Halliday, David.

Ao aproximar o ímã da espira, a corrente induzida gera um campo magnético que apresenta um momento dipolar magnético $\vec{\mu}$ que se opõe ao sentido do movimento do ímã. Logo, a corrente induzida tem o sentido anti-horário. A corrente induzida gera esse campo magnético que se opõe a taxa de variação do campo magnético original.

5. METODOLOGIA

Esse trabalho consiste na produção de uma UEPS que integra conceitos de Física com discussões sobre racismo na Ciência, desconstrução do estereótipo de cientista, entre outros aspectos.

A proposta conta com materiais de ensino diversificados, tendo como elemento motivador e organizador prévio o filme *O menino que descobriu o vento* (2019). A obra é baseada na história real de William Kamkwamba, um jovem de Malawi, no sudeste africano, cuja região sofre com severas secas que comprometem a produção agrícola. Sem condições financeiras de frequentar a escola, William recorreu à biblioteca local, onde encontrou livros sobre eletromagnetismo e engenharia. Autodidata, construiu um gerador de energia eólica para alimentar uma bomba d'água subterrânea, solucionando o problema de irrigação de sua comunidade. O filme, além de introduzir conceitos físicos relacionados à geração de energia elétrica, evidencia o poder transformador da educação na vida de um povoado inteiro.

Na sequência, a discussão sobre representatividade na Ciência foi aprofundada a partir da leitura de três artigos:

- *A invisibilidade da mulher negra na Ciência: uma análise a partir de livros didáticos de Ciência e Biologia*, de Ana Caroline de Oliveira Pereira e Marcelo Alberto Elias, publicado na **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 3, 2021;
- *Descolonização da política curricular monocultural e monorracista da formação de professores na área de ciências da natureza: rumo ao currículo e educação antirracista*, de Carlos Luis Pereira e Marcia Regina Santana Pereira, publicado em **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020;
- *Reflexões sobre a inclusão dos professores negros na Física*, de Artur Batista Vilar e Maria da Conceição Barbosa-Lima, publicado como capítulo do livro **Do Campo à Cidade: Propostas para uma Educação Inclusiva**, 2022.

A partir da análise desses textos, os estudantes produziram uma redação individual, utilizada como instrumento de avaliação.

Os conceitos de Física relacionados à geração de energia elétrica foram desenvolvidos em aulas expositivas e dialogadas, com apoio de slides e exercícios impressos. Ao final, os alunos realizaram uma avaliação escrita individual sobre os conteúdos trabalhados.

Na etapa seguinte, buscando integrar teoria e prática, os estudantes pesquisaram sobre diferentes fontes de energia e construíram maquetes com mini geradores de eletricidade.

De forma sintética, a UEPS pode ser dividida em três partes, conforme ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Resumo das Atividades desenvolvidas

Parte	Quantidade de Aulas	Descrição
1ª	05	Apresentar o tema da dissertação e o objetivo do trabalho realizado; Assistir ao filme “O menino que descobriu o vento”.
	01	Roda de Conversa sobre o Filme
	02	Leitura de Artigos
	01	Avaliação
2ª	03	Aula expositiva dialogada sobre Lei de Coulomb;
	03	Aula expositiva dialogada sobre carga, campo e força;
	03	Aula expositiva dialogada sobre corrente elétrica e diferença de potencial;
	03	Aula expositiva dialogada sobre campo magnético;
	03	Aula expositiva dialogada sobre fluxo magnético;
	01	Avaliação individual
3ª	05	Pesquisa e discussão sobre fontes de energia
	05	Confecção das maquetes
	01	Avaliação
Total	36	

6. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

6.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO

O produto educacional desenvolvido neste trabalho foi aplicado em uma escola da rede pública estadual de educação do Estado de Santa Catarina, na Escola de Educação Básica Manoel Cruz. Localizada em área urbana da cidade de São Joaquim/SC, a escola oferta vagas de ensino desde a primeira série do ensino fundamental até o terceiro ano do ensino médio, em três turnos de ensino. No ensino médio havia aproximadamente 247 (duzentos e quarenta e sete) estudantes no ano de 2024, sendo três turmas concluintes (3ºs anos). A escola possui boa infraestrutura, todas as salas de aula do ensino médio possuem lousa digital, há laboratório de informática, laboratório maker, laboratório de ciências da natureza e sala de convivência. Os laboratórios foram de grande utilidade para a aplicação do produto educacional. As aulas de física ocorrem em dois períodos de 45 (quarenta e cinco) minutos na semana.

A UEPS foi aplicada em uma turma do 3º ano do ensino médio, do período matutino. A turma contava com 20 (vinte) alunos matriculados e todos frequentando. A aplicação teve início no final do mês de outubro e término em dezembro de 2024.

Destaca-se que devido à complexidade e extensão do trabalho proposto, foi solicitado aos professores de outros componentes curriculares que cedessem algumas aulas para ser possível o encerramento deste trabalho.

6.2 PARTE 1 – A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS. GERAÇÃO DE ENERGIA

No primeiro encontro com a turma, o projeto foi apresentado aos estudantes, explicando-lhes do que se tratava e quais os objetivos do presente trabalho. Após a apresentação, foi realizada uma roda de conversa, na qual os estudantes relataram suas ideias prévias em relação aos temas propostos: *geração de energia e falta de representatividade negra na ciência*. A figura 22 ilustra esse primeiro encontro.

Figura 22- Apresentação do projeto



Fonte: autor

Após a roda de conversa, passamos para a exibição do filme “*O Menino que Descobriu o Vento*”. Os estudantes puderam assistir o filme com um olhar mais crítico, uma vez que eles sabiam a temática do projeto. As Figuras 23 e 24 ilustram esse momento.

Figuras 23 e 24 - apresentação do filme



Fonte: autor

Ao final da exibição do filme, os estudantes tiveram um tempo para anotar os conceitos de Física e os problemas sociais que conseguiram identificar. Em seguida, cada um pôde relatar suas observações, atividade que teve como objetivo levantar os subsunçores dos estudantes. Esse momento pode ser visto na Figura 25.

Ainda nesse primeiro momento, com a finalidade de reconhecer o racismo presente na história da ciência, os alunos foram organizados em grupos. Cada grupo recebeu um artigo científico para leitura, elaboração de anotações e ponderações, que posteriormente foram apresentadas e discutidas em diálogo coletivo com os demais colegas.

Os artigos científicos utilizados podem ser acessados através do link: [ARTIGOS](#).

Figura – 25 – Leitura dos Artigos Científicos



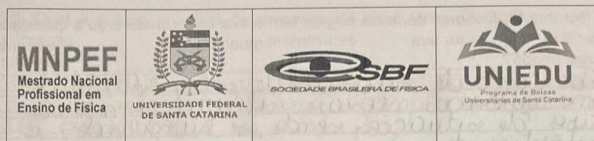
Ao final deste primeiro momento ocorreu a avaliação desta primeira etapa, onde os estudantes elaboraram um texto relacionando os assuntos tratados (física, preconceito, falta de representatividade negra na ciência). A Figura 26 ilustra o texto de um dos estudantes.

*Figura 26 – Texto elaborado por um estudante abordando os assuntos tratados
(racismo na ciência)*

A inclusão de professores negros na
 área de física é um tema relevante no
 debate sobre igualdade e representati-
 vidade na educação em um país como o
 Brasil, com uma população majorita-
 riamente negra, a presença desses pro-
 fissionais em disciplinas científicas é
 fundamental para a democratização
 do conhecimento e para a promoção
 de uma educação mais diversificada.
 No entanto, a física, assim como outras
 ciências exatas, ainda é marcada
 por uma predominância de profes-
 sores brancos. A falta de representati-
 vidade afeta diretamente a percepção
 de alunos negros, que muitas das vezes
 não encontram referência em sua área
 de estudos. Isso perpetua um ciclo de
 exclusão, no qual as barreiras de acesso
 à educação de qualidade e o racismo
 estrutural limitam as oportunidades de
 ascensão profissional para negros nessa
 área.
 A presença de professores negros na físi-
 ca é essencial para inspirar novas ge-
 rações e diversificar o campo
 do conhecimento. Eles não só trazem novas
 perspectivas e vivências para a sala de
 aula, mas também contribuem para
 a quebra de estereótipos que associam
 a ciência a um grupo restrito de perso-
 as.

Além da confecção do texto, os estudantes responderam um questionário acerca dos artigos lidos, apresentados e dialogados. A Figura 27 ilustra um dos questionários respondidos.

Figura – 27 – Respostas da estudante ao questionário aplicado



PRODUTO EDUCACIONAL PARTE 1

QUESTIONÁRIO SOBRE OS ARTIGOS ESTUDADOS:
A INVISIBILIDADE DA MULHER NEGRA NA CIÊNCIA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIA E BIOLOGIA;

REFLEXÕES SOBRE A INCLUSÃO DE PROFESSORES NEGROS NA FÍSICA;

DESCOLONIZAÇÃO DA POLÍTICA CURRICULAR MONOCULTURAL E MONORRACISTA DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA RUMO AO CURRÍCULO E EDUCAÇÃO ANTIRRACISTA.

ESTUDANTE: Rafael B. de Lima

1 Para que é essencial a presença de professores negros na física?

Para unir forças e quebrar a barreira que pessoas brancas criaram diante as pessoas negras, dando-lhes que assim, todos tenham a oportunidade de ensinar e também de aprender, anulando esse "exclusão" de pessoas negras em sua vida social e profissional.

2 Cite cinco fatores que podem ao mesmo tempo incentivar ou desestimular a formação de físicos e astrônomos negros.

Julgamentos, racismo, exclusão social, ~~exclusão~~, ataque verbal e talvez físico.

Todos esses fatores podem causar a desmotivação ao corpo, ou melhor, por a melhorar cada dia mais, segundo firme em seu

3 Como pessoas negras na física influenciam no futuro de outras pessoas?

Trazendo conhecimento tanto na física quanto no seu trajeto de vida, motivando-os a não desistirem por mais difícil que seja, e serem pessoas melhores e também com suas evoluções na física que ajudam a todos.

Exatidão

4 Por que Professores de física negros tem a sua capacidade e/ou a qualidade da sua atuação docente questionada?

Por conta de sua cor de pele, há muitos anos pessoas negras sofrem com esse tipo de situação, sendo humilhadas e questionadas.

5 Qual dos maiores motivos da desistência de jovens negros na faculdade?

Pelo falta de apoio, pelo descriminação de alunos e professores apenas pelo seu cor ou raço, desmotivação e influência a desistir.

6. Quais são os desafios específicos por mulheres negras na ciência em comparação com mulheres brancas ou homens negros?

As mulheres negras nunca são escolhidas para algum projeto científico, a mulher branco sempre estará "acima" por mais que seu projeto no exterior tão bom assim.

7. Qual o principal motivo das mulheres negras terem pouca visibilidade no ramo das ciências?

A) Questões geográficas
B) Altas taxas de empregabilidade
☒ C) Questões históricas e raciais
D) Questões religiosas e culturais

8. Algumas mulheres se destacaram quando o homem foi à lua. Qual foi a instituição que se destacaram?

A) ONU
☒ B) Nasa
C) URSS
D) SpaceX

9. Qual é a importância da educação na sociedade e no desenvolvimento individual?

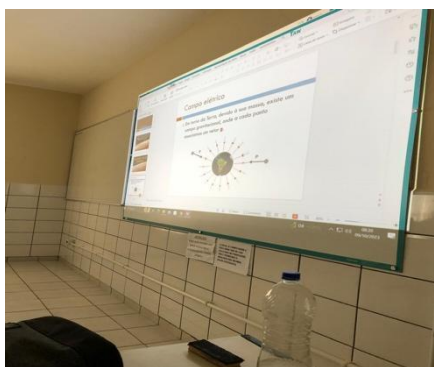
*É importante para auxiliar à todos no dia a dia e no vida.
Por isso muitas coisas que serão essenciais em nossas vidas, além de nos desenvolver para viver em sociedade.*

6.3 PARTE 2 – UNIDADES TEMÁTICAS DE FÍSICA - GERAÇÃO DE ENERGIA

Neste segundo momento se trabalhou especificamente os conteúdos de física visados neste produto educacional (Lei de Coulomb; Carga, campo e força; Corrente e DDP; Campo magnético; Fluxo magnético).

Para trabalhar os conteúdos de Física utilizou-se de aulas expositivas e dialogadas com auxílio de slides (disponível em: [SLIDE](#)) e material impresso elaborado por mim que pode ser acessado em: [TEXTOS](#). A Figura 28 ilustra esse momento.

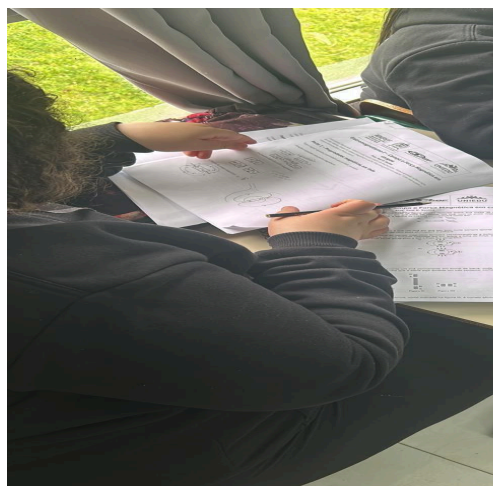
Figura 28 – modelo de slide utilizado



O primeiro tema a ser estudado foi *Eletromagnetismo – Campo e Força Magnética em Cargas* ([Texto1](#)). Os conceitos aqui apresentados fazem parte do nosso cotidiano, pois estão ligados a geração de energia. Desta forma, espera-se que os estudantes, após a explicação e resolução de exercícios desta unidade temática, consigam perceber a importância e a relevância deste tema, bem como tenham conhecimento da aplicação desse objeto de conhecimento à vida prática.

Após a explicação, os estudantes realizaram exercícios ([Texto2](#)) a fim de colocar em prática os conceitos estudados. A resolução destes exercícios têm o intuito de consolidar os conceitos e equações, relacionando com a vida cotidiana. A Figura 29 ilustra esse momento.

Figura 29 – estudante resolvendo a atividade



A próxima aula (Figura 30) expositiva e dialogada foi sobre *Fluxo Magnético – força em fios e indução eletromagnética*, o qual aborda o comportamento do campo magnético quando exposto a uma corrente elétrica.

Figura 30 – Professor ministrando a aula sobre Fluxo Magnético



A aula ocorreu por meio de material impresso fornecido aos estudantes e elaborado pelo mestrando ([Texto3](#)) . De maneira similar ao tópico anterior, aqui também se realizou a resolução de questões práticas, no mesmo intuito de aliar teoria e prática e identificar a física no dia a dia e na facilitação da vida humana ([Texto4](#)).

Ressalta-se que todas as questões das duas unidades expostas foram corrigidas em sala de aula juntamente com os estudantes, visando que eles pudessem identificar seus erros e acertos, além disso sanar possíveis dúvidas. A Figura 31 ilustra um momento de correção das questões.

Figura 31 – Professor corrigindo as atividades propostas



6.4 PARTE 3 – GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

Este momento teve como objetivo reforçar a ideia da importância da física em nosso cotidiano, propiciando aos estudantes a percepção da física ao nosso redor e na nossa vida.

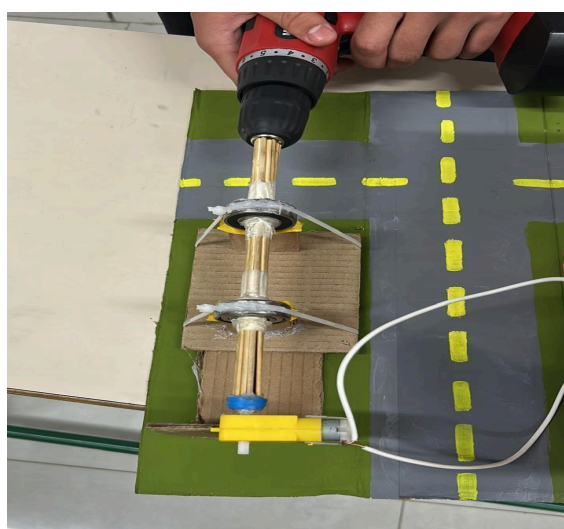
Inicialmente, os estudantes elaboraram uma pesquisa, no laboratório de informática da escola, sobre a geração e distribuição de energia em Santa Catarina.

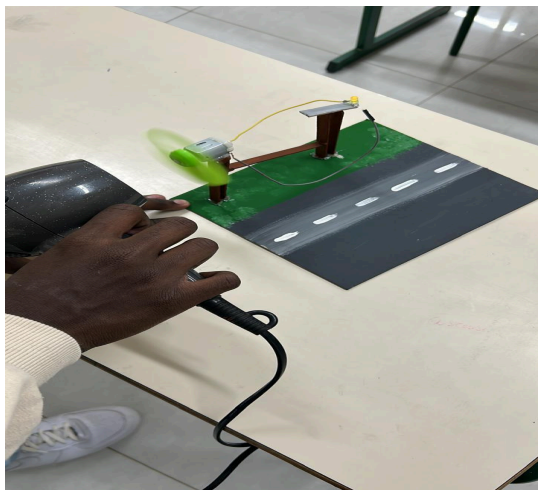
Estava planejada uma viagem às cidades de Bom Jardim da Serra e Lages, a fim de visitar as usinas geradoras de energias presentes nessas cidades. Infelizmente, essa viagem não pôde ser realizada por motivos financeiros.

Por fim, os estudantes criaram maquetes simulando geradores de energia, com o objetivo de visualizar todos os conceitos abordados no momento 2. As maquetes criadas

foram apresentadas às demais turmas da escola. Essa apresentação está ilustrada nas Figuras 32.

Figura 32 – trabalhos de simuladores de energia criados pelos estudantes





6.5 PARTE 4 – AVALIAÇÃO

As avaliações foram realizadas ao longo de todo o trabalho, através das rodas de conversa, apresentação dos artigos lidos, produção textual, resolução de exercícios e confecção das maquetes. Uma última avaliação estava programada, compilando todas as unidades temáticas abordadas desde o primeiro momento. Infelizmente, não tive tempo de aplicar essa avaliação.

Ressalta-se que os diferentes formatos de avaliação abrangeram diversas competências, permitindo que cada estudante se expressasse da melhor forma.

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo vamos discutir os resultados obtidos com a aplicação do Produto Educacional.

No início da aplicação do Produto, os estudantes se mostraram receptivos e empolgados com o trabalho. Após a exibição do filme, a roda de conversa serviu para estimular o pensamento reflexivo dos alunos, o debate coletivo e a valorização da criatividade, da resiliência e do conhecimento científico como instrumentos de transformação social.

Como pontos de reflexão, durante a roda de conversa, os estudantes levantaram os seguintes aspectos: a persistência diante das dificuldades, a importância da educação pública de qualidade, a criatividade e o conhecimento científico como ferramenta de sobrevivência.

O próximo encontro foi iniciado com um questionamento sobre a temática desse trabalho : “A invisibilidade dos cientistas negros”; com o intuito de promover a reflexão crítica sobre o apagamento histórico de cientistas negros, discutir os impactos do racismo estrutural na ciência e valorizar as contribuições de cientistas negros e negras ao longo da história. A atividade também buscou ampliar a representatividade no campo científico e estimular os participantes a reconhecerem e questionarem as desigualdades presentes na produção e divulgação do conhecimento.

A maioria dos estudantes relatou que nunca ouviram falar de cientistas negros, que nunca os viram estampados em livros didáticos, por exemplo. Feita esta introdução os estudantes foram divididos em grupos para a leitura de artigos científicos acerca do tema debatido. Os estudantes se mostraram engajados na leitura e discussão dos artigos com os membros do seu grupo. O próximo passo foi o compartilhamento das informações que cada grupo extraiu dos artigos. No primeiro artigo (*A invisibilidade da mulher negra na Ciência: uma análise a partir de livros didáticos de Ciência e Biologia,*) levantou-se a questão da invisibilização da mulher negra nos livros didáticos, seja pela questão de gênero ou pela questão de raça. No segundo artigo (*Descolonização da política curricular monocultural e monorracista da formação de professores na área de ciências da natureza: rumo ao currículo e educação antirracista*) os estudantes identificaram as visões eurocêntricas de mundo, sem a versão dos negros e indígenas. Por fim, o terceiro artigo científico (*Reflexões sobre a inclusão dos professores negros na Física.*) os estudantes conversaram sobre a falta de

representatividade, o racismo estrutural e a importância de políticas públicas para o acesso igualitário à educação.

Após a apresentação dos estudantes sobre os artigos lidos, foi aplicada uma avaliação que consiste em um questionário com quatorze perguntas. Dezoito estudantes responderam a avaliação.

Na questão número um *“Para que é essencial a presença de professores negros na física?”*, os estudantes trouxeram os seguintes pontos: importância da diversidade, representatividade, inclusão, destruição de preconceitos, eliminação do etnocentrismo, para mostrar que todos são iguais.

A questão número dois era *“Cite cinco fatores que podem ao mesmo tempo incentivar ou desestimular a formação de físicos e astrônomos negros”*. Em síntese, as respostas foram: i) como desestímulo: preconceito, baixa renda, falta de incentivo à pesquisa, racismo estrutural, desigualdade social, discriminação, falta de oportunidades; ii) como incentivo: descolonização da política, reconhecimento, apoio familiar, inclusão e diversidade, respeito e cotas raciais.

A questão número três perguntava *“Como pessoas negras na física influenciam no futuro de outras pessoas?”*, e as seguintes respostas surgiram: incentivar os negros a seguir seus sonhos, influenciar no aprendizado, representatividade, luta contra estereótipos racistas, não ter medo e insegurança. Dentre todas as respostas a que segue me sensibilizou: *“influenciam, usando sua própria luta contra o sistema, como motivação para não desistirem”*. O estudante que respondeu é preto retinto, e a sua resposta nos faz (re)pensar as lutas diárias enfrentadas pelos negros para que possam ser reconhecidos e ocupem lugar de destaque, o que demonstra a importância de discussão de temas como o do presente trabalho em nossa sociedade.

A questão número quatro dizia *“Por que professores de física negros têm a sua capacidade e/ou a qualidade da sua atuação docente questionada?”*. Para essa pergunta os estudantes responderam: o preconceito faz com que as pessoas duvidem do seu trabalho, acreditar que os negros têm intelecto inferior, dizer que os negros não têm capacidade, em virtude do racismo enraizado na sociedade, ausência de representatividade. Aqui duas respostas chamam bastante atenção, vejamos: *“por conta do racismo, apenas pela sua aparência e outros fatores, pessoas negras tem seu QI e sua capacidade de atuar questionada, e muitos desistem de seguir em frente”*, a outra diz: *“por causa do preconceito as pessoas acreditam que a cor da pele, o cabelo e a aparência de uma pessoa define a sua*

capacidade como docente”. Novamente, respostas como estas nos fazem perceber a importância da temática proposta, para uma educação anticolonialista.

A questão número cinco “*Qual dos maiores motivos da desistência de jovens negros na faculdade?*” teve como resposta: preconceito, falta de incentivo, falta de motivação, falta de acesso, ausência de representatividade, escolher entre trabalho ou estudo, racismo, falta de condições financeiras.

Na questão número seis “*Quais são os desafios específicos por mulheres negras na ciência em comparação com mulheres brancas ou homens negros?*” os estudantes responderam: machismo, desafios, pensar que elas não são capazes, mulheres negras são praticamente invisíveis na sociedade, não possuem a mesma oportunidades que os homens ou que mulheres brancas, terem sua capacidade intelectual questionada, enfrentamento de injustiças, mulheres já sofrem para demonstrar sua capacidade a mulher negra sofre o triplo.

As questões 7 (sete) e 8 (oito) são optativas, vejamos:

“7. *Qual o principal motivo das mulheres negras terem pouca visibilidade no ramo das ciências?*

- a) *Questões geográficas*
- b) *Altas taxas de empregabilidade*
- c) *Questões históricas e raciais*
- d) *questões religiosas e culturais.*

Dos dezoito estudantes que responderam a avaliação todos assinalaram como correta a alternativa “c”, que de fato é a correta.

“8. *Algumas mulheres se destacaram quando o homem foi à lua. Qual foi a instituição na qual se destacaram?*

- a) *ONU*
- b) *Nasa*
- c) *URSS*
- d) *SpaceX*

Nesta dezessete estudantes assinalaram a opção correta, alternativa B, e apenas um marcou como certa a opção a.

A questão nove perguntava “*Qual a importância da educação na sociedade e no desenvolvimento individual?*”. Em síntese, as respostas foram: a educação renova, distribuição de conhecimento, desconstrução de preconceito, gerar futuro promissor, evoluir,

desenvolvimento pessoal, abrir possibilidades de crescimento pessoal, formar pensamento crítico.

Na questão número dez se perguntou “*Qual é o foco principal do processo de descolonização do currículo na formação de professores de ciências naturais?*” Nesta questão os estudantes apresentaram dificuldades para responder, alguns deixaram em branco, outros responderam de forma errônea, mas alguns compreenderam o sentido da pergunta e dissertaram: quebrar preconceitos, extinguir o pensamento de que pessoas negras não têm capacidade e assim reconhecer os trabalhos acadêmicos desenvolvidos por elas, fazer com que todas as pessoas tenham os mesmos direitos, conceder oportunidades, reconhecer a diversidade do mundo.

Na questão onze “*De que forma o currículo reflete a ideologia dominante e a supremacia branca?*”, as respostas retornaram: falta de referência de pessoas negras, consequências da escravidão, padrões, desigualdades, reflete como o preconceito racial está enraizado na sociedade.

Na questão de número doze o questionamento era “*Por que a inclusão de pensadores negros e conhecimentos de matriz africana é considerada essencial na formação docente no Brasil?*”. As respostas foram: emponderamento, evolução, inclusão de pessoas negras, mudanças de pensamentos racistas, a inclusão de pensadores negros demonstra superação, diversidade cultural do Brasil sem exclusão, abolir preconceitos raciais, representatividade e educação antirracista.

Na questão treze “*Como o conceito de racismo epistêmico é apresentado no contexto do ensino de ciências da natureza?*” os estudantes relataram: falta de referência em livros didáticos, originado da colonização época em que os negros não podiam atuar em atividades acadêmicas, algo enraizado de anos atrás e que se colhe até a atualidade, falta de pensadores negros, preconceito, racismo internalizado, inicialmente o tratamento diferenciado entre brancos e negros depois a falta de assistência aos negros.

Por fim, a última questão era “*Qual é a crítica principal à hegemonia branca no ensino das ciências da natureza no Brasil?*” Extraíu-se como resposta: falta de ensino de matriz africana nas ciências da natureza, falta de acesso a trabalhos de pessoas negras, brancos possuem mais oportunidades, falta de incentivo por parte da sociedade, falta de inclusão, a desvalorização por isso você dificilmente encontra uma pessoa negra na ciência, a falta de professores negros e como a sua formação vem sendo questionada, os negros foram menosprezados e retidos de direitos humanos isso gerou a falta de pensadores negros,

desigualdade de oportunidades, desvalorização de pessoas negras, superestimulação de pessoas brancas.

Com a aplicação deste questionário se mostrou possível perceber que os estudantes já possuíam algum conhecimento prévio acerca das dificuldades e obstáculos vivenciados pelos negros, bem como nota-se que com as aulas puderam ampliar o seu conhecimento sobre o assunto.

Ademais, é notório que muitos daqueles estudantes sentem na pele o preconceito, o racismo e a diferença de oportunidades.

Com esta avaliação encerra-se a primeira etapa do presente trabalho - “A Invisibilidade de Cientistas Negros” - e passa-se para a segunda etapa na qual se trabalha a Física propriamente dita.

A segunda etapa consistiu, basicamente, de aulas expositivas e dialogadas acerca dos assuntos do componente curricular de física abordados neste trabalho.

A fim de não deixar os encontros cansativos, sempre buscava-se partir de situações cotidianas com relação ao tópico trabalhado, bem como utilizar, além dos recursos mais tradicionais (material impresso) recursos tecnológicos, como a lousa digital.

Durante a explicação dos conteúdos buscava-se sempre a participação ativa da turma por meio de perguntas, exemplos, debates e comentários, havendo uma constante interação entre professor e aluno, na expectativa de deixar o momento mais dinâmico o possível. Com isso pretendia-se estimular o pensamento crítico dos estudantes, dar voz à eles para que se engajassem nas aulas e fossem integrantes da construção coletiva do conhecimento e não meros espectadores/recebedores de informação.

Pode-se afirmar, de modo geral, que a turma participou ativamente das aulas ministradas, pois questionavam frequentemente, demonstravam curiosidade e interesse, traziam relação entre o conteúdo e as experiências pessoais.

Em relação aos exercícios propostos, observou-se que os estudantes tinham grande dificuldade na parte de desenvolvimento dos cálculos, sendo muitas vezes auxiliados por mim e pelo professor titular. Porém, mesmo diante das dificuldades conseguiram realizar, com auxílio, os exercícios propostos. Os resultados a seguir são referentes às respostas do documento [exercício 1](#), que conta com 17 questões de múltipla escolha ou dissertativa.

A primeira pergunta era de múltipla escolha e o estudante tinha que identificar, através de alguns desenhos que foram disponibilizados, qual lado de uma agulha magnética iria ser atraída por um ímã em formato de barra. A Tabela 1 mostra as respostas para a questão 1. A

resposta correta era letra **B**, que mostra o polo sul da agulha sendo atraído pelo pólo norte do imã. Percebe-se que seis estudantes responderam de forma errada, considerando que o polo norte da agulha seria atraído pelo polo norte do imã.

Tabela 1 – Resultado da questão 1 do exercício sobre campo e força magnética

A	B	C	D	E
6	9	0	0	0

A segunda pergunta é dissertativa e tem como enunciado “*A agulha de uma bússola nada mais é que um imã em que seu polo norte sempre aponta para o norte magnético da Terra*”. *Você concorda com essa afirmação? Justifique.* Nesta questão um estudante deixou em branco (não respondeu), um respondeu “*sim, pois na terra tem como um imã na terra*” e outro colocou que a afirmação estava correta, porém afirmou que a bússola aponta para o centro da Terra. Os demais estudantes (doze) responderam de forma correta, afirmando que não, pois o norte da bússola aponta para o sul magnético da Terra.

As questões que seguem são optativas, de maneira que as respostas dadas pelos estudantes seguem na tabela a seguir, a qual contém o número da questão e quantos estudantes responderam cada alternativa:

Tabela 2 – Resultado das questões 3 a 6 do exercício sobre campo e força magnética

3 – gabarito alternativa E				
A	B	C	D	E
2	0	4	2	7
4 – gabarito alternativa E				
A	B	C	D	E
2	2	1	2	8
5 – gabarito alternativa D				
A	B	C	D	E
2	0	0	10	2
Um estudante deixou a questão em branco.				
6 – gabarito alternativa A				
A	B	C	D	E
9	3	2	0	0
Um estudante deixou a questão em branco.				

A questão número sete perguntava “*Por mais que cortemos um imã, nunca conseguiremos separar seus polos. Qual o nome deste fenômeno?*” A maioria dos estudantes

(treze) responderam de forma correta, relatando o fenômeno da inseparabilidade dos polos, e dois deixaram a questão sem resposta.

A Tabela 3 compila os resultados das questões oito e nove. A questão número oito era de múltipla escolha e falava sobre o campo magnético da Terra. Percebe-se que a maioria dos estudantes (oito) ficaram em dúvida sobre o comportamento das linhas do campo magnético gerado pela Terra, afirmando que próximo à linha do equador o campo era mais intenso. De maneira similar, a questão nove também era de múltipla escolha e perguntava sobre as linhas de indução de um campo magnético. Nessa questão, a maioria dos estudantes (onze) soube identificar a resposta correta.

Tabela 3 – Resultado das questões 8 e 9 do exercício sobre campo e força magnética

8 – gabarito alternativa C				
A	B	C	D	E
0	1	5	8	0
Um estudante não respondeu a questão.				
9 – gabarito alternativa C				
A	B	C	D	E
2	1	11	0	0
Um estudante não respondeu a questão.				

Na questão dez os estudantes precisavam desenhar as linhas de campo magnético gerado por um fio de corrente no ponto dado, sendo que sete desenharam de forma correta, três responderam de forma incompleta, quatro inverteram o sentido do campo, e um não respondeu.

A questão onze envolvia cálculos e formas e estava dividida em três partes (a, b e c). Quatro discentes não responderam a questão (deixaram em branco), um estudante pensou que a questão era optativa (por isso não respondeu) e um estudante respondeu apenas a letra “a”. A pergunta “a” foi corretamente respondida por onze estudantes. Seguindo para a pergunta “b”, seis estudantes responderam totalmente correta, e os demais parcialmente correta. Por fim, na pergunta “c”, 3 responderam de forma completa, os demais acertaram parcialmente.

A questão número doze era optativa e perguntava sobre a forma do campo magnético gerado por um fio de corrente. Dos quinze estudantes que responderam, treze responderam corretamente (o campo diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta) e dois responderam de forma errada.

A questão número 13 solicitava aos discentes que caracterizassem o vetor do campo magnético no centro de uma espira de corrente. Dez estudantes responderam corretamente, um estudante tentou resolver, porém sem êxito, outro respondeu de forma dissertativa e os demais não deram nenhum retorno à questão.

Em seguida, a questão 14, era optativa, e tratava sobre o campo magnético criado por uma espira de corrente. Doze estudantes responderam corretamente (letra d), dois optaram pela alternativa “a”, e um anulou a questão marcando as alternativas “d” e “e”.

A questão 15 era dissertativa e pedia aos estudantes, de acordo com a figura apresentada, descrever a polaridade dos pontos dados. De todos os respondentes, apenas um estudante respondeu de forma incompleta.

As questões dezesseis e dezessete eram de múltipla escolha e tratavam sobre o campo magnético gerado por um solenóide. A Tabela 4 compila as respostas dessas questões.

Tabela 4 – Resultado das questões 16 e 17 do exercício sobre força magnética

16 – gabarito alternativa A			
A	B	C	D
4	8	1	0
Um estudante não respondeu, e outro respondeu escrevendo fórmulas, mas não assinalou a opção que julgava ser correta			
17 – gabarito alternativa B			
A	B	C	D
0	12	1	1
Um estudante não respondeu a questão.			

A questão dezesseis envolvia cálculos do campo magnético na região central do solenóide. Perceba que a maioria dos estudantes não obteve o resultado correto, ilustrando a dificuldade que eles apresentam quando é necessário fazer cálculos matemáticos.

Com isso encerramos a primeira atividade da parte teórica de Física. Das dezessete questões disponibilizadas, apenas as questões 11b, 11c e 16 envolviam cálculos matemáticos. Considero que não por acaso, foram as questões que menos acertos tiveram por parte dos estudantes (11 b - 6 acerto, 11c - 3 acertos, 16 - 4 acertos).

A seguir discutimos os resultados da segunda atividade ([exercício2](#)) sobre força em fios e indução eletromagnética. O questionário é composto por quatorze questões entre múltipla escolha e dissertativa. Infelizmente apenas cinco estudantes realizaram essa parte do trabalho.

A primeira questão pedia para o estudante calcular a intensidade da força magnética sobre uma carga em movimento para diferentes direções entre a velocidade e o campo. Ela foi resolvida de forma errônea por três estudantes que ao invés de determinarem a força magnética dos casos propostos, assinalaram um dos casos da questão. Os outros dois alunos deixaram a questão sem resolução.

A segunda questão era teórica e de múltipla escolha. A resposta correta era alternativa C, restou acertada por quatro alunos e um estudante assinalou a opção B.

A questão três solicitava que os estudantes calculassem a força magnética sobre uma partícula carregada se movendo sob ação de um campo magnético. Dos cinco respondentes, um estudante não respondeu, dois acertaram parcialmente o cálculo e outros dois conseguiram chegar ao resultado correto.

A pergunta de número quatro, também de cálculo, dividida em duas partes, foi respondida de maneira parcialmente correta por dois estudantes, sendo que três não resolveram.

A questão de número cinco envolvia teoria e cálculo, sendo deixada em branco por dois estudantes, respondida corretamente por outros dois e um resolveu de forma errônea.

Abre-se parênteses para informar que a partir desta questão, dois estudantes não responderam mais nenhuma pergunta do exercício, restando então três estudantes respondendo ao questionário.

A questão seis envolvia o cálculo de força entre dois fios percorridos por corrente, foi resolvida de modo correto por um estudante e de forma incompleta por dois.

A questão sete, de múltipla escolha, também envolvia a força entre dois condutores percorridos por corrente. A questão foi respondida por um estudante de forma correta.

A questão número oito era de múltipla escolha e o estudante tinha que identificar o gráfico que descreve corretamente o comportamento do fluxo magnético em função do tempo para uma espira de corrente. Dos três estudantes, apenas um respondeu corretamente.

A questão nove envolvia extrair informação de um gráfico de campo magnético em função do tempo. Ela foi resolvida parcialmente por dois estudantes e não solucionada por um.

As questões dez até a quatorze são todas optativas e de múltipla escolha. A Tabela 5 resume os resultados obtidos.

Tabela 5 – Resultado das questões 10 a 14 do exercício força em fios e indução eletromagnética

10 – gabarito alternativa C				
A	B	C	D	E
0	0	1	0	0
Dois estudantes não responderam a questão				
11 – gabarito alternativa B				
A	B	C	D	
0	1	0	0	
Dois estudantes não responderam a questão.				
12 – gabarito alternativa B				
A	B	C	D	E
0	0	0	1	0
Dois estudantes não responderam a questão.				
13 – gabarito alternativa E				
A	B	C	D	E
0	1	0	0	0
Dois estudantes descreveram a fórmula a ser utilizada de forma correta, porém não desenvolveram o cálculo e não assinalaram nenhuma das alternativas da questão				
14 – gabarito alternativa A				
A	B	C	D	E
0	1	0	0	0
Dois estudantes não responderam a questão.				

Analisando os dois questionários que foram aplicados, percebe-se que a turma teve um melhor rendimento no primeiro em relação ao segundo. O pequeno número de respondentes do questionário 2 não nos permite tirar conclusões em relação à aprendizagem ou não do conteúdo. No entanto, verifica-se, de maneira geral, que os estudantes se mostraram engajados na resolução dos exercícios. O desempenho da turma foi satisfatório, com a maioria dos alunos demonstrando compreensão dos conceitos trabalhados e aplicando-os corretamente nas tarefas.

Parte dos estudantes apresentou um bom desempenho, destacando-se pela participação ativa, realização das atividades com autonomia e capacidade de análise crítica. Outros, entretanto, tiveram um rendimento regular, evidenciando algumas dificuldades na assimilação dos conteúdos, especialmente nos exercícios que exigiam maior abstração ou interpretação de fenômenos físicos, principalmente cálculos matemáticos.

Por fim, com o objetivo de aliar a teoria à prática, foi proposto aos estudantes que criassem réplicas de geradores de energia. No desenvolvimento desta atividade houve uma

grande participação dos discentes, que ficaram eufóricos com a possibilidade de ver de forma concreta aquilo que tinham estudado na teoria em sala de aula.

Além disso, esta atividade prática se mostra importante pelo fato de que muitos estudantes que tinham dúvidas e limitações nos cálculos se mostraram totalmente entendedores do processo prático, o que enfatiza as diferentes habilidades dos alunos em sala de aula.

Neste trabalho, o desempenho da turma foi positivo, com muitos alunos demonstrando interesse, iniciativa e capacidade de aplicar os conceitos teóricos na prática. Alguns grupos se destacaram pela organização, precisão nos procedimentos e pela interpretação correta dos resultados obtidos. Esses alunos evidenciaram um bom domínio do conteúdo e souberam trabalhar de forma colaborativa, respeitando as etapas do experimento. Por outro lado, uma parte dos estudantes apresentou um desempenho regular, enfrentando dificuldades na execução de certos procedimentos e na análise dos dados. Apesar disso, mostraram esforço e engajamento ao buscar compreender melhor os fenômenos observados.

A atividade prática, portanto, cumpriu seu papel pedagógico, contribuindo para a construção do conhecimento científico por meio da experimentação.

Após a criação dos simuladores de geradores de energia a turma apresentou os trabalhos desenvolvidos às outras turmas de ensino médio da escola, encerrando assim, a aplicação do produto educacional desta dissertação.

Duas atividades que estavam programadas não puderam ser realizadas: a viagem para visita de geradores de energia nas cidades vizinhas Lages e Bom Jardim da Serra, por questões burocráticas e especialmente de verba para este fim, e a realização do podcast com pessoas que atuam na área de geração de energia em virtude da falta de tempo.

Conclui-se que o desenvolvimento deste projeto de Física permitiu uma abordagem mais dinâmica e significativa dos conteúdos trabalhados, unindo teoria e prática em atividades diversificadas. Ao longo das etapas aplicadas, foi possível acompanhar o progresso dos alunos e avaliar de forma ampla sua participação, compreensão e desempenho.

De maneira geral, os estudantes demonstraram interesse e envolvimento, especialmente nas atividades práticas, que proporcionaram uma aprendizagem mais concreta e colaborativa. Muitos conseguiram aplicar os conceitos com segurança, interpretar fenômenos físicos com clareza e desenvolver habilidades como o trabalho em grupo e o raciocínio lógico.

No entanto, também foi observado um desempenho regular por parte de alguns estudantes, que encontraram dificuldades em determinadas etapas do projeto, especialmente na resolução dos cálculos matemáticos.

Ainda assim, considero que o projeto alcançou seus objetivos principais, propiciando a discussão sobre a invisibilidades de cientistas negros, ressaltando a importância da diversidade e da representatividade; estimular o pensamento científico e conscientizando os estudantes da Física no cotidiano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como objetivo articular os conhecimentos da Física, em especial os conteúdos relacionados ao eletromagnetismo, com uma perspectiva crítica e inclusiva da história da ciência, evidenciando a invisibilidade dos cientistas negros nos currículos escolares e livros didáticos, buscando deste modo uma educação mais representativa e inclusiva.

O trabalho foi motivado pela verificação da ausência de visibilidade à cientistas negros nos livros didáticos, currículos e parâmetros escolares, bem como pela necessidade de se demonstrar aos estudantes a importância do conhecimento para a evolução da sociedade.

Além disso, notadamente, da parte do componente curricular de física, o estímulo foi desmistificar a física, demonstrando aos discentes que ela se encontra presente no nosso cotidiano, e não apenas em cálculos mirabolantes.

A partir da construção de uma unidade potencialmente significativa, o trabalho estruturou-se em conceitos físicos como eletrostática, força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico, eletrodinâmica e eletromagnetismo. Tais conceitos foram explorados não apenas em sua dimensão teórica, mas também com ênfase em suas aplicações práticas, especialmente no que se refere à geração de energia e ao papel transformador da ciência na vida em sociedade.

No intuito de introduzir o tema, iniciou-se com a apresentação do filme o “*O menino que descobriu o vento*”, pois a peça cinematográfica aborda todos os temas do trabalho em tela (invisibilidade, a importância da representatividade, papel transformador do conhecimento, eletromagnetismo).

Ao destacar a invisibilidade dos cientistas negros, este trabalho pretende romper com a lógica excludente que tradicionalmente orienta a narrativa científica. Tal perspectiva é fundamental para fomentar a identidade, o pertencimento e a motivação de estudantes historicamente marginalizados, contribuindo também para a desconstrução de estereótipos raciais no ensino das ciências da natureza.

Ademais, com relação aos objetos de conhecimento da física foi possível, durante a aplicação do produto educacional, mostrar aos estudantes que a física não se encontra somente na teoria e em cálculos sem aplicação prática, mas que ela se encontra praticamente em todos os aspectos da nossa vida, no caso do presente trabalho na geração de energia, atividade essencial aos nossos dias.

Destaca-se que, com a aplicação do produto educacional, os alunos puderam confirmar a necessidade e a presença da física na nossa rotina, com a análise do filme assistido e com a construção das maquetes, momento no qual puderam aliar conceitos teóricos, cálculos e execução prática.

Importante ressaltar que a aplicação do produto educacional foi de extrema importância para observar os efeitos dessa proposta, abordando a relevância de práticas educativas que problematizem as ausências históricas e promovam uma ciência mais plural.

De acordo com a devolutiva dos estudantes percebeu-se a importância da construção e aplicação de uma aula pensada para dialogar com as realidades dos estudantes e promover o protagonismo negro na ciência.

Ainda, esta dissertação demonstrou que é possível, e necessário, ensinar Física de forma crítica, conectada à realidade social dos estudantes, sem renunciar ao rigor do método conceitual. A articulação entre os conteúdos de eletromagnetismo e a valorização da diversidade racial no campo científico não apenas enriqueceu o processo de ensino-aprendizagem, como também reafirmou a função social da escola como espaço de transformação, promovendo uma educação científica mais inclusiva, crítica e humanizadora, que reconheça o papel de todos os sujeitos na construção do conhecimento — especialmente daqueles que historicamente foram silenciados.

Por fim, este trabalho poderá servir de base para outros estudos, inclusive de outras áreas do conhecimento, em que se pesquise de fato cientistas negros e negras e quais seus feitos pela humanidade. Destaca-se que nesta pesquisa, em virtude do tempo para sua aplicação, essa busca não pode ser realizada, mas fica a instigação para próximos projetos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Bruno Killiam Nascimento. **Realidade aumentada como ferramenta de apoio para ensinar eletromagnetismo**, 2020. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/polo-37-dissertacao-bruno.pdf>. Acesso em: 05 de agosto de 2024.

BRASIL. Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002. **Código Civil**. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de janeiro de 2002.

BENITE, Anna M. Canavarro; AMAURO, Nicéa Quintino. **Por uma produção de ciência negra: experiências nos currículos de química, física, matemática, biologia e tecnologias**, 2017

DANTAS, Robson Alves. **"Campo elétrico"; Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm>. Acesso em 02 de agosto de 2024.

GODINHO, João Batista de Miranda. **Sequência didática para o ensino de conceitos do eletromagnetismo**, 2019.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo**, 8. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2010, v.3.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo**, tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016;

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Autodeclaração de raça por região do país, 2012.**

LIMA, Donizete Franco. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio**, N.D.

LOOS, Marcio. **Aula Teórica 18**, 2015. Disponível em: <https://loos.paginas.ufsc.br/files/2014/12/FGE3-Aula-Te%C3%B3rica-18.pdf>. Acesso em: 04 de agosto de 2024.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **História do Negro e outras histórias**, 2005. Disponível em: http://etnicoracial.mec.gov.br/images/pdf/publicacoes/historia_educacao_negro.pdf. Acesso em: 03 de agosto de 2024.

MOREIRA, Marco Antônio, **Aprendizagem Significativa: teoria e prática**. São Paulo: Cortez, 2000.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2011.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. **Meaning making**. Teaching as a subversive activity, 1969.

QUIJANO, Anibal. **Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina**, 2005. Disponível em: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/sur-sur/20100624103322/12_Quijano.pdf; Acesso em: 03 de agosto de 2024.

RIBEIRO, Djamila. **Lugar de fala**, 2021. São Paulo: Editora Jandaíra

ROSAS, Ajax Wellington Parente. **Tópicos do eletromagnetismo abordados com uma sequência didática experimental para uma aprendizagem significativa no ensino médio**, 2020.

SAGREDO, Raísa. **Egípcios Negros ou Brancos? Uma pesquisa sobre a memória do Egito Antigo**, 2015. Disponível em: https://anpuh.org.br/uploads/anais-simposios/pdf/2019-01/1548945017_481a9a3650cc2508b5babc01f6e62.pdf. Acesso em: 02 de agosto de 2024.

SERWAY, Raymond A. **Física: Volume 2**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SOUZA, Caroline Felisberto de. **A questão étnico racial e de gênero no ensino de física: o cinema como organizador sequencial**, 2021.

XAVIER, Kélen da Silva. **O eletromagnetismo no ensino de ciências: uma proposta de utilização de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS)**, 2021.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física 3: eletromagnetismo**. 12.ed. São Paulo: Pearson, 2015.

ZIMMER, Marc. **Os prêmios Nobel tem um problema de diversidade ainda pior que os campos científicos que eles homenageiam**, 2020. Disponível em: <https://www.maisconhecer.com/opiniao/3902/Os-premios-Nobel-tem-um-problema-de-diniqu-e-os-campos-cientificos-que-eles-homenageiam>. Acesso em: 04 de agosto de 2024.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 41

Toni Donizete dos Santos

PRODUTO EDUCACIONAL

A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO
COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL

Araranguá
2025

Toni Donizete dos Santos

A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO
COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E O ELETROMAGNETISMO COMO BASE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 41 – UFSC, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª.Dra. Marcia Martins Szortyka

Araranguá 2025

AGRADEÇO...

Primeiro a DEUS e todas as forças divinas que me deram saúde mental, espiritual e física para a conclusão desta etapa.

Agradeço imensamente à minha orientadora Prof^a.Dr^a. Marcia Martins Szortyka, pelo apoio, ajuda na execução deste trabalho sem ela com certeza teria sido mais árduo. Obrigado professora por ser mais que educadora, mas sim uma grande amiga que o mestrado me deu.

Esse agradecimento se estende aos demais professores do programa, aos colaboradores do campus da UFSC Araranguá pelo cuidado, empatia e competência que tiveram comigo nos momentos que sempre precisei.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), por proporcionar este curso de qualidade que muda a vida das pessoas.

A UNIEDU, pelo apoio financeiro. Ainda, o presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos meus amigos que o mestrado trouxe, Guilherme e Meuca vocês foram fundamentais nesta jornada, em seus nomes agradeço os demais.

Agora, quero agradecer meus amigos da minha amada São Joaquim, Branda e Fábio, saibam que serei eternamente grato por me acolherem na casa de vocês por tornar a sua casa a minha, contem sempre comigo para o que der vier. Agradeço aos meus amigos de longa data Cau, Juliano e Sabrina pela apoio diário vocês são os anjos na terra.

A toda a minha família pelas orações e torcida de sempre tios, tias, primos e sobrinhos, especialmente ao meu sobrinho Nicolas que convive comigo e me traz risadas, carinho e alguns estresses.

O agradecimento mais que especial, a minha confidente, amiga e esposa Lilian, sem você esse sonho não seria possível, obrigado por acreditar e confiar que daria certo te amo infinitamente.

OBRIGADO.

APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a),

O presente Produto Educacional foi desenvolvido no âmbito do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no Polo 41, na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - campus Araranguá, sob orientação da Profa. Dra. Marcia Martins Szortyka. Este produto educacional tem como proposta uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) construída seguindo os preceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.

A UEPS busca integrar conceitos Físicos envolvidos na geração de energia elétrica com discussões sobre representatividade na Ciência. A Unidade de Ensino possui recursos de diálogos, atividades experimentais, atividades escritas e audiovisual e outras metodologias. Buscando uma abordagem simples, direta e de fácil acesso tanto para os professores quanto para os estudantes.

A sequência de atividades foi desenvolvida para ser aplicada para o terceiro ano do médio, visto que é nesta etapa que a maioria das escolas aplicam os conceitos de eletricidade e eletromagnetismo.

Espera-se que a adoção deste Produto Educacional contribua para as práticas pedagógicas de diversos professores, oferecendo-lhes uma alternativa para o ensino de temas científicos relacionados à geração de eletricidade e diversidade na Ciência.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Força elétrica	11
Figura 2 – Linhas do vetor campo elétrico saindo e entrando da carga fonte	12
Figura 3 – Campo elétrico e distribuição contínua de cargas	14
Figura 4 – Linhas de campo	14
Figura 5 – Carga de prova positiva se aproximando de uma esfera de distribuição de carga uniformemente negativa	15
Figura 6 – Linhas de campo em um dipolo elétrico	16
Figura 7 – Campo elétrico em um ponto P situado a uma distância Z do ponto médio dentro do dipolo	17
Figura 8 - Cálculo do potencial a partir do campo	21
Figura 9 – Circuito simples	23
Figura 10 – Circuito simples de uma malha	24
Figura 11 – Um elemento infinitesimal de corrente produz um campo magnético em um ponto	26
Figura 12 – Campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada	27
Figura 13 - Representação das linhas de campo em dois polos	27
Figura 14 – Polos magnéticos	28
Figura 15 - Amperímetro ligado a uma espira indica a passagem de corrente elétrica devido ao movimento do ímã	28
Figura 16 – Experimento ilustrativo da lei de Lenz	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UEPS Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos conteúdos trabalhados	39
---	----

SUMÁRIO

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE FÍSICA.....	10
1.1 ELETROSTÁTICA.....	10
1.1.1 Força Elétrica.....	10
1.1.2 Campo Elétrico.....	11
1.1.3 Campo Elétrico: distribuição contínua de cargas.....	13
1.1.4 Linhas do Campo Elétrico.....	14
1.1.5 Campo Elétrico produzido por um Dipolo Elétrico.....	16
1.2 POTENCIAL ELÉTRICO: TRABALHO REALIZADO POR UMA FORÇA APLICADA.....	19
1.2.1 Definição de Potencial Elétrico.....	20
1.2.2 Cálculo do Potencial a partir do Campo.....	21
1.3 ELETRODINÂMICA.....	22
1.3.1 Circuito Simples.....	23
1.3.2 Cálculo da Corrente em um Circuito de uma Malha.....	23
1.4 ELETROMAGNETISMO.....	25
1.4.1 Campo Magnético.....	25
1.4.1.1 Lei de Biot-Savart.....	25
1.4.1.2 Lei de Ampère.....	25
1.4.2 Linhas de Campo Magnético.....	27
1.4.3 Indução.....	28
1.4.3.1 Lei de Faraday.....	29
1.4.3.2 Lei de Lenz.....	30
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO.....	32
2.1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).....	37
3. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA.....	39
3.1 PARTE 1 - A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS. GERAÇÃO DE ENERGIA.....	40
3.2 MOMENTO 2 - UNIDADES TEMÁTICAS DE FÍSICA. GERAÇÃO DE ENERGIA.....	41
3.3 MOMENTO 3 - GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA.....	41

3.4 MOMENTO 4 - AVALIAÇÃO.....	42
REFERÊNCIAS.....	43
ANEXOS.....	45

1. FUNDAÇÃO TEÓRICA EM FÍSICA

Os conceitos que serão abordados neste capítulo fazem parte dos tópicos de eletrostática (campo elétrico e potencial elétrico), eletrodinâmica (corrente induzida e circuito simples) e eletromagnetismo (campo magnético; fluxo magnético e Lei de Faraday /Lenz).

1.1 ELETROSTÁTICA

A eletrostática é a parte da física que estuda os fenômenos que envolvem as cargas em repouso. No século XVII, Charles Du Fay demonstra que a interação elétrica pode ser tanto atrativa quanto repulsiva. Young & Freedman (2015), relatam que coube a Benjamin Franklin (1706-1790) perceber que havia dois tipos de interação levando a convenção dos sinais das cargas, chamando-as de cargas positivas (+) e negativas (-). Da mesma forma, ele demonstrou que cargas de mesmo sinal se repelem, enquanto cargas de sinais opostos se atraem.

O problema fundamental da teoria eletromagnética pode ser descrito conforme explica Griffiths (2014): supondo a existência de algumas cargas elétricas, denominadas de cargas de origem ou cargas fonte q_1 , q_2 e q_3 ; qual força elas exercem em outra carga, chamada de carga de prova Q ? Considerando que ambas (as cargas fonte e a carga de prova) estejam em movimento e que se pode calcular a distância entre elas, é possível responder esta questão por meio do **princípio da superposição**. Este princípio nos diz que a interação entre quaisquer cargas independe da posição de outras cargas. Desta forma, pode-se calcular o vetor força elétrica $\vec{F}$ entre duas cargas, ignorando a presença das demais.

1.1.1 Força Elétrica

Podemos expressar matematicamente a força elétrica entre duas cargas pontuais por meio da equação abaixo:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$$

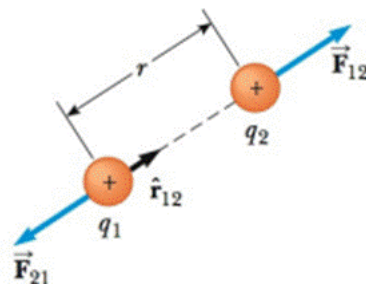
na qual $\vec{F}$ representa a força elétrica, q e Q são os valores das cargas, ϵ_0 é a constante elétrica de permissividade do vácuo e r é a distância entre as cargas. No SI (Sistema Internacional de Unidades), a força é dada em Newtons (N), a distância em metros (m), q em coulombs (C). A constante ϵ_0 vale, respectivamente,

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

O vetor $\hat{r}$ é unitário e indica a distância ou separação vetorial entre a localização de q e Q .

A equação (1) é conhecida como Lei de Coulomb, na qual a força é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a carga q e Q . A figura 1 ilustra a relação entre duas cargas separadas por uma distância r e as ações das forças.

Figura 1- Força Elétrica



Fonte: Serway (2006)

Apesar desta relação ter sido proposta por Daniel Bernoulli em 1760, foi Charles Coulomb quem realizou o experimento que comprovaria a relação entre a força elétrica entre duas cargas, por meio de uma balança de torção.

1.1.2 Campo Elétrico

Para cargas pontuais $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ com distâncias $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$, de uma carga de prova Q , a força total exercida sobre Q é dada por

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 Q}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2 Q}{r_2^2} \hat{r}_2 + \frac{q_3 Q}{r_3^2} \hat{r}_3 + \dots + \frac{q_n Q}{r_n^2} \hat{r}_n \right)$$

Como a carga Q não varia, podemos reescrever

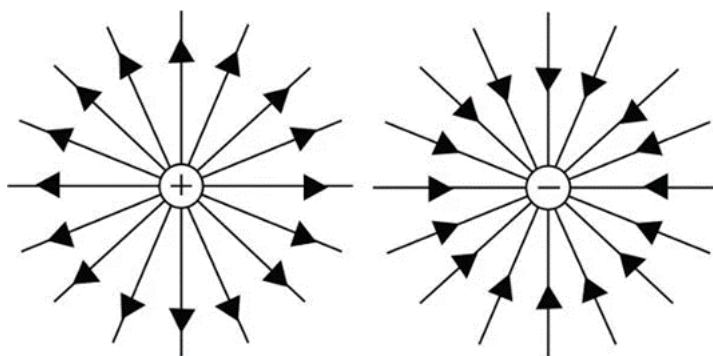
$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \frac{q_3}{r_3^2} \hat{r}_3 + \dots + \frac{q_n}{r_n^2} \hat{r}_n \right)$$

Ou ainda $\vec{F} = Q \vec{E}$; logo, podemos definir o vetor campo elétrico $\vec{E}$ como

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

Ou seja, o campo elétrico total em um ponto do espaço é igual à soma vetorial de todos os campos elétricos neste ponto devido a presença de cargas carregadas, respeitando o princípio da superposição. A figura 2 ilustra a forma do vetor campo elétrico gerado por uma carga puntual. É válido ressaltar que o campo elétrico independe da carga de prova, ou seja, o campo $\mathbf{E}$ não é produzido pela carga de prova e sim por uma partícula carregada, chamada de carga ou partícula-fonte (Serway, 2006, p. 685).

Figura 2- Linhas do vetor campo elétrico saindo e entrando da carga fonte



Fonte: Brasil Escola, 2019. Disponível em <https://brasilestola.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm>

1.1.3 Campo Elétrico: distribuição contínua de cargas

Para uma distribuição contínua de cargas, conforme mostra a figura 3, o campo elétrico $\vec{E}$ é dado por

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{1}{r^2} dq \hat{r}$$

Desta forma, é possível calcular o campo elétrico no ponto P devido a distribuição contínua de cargas, que vai ser dado pela soma vetorial das contribuições de todos os elementos de carga dq . Para uma distribuição uniforme de carga ao longo de uma área, um volume ou uma linha, é conveniente utilizar o termo densidade de carga. Para cargas uniformemente distribuídas, a carga por unidade de volume é dada por

$$\rho = \frac{dq}{dV} = \frac{q}{V},$$

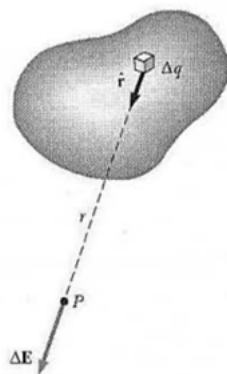
a carga por unidade de área é dada por:

$$\sigma = \frac{dq}{dA} = \frac{q}{A},$$

e a carga por unidade de comprimento é dada por:

$$\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{q}{l}.$$

Figura 3- Campo Elétrico e distribuição contínua de cargas



Fonte: Serway (2006)

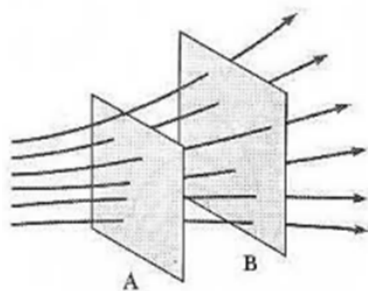
1.1.4 Linhas do Campo Elétrico

Uma maneira de ilustrar o vetor campo elétrico é por meio das linhas de campo, que obedecem aos seguintes critérios:

- b) O campo elétrico E é sempre tangente às linhas de campo;
- b) A densidade de linhas é proporcional à intensidade ou magnitude do campo. Isto faz com que E seja maior onde as linhas do campo estão mais próximas e menor onde as linhas estão mais distantes.

A figura 4 representa as linhas de campo que atravessam duas superfícies, A e B, respectivamente.

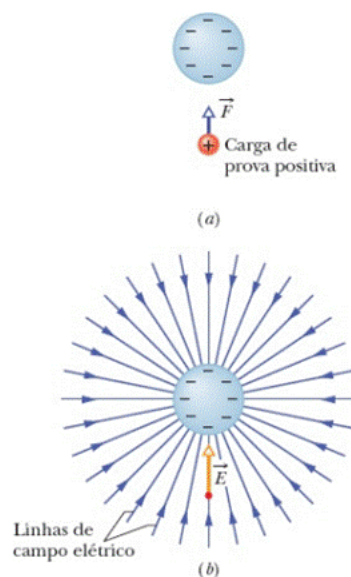
Figura 4 - Linhas de campo



Fonte: Serway (2006)

Como convencionamos que a carga de prova é positiva, as linhas de campo elétrico estão sempre na mesma direção e sentido da força sentida por essa. Dessa forma, as linhas de campo saem das cargas positivas e entram nas cargas negativas. Qualquer partícula carregada apresenta em sua vizinhança as linhas de campo elétrico. A figura 5 mostra o exemplo de uma carga de prova nas proximidades de uma esfera negativamente carregada.

Figura 5 - Carga de prova positiva se aproximando de uma esfera de distribuição de carga uniformemente negativa

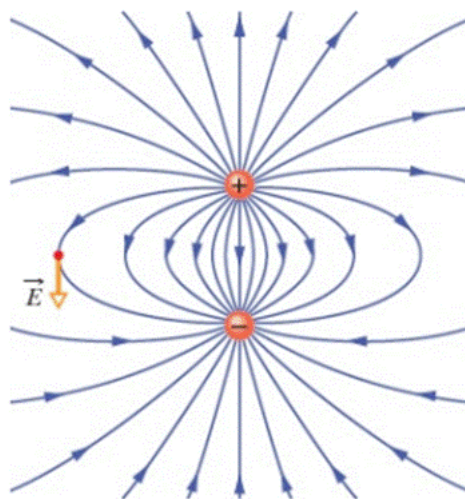


Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 78)

1.1.5 Campo elétrico produzido por um dipolo elétrico

Um dipolo elétrico é o conjunto de duas cargas de sinais opostos com mesma intensidade, módulo q e separadas por uma distância d . A figura 6 ilustra as linhas de campo em um arranjo como o dipolo elétrico, assim como o vetor campo elétrico tangente à linha de campo que passa pelo ponto.

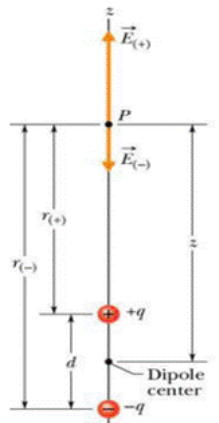
Figura 6 - Linhas de campo em um dipolo elétrico



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 85)

É possível determinar campo elétrico em um ponto P situado a uma distância z do ponto médio do centro do dipolo, conforme a figura 7.

Figura 7- Campo elétrico em um ponto P situado a uma distância z do ponto médio dentro do dipolo



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p. 87)

A partícula de carga positiva produz um campo no sentido positivo do eixo z, enquanto a partícula de carga negativa produz um campo no sentido negativo do eixo z.

O módulo do campo elétrico no ponto P pode ser dado por

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_+ - \mathbf{E}_-$$

pois os vetores $\mathbf{E}_+$ e $\mathbf{E}_-$ têm a mesma direção. Logo, podemos encontrar o módulo total de $\mathbf{E}$ fazendo

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= \mathbf{E}_+ - \mathbf{E}_- \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_+^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_-^2} \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z - \frac{1}{2}d)^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z + \frac{1}{2}d)^2} \end{aligned}$$

Nesse caso, o interesse está em efeitos do dipolo em pontos muito distantes das cargas do dipolo, como em $z \gg d$. Assim, podemos escrever o resultado para o campo como

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{d}{2z}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{2z}\right)^2} \right)$$

Utilizando o teorema binomial

$$(1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots (x^2 < 1)$$

Podemos escrever

$$\left[\left(1 + \frac{2d}{2z(1!)} + \dots \right) - \left(1 - \frac{2d}{2z(1!)} + \dots \right) \right]$$

Então

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left[\left(1 + \frac{d}{z} + \dots \right) - \left(1 - \frac{d}{z} + \dots \right) \right]$$

Mas como $\frac{d}{z} \ll 1$, então o módulo do campo elétrico no ponto P é dado por

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3}$$

Onde $qd = p$ é o módulo do momento dipolar elétrico $\vec{p}$, dado em coulomb-metro no SI. Dessa forma, podemos reescrever a equação (X) como

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}.$$

1.2 POTENCIAL ELÉTRICO: TRABALHO REALIZADO POR UMA FORÇA APLICADA

Suponha que uma partícula carregada é transportada na presença de um campo elétrico, por meio da aplicação de uma força externa, de um ponto inicial i para um ponto final f . Esta força realiza um trabalho W_{ap} sobre a partícula enquanto o campo elétrico também realiza um trabalho W sobre a carga. O teorema trabalho - energia cinética nos permite escrever

$$\Delta K = K - K_0 = W + W_{ap}.$$

Se a partícula estiver parada antes e depois do deslocamento ou se mover com velocidade constante, por conservação de energia, temos

$$K_i = K_f = 0$$

E, portanto

$$W_{ap} = -W$$

Assim, podemos relacionar o trabalho realizado pela força à variação da energia potencial da partícula durante o deslocamento

$$\Delta U = U_f - U_i = W_{ap}$$

E escrever uma relação entre o trabalho W_{ap} e a diferença de potencial elétrico ΔV entre as posições inicial e final da partícula:

$$W_{ap} = q\Delta V.$$

1.2.1 Definição de Potencial elétrico

O potencial elétrico é definido como a energia potencial elétrica U por unidade de carga q , e independe da carga de prova. Matematicamente temos

$$V = \frac{U}{q}.$$

Uma vantagem do potencial elétrico em relação à força ou campo elétrico é que ele é uma grandeza escalar. A diferença de potencial elétrico entre os pontos inicial (V_0) e final (V) é igual a diferença entre os potenciais elétricos dos dois pontos, conforme mostra a equação abaixo

$$\Delta V = V - V_0 = \frac{U}{q} - \frac{U_0}{q} = \frac{\Delta U}{q}.$$

Usando o teorema trabalho - energia, onde a variação da energia cinética é nula, podemos identificar que a variação da energia potencial elétrica é igual ao negativo do trabalho realizado pela força elétrica quando a partícula carregada se desloca entre os pontos inicial e final, $\Delta U = -W$. Com isso temos

$$\Delta V = -\frac{\Delta W}{q}.$$

Se $U_0 = 0$ no infinito, então podemos escrever

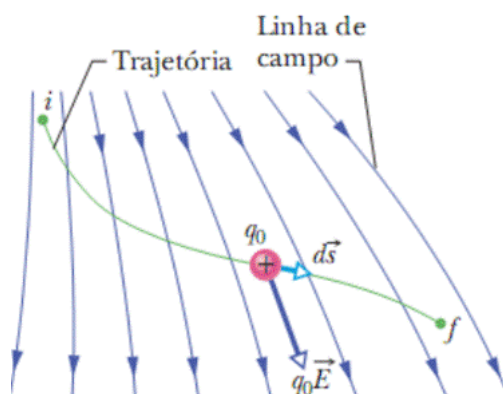
$$\Delta V = V - V_0 = -\frac{W_\infty}{q},$$

ou seja, o potencial elétrico em um ponto do espaço é igual ao negativo do trabalho realizado durante o deslocamento de um ponto inicial infinitamente distante até o ponto final. A unidade de medida no SI para o potencial elétrico é o volt (V).

1.2.2 Cálculo do Potencial a partir do campo

Dado um campo elétrico produzido por uma carga positivamente carregada, conforme a figura 8, pode-se obter o potencial elétrico entre dois pontos i e f situados na região do campo elétrico.

Figura 8- Cálculo do potencial a partir do campo



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

Nesse caso, a força elétrica ao longo da trajetória é dada por

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}.$$

Portanto, o trabalho infinitesimal realizado ao longo da trajetória pode ser escrito como

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

Substituindo os valores de $\vec{F}$ na equação acima, obtemos

$$dW = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

Integrando ambos os lados da equação e fazendo os limites de integração do início da trajetória (ponto i) até o final do caminho (ponto f)

$$\int dW = q_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$W = q_0 \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Dividindo por q_0 , obtemos uma função que independe da carga de teste

$$\frac{W}{q_0} = \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Por definição

$$-\frac{W}{q_0} = V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Como a força eletrostática é conservativa, isto significa que, independente do caminho escolhido para ir do ponto inicial ao ponto final, o trabalho por unidade de carga é o mesmo. Se $V_i = 0$, então temos

$$V = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

1.3 ELETRODINÂMICA

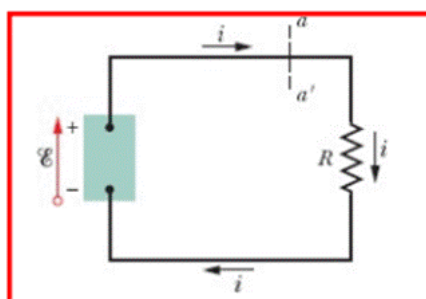
A eletrodinâmica é o ramo da Física que investiga o comportamento de cargas em movimento. A partir do estudo da interação entre cargas elétricas e correntes, por meio do formalismo Newtoniano clássico, levou ao desenvolvimento de uma variedade de dispositivos

e ferramentas tecnológicas cotidianas, como lâmpadas, chuveiros, aquecedores e diversos aparelhos eletrônicos. A interpretação do movimento, ou da dinâmica das cargas elétricas em um condutor, possibilita a compreensão dos circuitos elétricos e suas múltiplas aplicações.

1.3.1 Circuitos simples

Um circuito elétrico simples é definido como um circuito no qual uma fonte de força eletromotriz realiza trabalho sobre portadores de carga e mantém uma corrente constante i em um resistor de resistência R .

Figura 9- Circuito simples



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

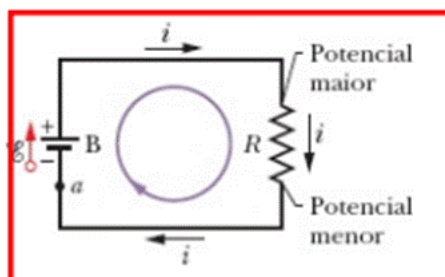
Definimos a força eletromotriz da fonte por meio do trabalho dW realizado sobre a carga pela fonte para elevar seu potencial. Em um intervalo de tempo dt , uma carga dq passa por todas as seções retas do circuito, entrando no terminal de menor potencial da fonte e saindo do terminal de maior potencial. A unidade de força eletromotriz do SI tem dimensões de joule por coulomb e é chamada de volt.

Numa fonte de tensão ideal, os portadores de carga não encontram resistência ao se deslocarem entre os terminais. Nesse caso, a diferença de potencial entre os terminais da fonte é igual a força eletromotriz dela.

1.3.2 Cálculo da corrente em um circuito de uma malha

É possível calcular a corrente em um circuito de uma malha por dois métodos: o método da energia e o método do potencial. O primeiro envolve a lei da conservação de energia e é dessa forma que vamos obter a expressão para a corrente. A figura 10 ilustra o circuito simples de uma malha.

Figura 10 - Circuito simples de uma malha



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

A taxa com a qual a resistência interna da fonte transforma energia elétrica em calor é dada por

$$P = i^2 r$$

Dessa forma, em um intervalo de tempo dt , uma energia dada por $dU = i^2 r dt$ é transformada em energia térmica no resistor. Aqui supomos que a resistência dos fios é desprezível, logo não dissipam energia. Neste mesmo intervalo de tempo, uma carga $dq = i dt$ atravessa a fonte B. O trabalho realizado pela fonte sobre a carga é, então, dado por

$$dW = Edq = E i dt$$

Ou seja, pela lei da conservação de energia, o trabalho realizado pela fonte ideal é igual à energia térmica que aparece no resistor, na forma

$$E i dt = i^2 R dt,$$

ou ainda

$$E = iR$$

Na qual a força eletromotriz E é a energia por unidade de carga transferida da fonte para as cargas que se movem no circuito e a grandeza iR é a energia por unidade de carga

transferida das cargas móveis para o resistor e convertida em calor (Halliday e Resnick, 2016). Explicitando i , encontramos uma expressão para a corrente:

$$i = \frac{E}{R}$$

1.4 ELETROMAGNETISMO

O eletromagnetismo é uma área da Física que estuda a interação de cargas elétricas com campos magnéticos, tratando do estudo dos fenômenos que abordam eletricidade e magnetismo. Por meio do estudo desses tipos de fenômenos, envolvendo eletricidade e magnetismo, é possível pesquisar sobre as propriedades dos ímãs, campos magnéticos, magnetismo na matéria, campo magnético terrestre, bem como o desenvolvimento de tecnologias indispensáveis, tais como o motor elétrico, geradores de tensão, antenas de transmissão, cartões magnéticos, portas eletrônicas, entre outras diversas aplicações.

1.4.1 Campo Magnético

Podemos definir o campo magnético como uma grandeza vetorial que representa a influência magnética que surge em uma região onde existem ímãs permanentes ou cargas elétricas em movimento. O campo magnético $\vec{B}$ em um ponto no espaço é definido por um vetor que aponta na direção da força que uma carga de prova positiva experimental se tivesse em movimento nesse ponto, com a intensidade do vetor $\vec{B}$ proporcional à força por unidade de carga e velocidade. Matematicamente, pode-se definir o vetor campo magnético pela lei de Biot-Savart ou pela lei de Ampère.

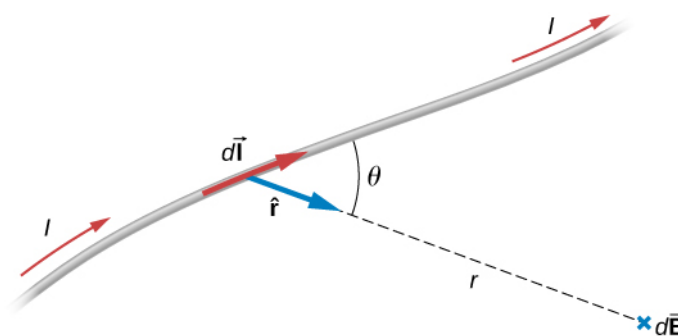
1.4.1.1 Lei de Biot-Savart

A lei de Biot-Savart descreve um campo magnético gerado por uma corrente I que percorre um fio condutor, conforme descreve a equação abaixo

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 N}{2\pi r}$$

onde μ_o representa a permeabilidade do vácuo, dl é o elemento infinitesimal do fio, $\hat{r}$ é o vetor unitário na direção de dl , que, por sua vez, representa a distância do elemento ao ponto onde está sendo calculado. Integrando sobre toda a corrente, obtemos o campo magnético total.

Figura 11 – Um elemento infinitesimal de corrente produz um campo magnético em um ponto P



Fonte: Disponível em

<https://pressbooks.online.ucf.edu/osuniversityphysics2/chapter/the-biot-savart-law/>

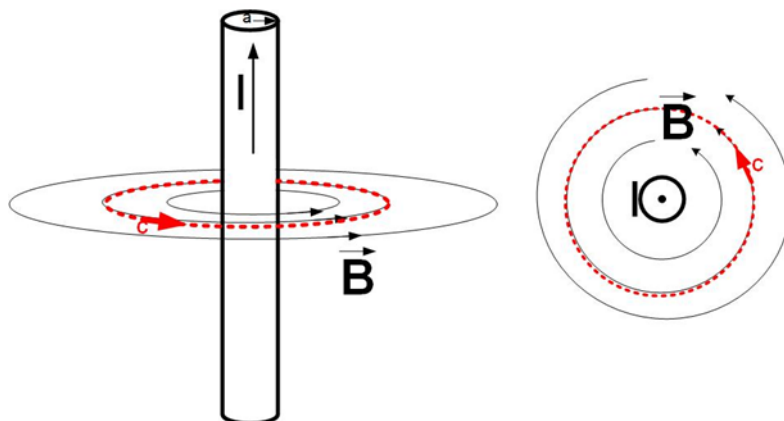
1.4.1.2 Lei de Ampère

A lei de Ampère relaciona o campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada por essa trajetória e pode ser escrita como

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enc},$$

onde $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ representa a integral de linha (trajetória fechada) do campo magnético ao longo da curva fechada e I_{enc} é a corrente total que atravessa a superfície delimitadas pela curva.

Figura 12 – Campo magnético ao redor de uma trajetória fechada com a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada



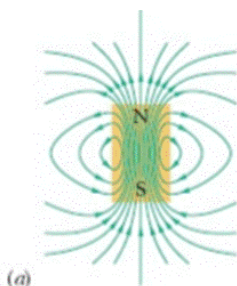
Fonte: Disponível em

<https://ximera.osu.edu/electromagnetics/electromagnetics/magnetostatics/digInAmpereLaw>

1.4.2 Linhas de campo magnético

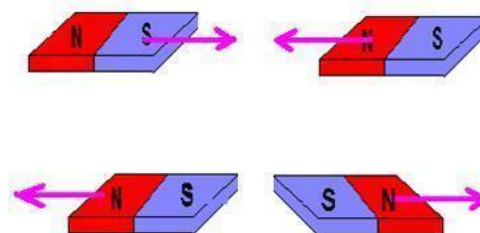
Assim como o campo elétrico, o campo magnético pode ser representado por linhas de campo. As regras para a representação das linhas de campo magnético são as mesmas vistas anteriormente para as linhas de campo elétrico, ou seja, quanto mais intenso o campo magnético, mais próximas estão as linhas; e a direção da tangente a uma linha do campo magnético em qualquer ponto fornece a direção do campo magnético nesse ponto. A figura 13 ilustra um ímã e as linhas de campo que entram e saem pelos pólos. Os pólos magnéticos de diferentes tipos se atraem e pólos iguais acabam se repelindo, conforme mostra a figura 14.

Figura 13 - Representação das linhas de campo em dois pólos



Fonte: Halliday e Resnick (2016)

Figura 14 - Polos magnéticos



Fonte: <http://sala23a.files.wordpress.com/2009/12/magnet2.gif>

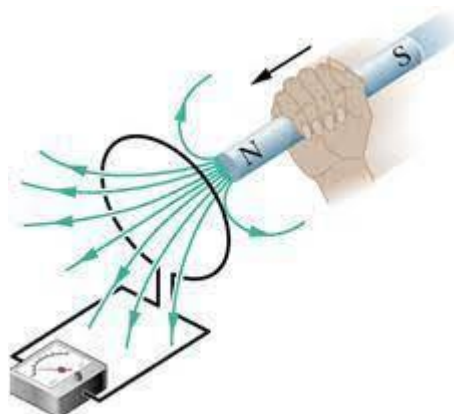
As linhas de campo magnético apresentam propriedades fundamentais, como a origem e término dessas linhas. As linhas de campo magnético são contínuas e formam “loops” fechados, não tendo início ou fim, diferentemente das linhas de campo elétrico, que podem começar e terminar em cargas elétricas. A direção das linhas de campo magnético é definida pela orientação que uma bússola tomaria se colocada no campo, emergindo dos polos norte de um ímã e retornando ao polo sul, formando um padrão fechado. A densidade das linhas de campo magnético é proporcional à intensidade do campo magnético, sendo que em regiões onde as linhas estão mais próximas o campo magnético será mais forte, enquanto regiões com as linhas mais afastadas indicam um campo mais fraco.

Além disso, as linhas de campo magnético não se cruzam. Alguns materiais, como o ferro, o cobalto e o níquel podem distorcer as linhas de campo, alterando o padrão das linhas. Isto, porém, não ocorre com materiais chamados de paramagnéticos e diamagnéticos, que causam efeitos mais sutis. A visualização das linhas de campo magnético, ainda que de maneira simplificada, pode ser uma ferramenta útil no ensino, para a aplicação e compreensão de fenômenos regidos pelo magnetismo.

1.4.3 Indução

Uma maneira de gerar campo elétrico é por meio da variação de fluxo magnético. Isto significa que a variação de um campo magnético induz um campo elétrico e este, por sua vez, produz corrente elétrica. Considere a figura 15, na qual um ímã é aproximado de um material condutor em forma de espira, ligado a um amperímetro.

Figura 15 – Amperímetro ligado a uma espira indica a passagem de corrente elétrica devido ao movimento do ímã



Fonte: <https://loos.paginas.ufsc.br/files/2014/12/FGE3-Aula-Teórica-18.pdf>

Ao aproximar uma barra em forma de ímã do material condutor em formato de espira, o amperímetro revela a existência de corrente elétrica no circuito. Contudo, não há nenhuma fonte de tensão ligada ao circuito. Afastando o ímã da espira, a corrente volta a aparecer, mas dessa vez no sentido contrário. De acordo com Halliday (2016, p. 248), podemos concluir algumas observações deste experimento: a) a corrente é observada apenas se existe um movimento relativo entre o ímã e a espira; b) quanto mais rápido é o movimento, maior é a corrente; c) ao aproximar o pólo norte do ímã em relação a espira, a corrente apresenta um sentido horário, mas quando se afasta o ímã da espira, a corrente tem sentido anti-horário. Invertendo o processo, ou seja, aproximando o pólo sul do ímã em relação à espira, a corrente apresenta sentido anti-horário, e ao afastar a espira do pólo sul do ímã, a corrente tem o sentido horário.

A corrente, produzida na espira por meio da aproximação do ímã é chamada de corrente induzida. Isto ocorre devido à variação de fluxo magnético, que induz um campo elétrico no circuito, capaz de gerar esta corrente induzida. Quando isto ocorre, o trabalho por unidade carga para deslocar os elétrons é chamado de força eletromotriz induzida. Este processo é denominado de indução.

1.4.3.1 Lei de Faraday

Michael Faraday (1791- 1867) percebeu a relação entre a taxa de variação das linhas de campo magnético e a força eletromotriz produzida. Dessa forma, ao saber o fluxo magnético que atravessa uma espira condutora, pode-se calcular a força eletromotriz induzida. A definição de fluxo magnético é dada por

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}.$$

Em que Φ_B representa o fluxo magnético que percorre uma região de área $\vec{A}$, submetida a um campo magnético $\vec{B}$. Segundo Halliday (2010, p. 570) a unidade de fluxo magnético é o tesla-metro quadrado, que recebe o nome de weber (Wb):

$$1 \text{ weber} = 1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2$$

A partir da definição de fluxo magnético, a lei de Faraday pode ser enunciada da seguinte forma: o módulo da força eletromotriz $\mathcal{E}$ induzida em uma espira condutora é igual a taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira. Matematicamente, a lei de Faraday pode ser descrita como

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

O sinal negativo da equação acima indica que a força eletromotriz induzida se opõe à variação do fluxo magnético.

Para o caso de uma bobina de N espiras, se ocorre uma variação no fluxo magnético que percorre as espiras, uma força eletromotriz é induzida em cada uma das espiras, sendo seu valor total a soma de todas as forças eletromotrizes. No caso de um enrolamento compacto, o fluxo magnético que atravessa todas as espiras será o mesmo e a força eletromotriz é dada por

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

1.4.3.2 Lei de Lenz

Para determinar o sentido da corrente induzida em uma espira, utilizamos a lei de Lenz, que pode ser descrita conforme Halliday (2010, p. 573): “a corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido *pela corrente* se opõe ao campo magnético que induz a corrente.” Isto significa que a corrente produzida devido à variação do campo magnético, por meio do processo de indução, gera um campo magnético que se opõe ao sentido do campo magnético original. Matematicamente, temos exatamente a mesma equação utilizada para descrever a lei de Faraday

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Como dito anteriormente, o sinal negativo representa a oposição da taxa de variação do fluxo magnético em relação ao tempo, produzido pela corrente induzida. A força eletromotriz se opõe a variação do fluxo magnético. A figura 16 mostra essa relação

Figura 16 – Experimento ilustrativo da lei de Lenz



Fonte: Halliday, David.

Ao aproximar o ímã da espira, a corrente induzida gera um campo magnético que apresenta um momento dipolar magnético $\vec{\mu}$ que se opõe ao sentido do movimento do ímã. Logo, a corrente induzida tem o sentido anti-horário. A corrente induzida gera esse campo magnético que se opõe a taxa de variação do campo magnético original.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO

Para a fundamentação teórica educacional e metodológica, o trabalho se baseou na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antonio Moreira e na construção, seguida de aplicação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

A teoria da Aprendizagem Significativa Crítica foi elaborada por Marco Antonio Moreira, baseada no princípio ausubeliano da Aprendizagem Significativa, centrada na ideia

de que “aprendemos a partir do que já sabemos” (Moreira, 2000). Nesse sentido, Moreira desenvolve a ideia de uma aprendizagem baseada nos preceitos elencados por Postman e Weingartner (1969), que versam sobre um ensino subversivo, para além de uma aprendizagem apenas significativa. Tal concepção decorre da observação do rápido desenvolvimento tecnológico e de mudanças drásticas na sociedade contemporânea, que já eram comentadas por Postman e Weingartner ainda na década de sessenta, como aponta Moreira (2000).

Dentro da escola, um ensino com características que apontam para a formação de um cidadão crítico, capaz de diferenciar processos de construção da tecnologia e sua rápida utilização em larga escala, bem como as diferentes possibilidades e recursos advindos dessas mudanças e seus impactos na sociedade contemporânea, ainda parece estar distante de acontecer. O ensino pautado em verdades fixas acaba provocando o efeito contrário, distanciando a maioria dos alunos de disciplinas compreendidas dentro do padrão denominado de ciências exatas. Como exemplo disto, ainda se perpetua no ensino o conceito de aprendizagem mecânica, que se encontra, tal como explica Moreira (2005), numa contraposição da aprendizagem significativa. Esse estilo de aprendizagem consiste na memorização de conceitos, fórmulas e conteúdos “de maneira arbitrária, literal, não significativa”, conforme destaca Moreira (2005).

De forma resumida, é possível compreender o quadro de dificuldades imposto pela forma como o ensino ainda é pautado na escola. Logicamente, a tradição de um ensino que prioriza decorar fórmulas e conceitos está longe de se assemelhar a uma aprendizagem significativa. Conforme Moreira (2005) e Rodríguez Palmero et. al (2008) aprendizagem significativa é aprendizagem com sentido, compreensão e significado, diferenciando-se completamente da aprendizagem mecânica, sem significado e puramente memorística. Uma das características essenciais para a ocorrência de aprendizagem significativa, atendendo aos preceitos de Ausubel é a predisposição do aluno em aprender. Essa condição torna-se necessária para uma aprendizagem significativa.

Nesse sentido, buscando delinear sua ideia acerca dos estudos de Postman e Weingartner (ibidem) e baseando-se na teoria ausubeliana de aprendizagem, Moreira (2005, p. 7) explica que uma aprendizagem significativa crítica deve ser entendida da seguinte maneira: “é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Para Moreira, a proposta pode servir como um princípio facilitador para a aprendizagem significativa e fazer alusão às ideias de Postman e Weingartner, ainda que de forma menos radical. Sendo assim, os pressupostos da aprendizagem significativa crítica

convergem para a formação de um cidadão crítico, capaz de manejar a informação que lhe é apresentada, diferenciando os processos de construção do conhecimento, permitindo a si mesmo construir sua forma de pensar e se compreender enquanto ser que faz parte de uma sociedade contemporânea em constante processo de desenvolvimento. De acordo com Moreira (2006, p. 11) “[...] na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente”.

Os princípios facilitadores propostos por Moreira (2005) estão elencados abaixo e, segundo o próprio autor, podem ser implementados em sala de aula.

1 - Princípio do conhecimento prévio: para aprender de fato alguma coisa é necessário levar em consideração aquilo que o indivíduo já sabe, ou seja, o aprendizado ocorre por meio daquilo que o aluno já conhece. Conforme Moreira (2005) “Quer dizer, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de algum enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente e, para isso, seu conhecimento prévio é, isoladamente, a variável mais importante”.

2 - Princípio da interação social e do questionamento: perguntas ao invés de respostas: segundo Moreira (2006) é essencial que as respostas prontas sejam evitadas, priorizando estimular o questionamento.

“Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica”. (Moreira, 2005, p. 9)

3 - Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais: diversidade de materiais ou abandono do manual único: implica na construção e utilização de materiais que sejam potencialmente significativos, tal qual propõe Ausubel, para que o ensino não seja pautado apenas em um tipo de material. Um exemplo disto seria não utilizar apenas o livro

didático com o intuito de ensinar todo o capítulo em uma só aula. O uso de diferentes materiais, como uma poesia, música, quadros ou até mesmo jogos podem facilitar o processo de construção da aprendizagem. Conforme destaca o próprio Moreira (2005, p. 10) “não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos”.

4 - Princípio do aprendiz como perceptor/representador: o aluno como perceptor representador: seguindo a lógica de Postman e Weingartner, aqui Moreira destaca que o aluno percebe sua realidade e faz associações com seu aprendizado, representando tudo que percebe.

5 - Princípio do conhecimento como linguagem: A linguagem seria uma forma de perceber o mundo e, como cada pessoa percebe de forma distinta uma da outra, a linguagem representa mais sobre as pessoas do que as coisas em si. Como destaca Moreira (2005, p. 12):

“Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras -- outros signos, instrumentos e procedimentos também – mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária. Aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo”.

6 - Princípio da consciência semântica: Para Moreira (2006, p. 13) “o significado está nas pessoas, não nas palavras”. De acordo com o autor, as palavras carregam ainda significados de conceitos que foram aprendidos pelos alunos. O significado de um conjunto de palavras que compõem um conjunto de conhecimentos, para explicar determinado conceito, precisa ser apreendido pelo estudante para que este possa aprender de forma significativa, caso contrário, a aprendizagem se traduz em aprendizagem mecânica. Moreira (2005) enfatiza que um aspecto da consciência semântica é que o aluno passa a identificar o significado das coisas por meio de um processo de reconhecimento de que não existem verdades fixas e imutáveis, pois o conhecimento se amplia e muda conforme o desenvolvimento da própria sociedade na qual ele se encontra. Para um indivíduo que aprende por meio dessa lógica, torna-se mais difícil encontrar certezas e sim o que Moreira chama de “graus de certeza” sobre os conhecimentos.

7 - Princípio da aprendizagem pelo erro: a ideia de aprender a partir do erro pode ser um fator decisivo para ampliar a ocorrência do aprendizado. É fundamental que no decorrer do processo de aprendizagem, o aluno busque aprender com o erro de forma criteriosa, pois “buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente, é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarando o erro como natural e aprendendo através de sua superação” (Moreira, 2005). O professor atua como um agente que facilita e ajuda na identificação desses erros, indicando “caminhos” que possam levar ao conhecimento, superando o erro.

8 - Princípio da desaprendizagem: fazendo alusão à epistemologia de Gaston Bachelard (1884 - 1962) o conhecimento prévio do aluno pode funcionar como um obstáculo epistemológico. Ou seja, uma série de conhecimentos que estruturam a forma de pensar e o entendimento sobre determinado assunto, ou que formam a ideia de um determinado conceito que virá a ser aprendido, por mais que seja relevante, pode suscitar ao erro e atrapalhar o desenvolvimento da aprendizagem. Nesse sentido, é importante considerar “desaprender” aquilo que o aluno já sabe em certo sentido, para que não ocorra essa falha. Conforme explica o autor “Desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o conhecimento prévio (subsunção) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento”. (Moreira, 2005, p. 15).

9 - Princípio da incerteza do conhecimento: esse princípio está associado a forma como se constrói o conhecimento. Não se deve confundir incerteza com indiferença, nesse caso, pois não é a ideia de que todo e qualquer conhecimento é válido, mas sim que pode haver incerteza naquele conhecimento construído. Segundo Moreira (2006, p. 17):

“o princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana”.

Nesse sentido, é fácil perceber que esse princípio está interligado com os princípios anteriores, principalmente aqueles associados à percepção de nossas definições para o mundo e a linguagem empregada para atribuir significado às coisas.

10 - Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno.

Da diversidade de estratégias de ensino: efetivamente, trata-se do abandono da metodologia quadro-de-giz, baseado em um modelo tradicional de ensino no qual o professor preenche o quadro com informações e os alunos copiam, sem questionar, com o intuito de memorizar, traduzindo-se, assim, na essência metodológica da aprendizagem mecânica. Essa falta de sentido atribuído ao conhecimento e ao processo de ensino perpetua na escola. O princípio facilitador proposto por Moreira sugere o abandono dessas práticas, pensando em utilizar diferentes formas estratégicas de ensinar, ao invés da proliferação da narrativa centrada no docente, sem a participação dos alunos. O autor sugere ainda que a simples configuração de atividades como seminários, debates, conversas com os discentes possam colaborar para uma aprendizagem significativa, sem a necessidade de recorrer a estratégias pedagógicas inovadoras. “Na verdade, o uso dessas estratégias de ensino facilita tanto a implementação dos demais princípios em sala de aula como a atividade mediadora do professor”. (Moreira, 2005, p. 18).

11 - Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar: pensando nas formas pelas quais pode se promover uma aprendizagem significativa, este princípio se associa ao anterior, pois implica na condição de que o professor não seja somente um centro de referência único e central do conhecimento, por meio de uma aula baseada na sua narrativa. A construção de determinado conhecimento, seguindo esse princípio, é pautada em um processo no qual o aluno fala mais, expondo suas dúvidas ao professor, para que haja uma dialogicidade entre ambos e que, por meio dessa troca, o aluno possa expressar seus conhecimentos e lidar com os assuntos que se pretende que ele aprenda. Em suma, Moreira atenta para o fato de que repetir aquilo que outra pessoa fala (professor) não se traduz em um aprendizado e por isso caracteriza como importante o princípio do abandono da narrativa.

Os pressupostos para a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica, baseados nos princípios facilitadores sugeridos por Moreira permitem a implementação em sala de aula, bem como uma discussão pertinente a respeito de discussões sobre os processos cognitivos de aprendizagem.

2.1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)

Para subsidiar a pesquisa implementada, a escolha de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pareceu se adequar aos objetivos do trabalho. Mas, afinal, o que é uma UEPS?

Uma UEPS é um tipo de sequência didática, baseada em alguns princípios norteadores sustentados por marcos teóricos de alguns autores: Ausubel, Vergnaud, Johnson-Lainard, Vygotsky, Novak e Gowin. A filosofia da construção de uma UEPS se baseia na ideia de que “só há ensino se tiver aprendizagem e essa deve ser significativa” (Moreira, 2006, p. 44). Essa unidade de ensino possibilita organizar uma sequência de aulas, de forma planejada, para que durante os encontros, seja possível implementar de forma coerente com os conteúdos estudados, os preceitos indicados para uma aprendizagem significativa crítica. Nas palavras do autor: “São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula” (Moreira, 2011, p.43). Definida por aspectos sequenciais que estruturam sua organização, a UEPS pode ser pensada pelo professor utilizando diferentes estratégias educacionais, conforme os princípios sugeridos por Moreira e é constituída de aspectos transversais. Estes, por sua vez, retomam os princípios durante os encontros, com base em aulas que proporcionem uma dinâmica centrada no aluno, com sua efetiva participação, com tarefas em grupo buscando instigar os alunos a apresentarem e relacionarem situações-problemas que se conectem ao tema de estudo.

De acordo com MOREIRA (2011, p. 45), para a construção de uma UEPS deve-se ter:

- 1 - Definição do tema de ensino:** O professor deve identificar os aspectos mais relevantes do conteúdo e as dificuldades a serem trabalhadas;
- 2 – Levantamento dos conhecimentos prévios:** O professor deve criar situações que permitam o estudante exteriorizar o conhecimento prévio a respeito do conteúdo que será trabalhado;
- 3 - Situação introdutória:** O tema é apresentado em nível introdutório, de forma a utilizar dos conhecimentos prévios dos estudantes. Essa introdução pode servir como organizador prévio, onde o estudante cria subsunçores para que a nova informação se ancore;
- 4 - Diferenciação Progressiva:** Os conceitos são apresentados de forma gradual, partindo dos aspectos mais gerais e inclusivos para depois trabalhar aspectos específicos e complexos;

5 - Assimilação Obliteradora: Nessa etapa, o professor ajuda os estudantes a relacionarem os novos conhecimentos com os conhecimentos prévios, fazendo conexões significativas;

6 - Organização Sequencial: A organização do conteúdo trabalhado deve obedecer a uma sequência lógica que facilite a aprendizagem;

7- Consolidação: Atividades propostas pelo professor permitem o estudante aplicar o novo conhecimento em diferentes contextos, levando a uma consolidação da aprendizagem;

8 - Avaliação: As avaliações devem ser diversas para permitir que o estudante se expresse de diferentes maneiras.

Vale ressaltar que os passos não precisam estar todos presentes nem seguir obrigatoriamente essa ordem.

3. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é dividida em três etapas, resultando em um total de 36 aulas. Destaca-se que, como envolve, além da física, o tema racismo, a UEPS pode ser desenvolvida como um projeto interdisciplinar com outras áreas do conhecimento, notadamente ciências humanas, o que justifica a quantidade de aulas necessárias à sua concretização.

Além disso, precisa ser adaptada a cada realidade escolar, pois nem todas as escolas contam com material e laboratórios iguais à unidade escolar em que este projeto foi aplicado.

No quadro abaixo é apresentada a sequência na qual os temas foram trabalhados em sala de aula

Quadro 1 – Resumo dos conteúdos trabalhados

Parte	Quantidade de Aulas	Descrição
1ª	05	Introduzir o tema que será trabalhado nas próximas aulas; Assistir ao filme “O menino que descobriu o vento”.
	01	Roda de Conversa sobre o Filme
	02	Leitura de Artigos
	01	Avaliação
2ª	03	Aula expositiva dialogada sobre Lei de Coulomb;
	03	Aula expositiva dialogada sobre carga, campo e força;
	03	Aula expositiva dialogada sobre corrente elétrica e diferença de potencial;
	03	Aula expositiva dialogada sobre campo magnético;
	03	Aula expositiva dialogada sobre fluxo magnético;
	01	Avaliação individual
3ª	05	Pesquisa e discussão sobre fontes de energia
	05	Confecção das maquetes e produção do Podcast
	01	Avaliação
Total	36	OBS: os materiais e slides que serão utilizados podem ser acessado por meio dos seguintes links:

		https://drive.google.com/drive/folders/1RGjg6TNsyn8o1zPNFTPK_SryEu1Ie0L_ SLIDE
--	--	--

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

3.1 PARTE 1 - A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS E A GERAÇÃO DE ENERGIA

Duração: 9 aulas de 45 minutos cada

Objetivos:

- Levantar a problematização inicial para a observação dos conhecimentos prévios;
- Introduzir o tema de geração de energia e relacionar com filme;
- Assistir ao filme, com a intenção de trazer a problematização do enredo para a atualidade, seja ela a falta de representatividade tanto na ciência quanto na falta de oportunidades para a população negra;
- Discutir o filme e ligá-lo ao racismo e a ciência;
- Trazer artigos científicos sobre negritude e ciência;
- Discutir os temas (física e negritude);
- Fazer com que os estudantes compreendam a importância da diversidade em qualquer setor da sociedade.

Conteúdo abordado:

- Negritude e ciência;
- Geração de energia;
- Conceitos da física como: leis de Coulomb, carga e campo elétrico, corrente, campo magnético e fluxo magnético.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Filme;
- Artigos científicos.

Metodologia:

1. Trazer o tema para verificar os conceitos prévios dos estudantes;

2. Assistir e discutir o filme sobre os pontos os quais os estudantes conseguiram conectar a negritude e a física;
3. Construção de textos e mapas conceituais relacionando os temas ciência e racismo;
4. Dividir os estudantes em grupos para o estudo dos artigos e após discutir os temas;
5. Criar mapas conceituais e textos relacionando a física o preconceito e a falta de representatividade na ciência.

3.2 MOMENTO 2: UNIDADES TEMÁTICAS DE FÍSICA ACERCA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Duração: 16 aulas de 45 minutos cada

Objetivos:

- Apresentar os conceitos das unidades temáticas, por meio de apresentações de slides;
- Revolver questionários abordando os cálculos necessários para o entendimento dos estudantes, nos quais as questões, possam elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica;
- Desenvolver nos estudantes a prerrogativa de que consigam analisar, avaliar e compreender textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações que tangem os conteúdos a eles apresentados.

Conteúdo abordado:

- Lei de Coulomb;
- Carga, campo e força;
- Corrente e DDP;
- Campo magnético;
- Fluxo magnético.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Slides;
- Lista de exercícios impressos.

Metodologia:

1. Trazer para sala de aula slides sobre os temas, com a finalidade de explicar os conteúdos apresentados;
2. Fazer lista de exercícios como fechamentos de cada unidade temática;
3. Corrigir as atividades em sala de aula;

3.3 MOMENTO 3 GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

Duração: 5 aulas de 45 minutos cada

Objetivos:

- Discutir a importância de aplicar a física no cotidiano, como exemplo as possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição de energia elétrica;
- Considerar a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

Conteúdo abordado:

- Fontes de energia disponíveis no estado de Santa Catarina.

Recursos:

- Lousa e marcador;
- Utilização do laboratório Maker para criação do episódio do podcast e confeccionar trabalhos de maquetes relevantes ao tema;
- Viagem a algumas geradoras de energia próximas à cidade de São Joaquim, tais como geradores eólicos de Bom Jardim da Serra, Central da Celesc em Lages.

Metodologia:

- Solicitar aos estudantes pesquisas e dados disponíveis, sobre a geração e distribuição de energia em nosso Estado;
- Trazer convidados, pessoas que trabalhem em empresas relacionadas ao meio energético;
- Fazer uma apresentação para a comunidade escolar com os trabalhos desenvolvidos pelos estudantes sobre o desenvolvimento do produto educacional.

3.4 MOMENTO 4 AVALIAÇÃO

Duração: 4 aulas de 45 minutos cada

Objetivo:

- Observar a captação de significados e a compreensão dos conceitos.

Conteúdo abordado:

- Avaliação.

Recursos:

- Avaliações impressas.

Metodologia

- Realização de prova individual, com questões discursivas teóricas e numéricas e uma avaliação das aulas, na qual o aluno poderá demonstrar suas opiniões, críticas e comentários, individualmente e anonimamente sobre suas experiências, seu aprendizado e sua motivação durante as aulas.

REFERÊNCIAS

DANTAS, Robson Alves. **"Campo elétrico"; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/fisica/campo-eletrico.htm>. Acesso em 02 de agosto de 2024.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo**, 8. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2010, v.3.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo**, tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016;

LOOS, Marcio. **Aula Teórica 18**, 2015. Disponível em: <https://loos.paginas.ufsc.br/files/2014/12/FGE3-Aula-Te%C3%B3rica-18.pdf>. Acesso em: 04 de agosto de 2024.

MOREIRA, Marco Antônio, **Aprendizagem Significativa: teoria e prática**. São Paulo: Cortez, 2000.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antônio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2011.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. **Meaning making**. Teaching as a subversive activity, 1969.

SERWAY, Raymond A. **Física: Volume 2**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

YOUNG, Hugh D. FREEDMAN, Roger A. **Física 3: eletromagnetismo**. 12.ed. São Paulo: Pearson, 2015.

ANEXOS

ARTIGOS UTILIZADOS PARA TRABALHAR A TEMÁTICA - A INVISIBILIDADE DOS CIENTISTAS NEGROS

ANEXO I

A invisibilidade da mulher negra na Ciência: uma análise a partir de livros didáticos de Ciência e Biologia

The invisibility of the black woman in Science: an analysis from Science and Biology textbooks

La invisibilidad de la mujer negra en la ciencia: un análisis de los libros de texto de Ciencia y biología

Ana Caroline de Oliveira Pereira¹; Marcelo Alberto Elias²

RESUMO

A perpetuação do discurso racista e machista na sociedade atual tem influência em todas as áreas e, em especial, na área científica. O presente trabalho objetivou investigar a presença de mulheres negras na história da Ciência, por meio da análise de duas coleções de livros didáticos de Ciência e Biologia. Os livros de Ciências e Biologia analisados foram os do último programa Nacional de livro didático (PNLD), adotados por escolas do município de Cruzeiro do Oeste (PR). Os resultados demonstraram a ausência de relatos sobre a presença de mulheres negras na Ciência. Por fim, com a finalidade de instrumentalização para o ensino na Educação Básica, o presente estudo apresenta uma relação de cientistas negros nas mais diferentes áreas das Ciências Biológicas.

Palavras-chave: Ensino de ciências e biologia; Feminismo; História da ciência; Relações étnico-raciais.

ABSTRACT

The perpetuation of racist and sexist discourse in current society has influences in all areas and especially in the scientific area. The present work aimed to investigate the presence of black women in the history of science, through the analysis of two collections of science and biology textbooks. The analyzed science and biology books were from the last national textbook plan (PNLD), of the Municipality. from Cruzeiro do Oeste (PR). The results demonstrated the absence of reports on the presence of black women in science. Finally, in order to instrumentalize teaching in basic education, the present study presents a list of black scientists in the most different areas of Biological Sciences.

Keywords: Science and biology teaching; Feminism; History of science; Ethnic-racial relations.

RESUMEN

La perpetuación del discurso racista y sexista en la sociedad actual tiene influencias en todos los ámbitos y especialmente en el ámbito científico. El presente trabajo tuvo como objetivo investigar la presencia de la mujer negra en la historia de la ciencia, a través del análisis de dos colecciones de libros de texto de ciencia y biología. Los libros de ciencia y biología analizados pertenecen al último Programa Nacional de Libros de Texto (PNLD), adoptado por las escuelas del municipio de Cruzeiro do Oeste (PR). Los resultados demostraron la ausencia de informes sobre la presencia de mujeres negras en la ciencia. Finalmente, con el propósito de instrumentalizar la docencia en la educación básica, el presente estudio presenta un listado de científicos negros en las más diversas áreas de las Ciencias Biológicas.

Palabras clave: Enseñanza de la ciencia y la biología; Feminismo; Historia de la ciencia; Relaciones étnico- raciales.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade Brasileira é constituída por uma população com diferentes tonalidades de pele. Segundo levantamentos feitos pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), atualmente o Brasil é formado por aproximadamente 207,8 milhões de habitantes, dentre estes brancos, pardos, amarelos, indígenas e negros. De acordo com a pesquisa realizada em 2018, 43,1% das pessoas eram de cor brancas, 46,6% pardos, 0,7% amarelos, 0,4% indígenas e 9,3% negros. Essa diversidade de tons de peles que existente no país estão profundamente enraizadas desde o princípio da sua história, misturas de cores que têm uma forte relação com o “descobrimento do país”, em que três povos se encontraram em um mesmo lugar: portugueses, africanos e indígenas.

Segundo Nascimento (2016), assim que os portugueses “descobriram” o Brasil, em 1500, após alguns anos foram trazidos, presos a correntes, milhares de negros para a exploração da nova terra. Estes foram distribuídos inicialmente na região litorânea e, posteriormente, por todo o território, vivendo em condições escravistas, desumanas, sendo tratados como pessoas inferiores.

A importação dos negros para o Brasil foi para utilização da sua força para o trabalho e obtenção de lucro para o império português. A maior parte dos escravos era homens, as mulheres negras existentes eram vistas, pelos portugueses, como objetos de trabalho e sexuais, além de serem completamente proibidas de formar uma estrutura familiar (NASCIMENTO, 2016).

Segundo Cardoso (2018), no período da escravidão acreditava-se que existiam raças, sendo a branca a superior e a negra inferior. Nesta época, portanto, foi implantando em nossa sociedade, processos de padronização de imagem estereotipadas e racistas. Os discursos promovidos no Brasil colônia e pós-abolição enfatizaram, assim como fizeram acreditar que homens e mulheres negras fossem seres secundários, sem nenhuma habilidade intelectual, e todos os seus direitos como ser social eram inexistentes. Os discursos realizados no período de escravidão afetaram profundamente as mulheres, principalmente, as mulheres negras, que ainda hoje sofrem com o machismo e o racismo ao mesmo tempo. Em consonância com Nascimento (2016, p. 73), “O preço dessa herança foi pago pela mulher negra, não só durante a escravidão, ainda nos dias de hoje”.

Além da questão racial, na atualidade ainda se apresenta traços machistas, que têm como ancestral principal, a estrutura patriarcal familiar, sistema que o Brasil herdou de Portugal, onde o domínio do poder é predominantemente masculino. Ao longo do tempo, esse conceito foi estabelecido na população, originando padrão e ideologias em relação às mulheres, acarretando um processo de desigualdade social, em que as mulheres tiveram uma grande perda na escolaridade e empregabilidade. Com as lutas feministas, a desigualdades entre homens e mulheres começaram a ser alteradas. No final do século XIX, os movimentos feministas iniciaram uma transformação social, na qual os direitos das mulheres foram reivindicados. Todavia, mesmo com todas as conquistas que as mulheres tiveram até o atual momento, ainda existe a presente do machismo na sociedade, que muitas vezes está disfarçado, salientando também que há interseccionalidades, e as mulheres negras continuam sendo as mais afetadas (VIGANO; LAFFIN, 2019).

Assim, dentro dessa complexidade social, a educação é fundamental. Segundo o Sociólogo Durkheim (1975), ela é um processo de socialização, com intuito de integrar os indivíduos no contexto social, por isso está em constante mudança.

Nesta mesma ideia, Tragterber (2018) salienta que a educação é moldada conforme as necessidades da população. Atualmente, a sociedade utiliza-se da educação para a integração dos seres humanos em todas as áreas do meio social, mas no passado, com o progresso do capitalismo, a alfabetização se fez necessária somente para atender às necessidades das questões trabalhistas. A educação sempre se fez necessária na sociedade, mesmo com objetivos diferentes, pois, além de agregar ao ser humano conhecimentos necessários, gera uma maior capacidade de autonomia.

Com o avanço da sociedade e da educação foi possível um grande crescimento e investimento na área da pesquisa científica, gerando um grande benefício para toda a sociedade, em todos os contextos sociais, principalmente na área da saúde, tecnologia e meio ambiente, houve uma grande melhoria na qualidade global dos indivíduos. O crescimento de um país está interligado com a educação e com as suas pesquisas científicas.

Os avanços na educação estão relacionados, em especial, com o processo de ensino e aprendizagem, com destaque para as ferramentas metodológicas. De acordo com Alves e Leite (2018), o professor pode e deve utilizar vários recursos pedagógicos, com isso facilitará o processo de aprendizagem dos seus alunos. Existem inúmeros apoios pedagógicos que o docente pode usar em suas aulas, como: livros didáticos; vídeos; áudios; imagens; textos e outros. O mais utilizado no ambiente escolar é o livro didático, ferramenta usada pelos professores e alunos, sendo considerado um material que está à disposição da comunidade escolar, por isso exerce um papel relevante na aprendizagem. O livro didático tem um papel importante, pois auxilia os professores na organização de suas aulas e durante a aplicação destas, porém deve ser usado de forma crítica e consciente, mesclando em suas aulas com outros recursos (ALVES; LEITE, 2019).

Colaborando com essa ideia, Silva, Alves e Giannotti (2006) salientam que o livro didático é um material pedagógico importante para os professores e alunos, entretanto não deve ser o único utilizado para obtenção de conhecimento. O livro didático é um recurso que ocupa um lugar considerável no ambiente escolar, diante disso, faz-se necessário que eles sejam atualizados e adaptados conforme as novas diretrizes no Ensino Fundamental e Médio, com métodos e metodologias que façam que os alunos possam ser estimulados a tornarem-se seres pensantes, e não apenas reprodutores de informações. Por isso, é essencial fazer a escolha dos livros didáticos com muita criticidade e por pessoas vinculadas à educação.

Os livros didáticos, sobretudo o de ciências e biologia, têm o papel de trazer para a realidade do aluno a ciência. Desmistificando, consolidando e colaborando com a construção de conhecimentos sólidos a respeito dela. Está presente no cotidiano da sociedade a tecnologia, que foi alcançada pela ciência, sendo assim, é necessário democratizar esse conhecimento para que os cidadãos possam ser inseridos na cultura científica (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017).

Ainda, segundo Silva, Ferreira e Vieira (2017), a aprendizagem tem como finalidade proporcionar ao educando uma compreensão de mundo, possibilitando ao sujeito, conhecimentos para realizar escolhas sensatas e coerentes, assegurando-lhe consciência em

relação às suas condutas e atitudes. Diante disso, a escola tem um papel muito importante no contexto social, pois tem como responsabilidade a divulgação científica.

A importância do ensino científico na formação de cidadãos críticos, reflexivos e conscientes de sua condição de mundo no desenvolvimento do país, tendo em vista que no mundo pós-moderno, em franco desenvolvimento tecnológico, a educação científica é ferramenta determinante na pujança econômica e social de países. (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017, p. 37).

Por isso, faz-se necessário o ensino de Ciências e Biologia, o qual teve início a partir da década de 1970, quando o mundo estava passando por grandes mudanças devidos aos problemas relacionados à tecnologia, que tinha como intuito fazer a relação entre ciências, tecnologia e sociedade, movimento que ficou conhecido como CTS, e tinha a finalidade de formar cidadãos críticos, capazes de viver em uma sociedade de uma forma democrática e sustentável (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017).

O ensino de Ciências e Biologia é um mecanismo fundamental para a implantação do método científico na sociedade, sendo o professor, mediador desse conhecimento. Com o ensino da ciência o aluno conseguirá entender o mundo e seres que nele habita, e com esta compreensão pode se tornar um indivíduo pensante e crítico diante da realidade. Entretanto, há inúmeros desafios na educação científica, como a carência estrutural, déficit na falta de laboratório e equipamentos tecnológicos, professor sem uma educação continuada e a ausência de investimento na educação científica por parte do governo (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017).

A história da Ciência muitas vezes passa despercebida ou é esquecida nos livros didáticos. Em especial, no tangente à mulher negra, os relatos dentro desse material parecem ser algo inexistente. Em oposição, surge a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, apontando a questão étnico-racial como fundamental na educação básica. Como resolver esse impasse? Será que é possível através da história da ciência resgatar a importância das mulheres negras dentro do ensino de Ciências e Biologia?

Desse modo, o uso da história da Ciência como instrumento metodológico no ensino de Ciências e Biologia, poderia minimizar esse contexto de apagamento da memória histórica de mulheres negras na Ciência. O presente trabalho, portanto, objetivou investigar a presença de mulheres negras na história da Ciência, por meio da análise de duas coleções de livros didáticos de Ciência e Biologia, com a finalidade de instrumentalização para o ensino na

educação básica, ainda, apresenta-se uma relação de cientistas negras nas mais diferentes áreas das Ciências Biológicas.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é de natureza aplicada, com abordagens quantitativa e qualitativa, com procedimentos técnicos bibliográfico e documental (MINAYO, 2011).

Assim, foi analisada uma coleção de livros de Ciências do Ensino Fundamental e outra de Biologia do Ensino Médio. Para tanto, o critério de escolha das coleções foi que estas deveriam estar presente no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o quadriênio, do livro de Ciências (2020 a 2023) e o de Biologia (2015 a 2017); ambas as coleções, escolhidas pelos professores da rede estadual no município de Cruzeiro do Oeste, região noroeste do estado do Paraná.

Após a escolha das coleções, realizou-se a análise por esgotamento, folheando página por página dos livros, buscando referências (textuais ou visuais) de figuras de mulher negra em cada capítulo. Posteriormente, a fim de colaborar com a instrumentalização de professores de Ciências e Biologia, realizou-se ainda um levantamento dentro da literatura histórica e científica para encontrar mulheres negras presentes nas grandes áreas das referidas disciplinas, usando como referência a classificação do CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). As áreas foram: Genética, Botânica, Zoologia, Ecologia, Morfologia, Fisiologia, Bioquímica, Microbiologia e Parasitologia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira coleção analisada foi dos livros de Ciências do Fundamental II, selecionado no último Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), referentes aos anos de 2020 a 2023, da coleção “Arariba”, que tem como responsável pela obra, Maíra Rosa Carnevalle, é desenvolvido e reproduzido pela editora Moderna. Nos livros do 6º ao 9º não foram encontrados nenhuma representatividade de mulheres negras na Ciência, ou seja, há inexistência de conteúdo ou imagem. Nos livros didáticos do 6º e 9º encontrou-se um pequeno número de representatividade de mulheres brancas da Ciência, também foi encontrado conteúdos sobre a importância das mulheres no mundo científico, nos livros do 6º, 7º e 9º ano; e todos os livros tinham figuras aleatórias de mulheres negras.

A Segunda coleção analisada refere-se a do Ensino Médio, selecionada no último Programa Nacional de Livro Didático (PNLD), relativo aos anos de 2015 a 2017. Os livros do 1º e 2º

ano são da coleção “Ser Protagonista”, e tem como autora, Tereza Costa Osorio, é desenvolvido pela editora SM. Já o livro do 3º ano pertence a marca “Hoje”, tendo como escritores, Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder, desenvolvida e reproduzida pela editora Ática. Nos livros dessas coleções não foi encontrada nenhuma representatividade de mulheres negras da Ciência, tampouco tinham conteúdos referentes às mulheres, apenas foram encontradas imagens aleatórias de mulheres negras.

As mulheres, por meio de suas lutas, conquistaram muitos direitos, como votar, leis que as protege contra qualquer tipo de violência, alcançaram espaços trabalhistas, mas ainda sofrem diversas opressões em seu dia a dia. O machismo está enraizado no inconsciente dos seres humanos, o que faz com esse sistema continue fortemente em sociedade, sendo propagado, sutilmente, pela mídia, Ciência e pelas imagens, esse cenário se torna ainda mais agravante para as mulheres negras (WASCHINEWSKI; RABELO; ALVES, 2017; CARDOSO, 2018).

A invisibilidade das mulheres negras da Ciência fica evidenciada nos livros didáticos do Fundamental II e do Ensino Médio. Esse silenciamento textual e visual ocorre desde a escravização, período em que negros eram tratados como mercadorias, vistos como mero objetos, como se não pertencessem a mesma espécie dos brancos. As mulheres escravizadas, por sua vez, foram sujeitadas a vários tipos de opressões e violência, mesmo após a abolição da escravatura, continuam visualizadas como objetos sexuais pelos homens brancos. Atualmente, ainda existe preconceito e racismo, e as mulheres negras precisam lutar duplamente contra o racismo e o sexismo que está presente em nossa sociedade (WERNECK, 2010; WASCHINEWSKI; RABELO; ALVES, 2017).

Nesse contexto, a mulher negra é vista até hoje com o mesmo olhar, ou seja, sua imagem é sempre colocada com inferioridade e/ou como objeto sexual, isso ocorre em todos os meios de comunicação e, inclusive, nos livros didáticos. Todas as mulheres sofrem dentro patriarcado, mas se a mulher branca encontra dificuldade de ser visualizada e representada na Ciência, para a mulher negra é ainda maior a sua luta. Assim, buscando a resistência a essas ideias, é preciso entender a escola como um espaço social de luta, esclarecimento, onde é realizada trocas de conhecimentos, desconstrução e construção de novos pensamentos, para a formação de um indivíduo sem preconceitos, sexismo ou racismo.

O livro didático é o material de aprendizagem mais utilizados no meio escolar, no entanto, muitas vezes são elaborados sem criticidade, inferiorizando ou ocultando a presença de mulheres negras, retirando a importância destas no mundo científico. As mulheres negras cientistas precisam ser representadas nos livros didáticos de Ciência, para que os jovens

leitores consigam refletir e desconstruir todo o machismo e racismo histórico (MATOS, 2008; BARROZO, 2017).

Por fim, buscando colaborar com a instrumentalização de professores de Ciências e Biologia, realizou-se um levantamento dentro da literatura histórica e científica, com o intuito de encontrar mulheres negras presentes nas grandes áreas das Ciências Biológicas. Para tanto, usou-se como referência a classificação do CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). As áreas foram: Genética, Botânica, Zoologia, Ecologia, Morfologia, Fisiologia, Bioquímica, Microbiologia e Parasitologia.

As informações desse levantamento estão organizadas e apresentadas na tabela 01.

Tabela 01- Relação de mulheres negras presentes nas diferentes áreas da biologia

MULHERES	IMPORTÂNCIA	ÁREA
- Jaqueline Gees de Jesus; - Kizzekia Corbett;	- Sequenciou o genoma do vírus SarCov2; - Desenvolvimento da primeira vacina do SarsCov2;	Genética
Margaret James Strickland Collins.	Pesquisadora sobre cupins, descobriu uma nova espécie.	Zoologia
- Wangari Maathai; - Viviane dos Santos Barbosa.	- Ambientalista, lutava a favor do meio ambiente; - Desenvolveu um produto catalisador que reduz emissão de gases poluentes.	Ecologia
Jane Wright	Foi pioneira no tratamento contra o câncer.	Morfologia
Marie M. Daly	Estudou os efeitos causados no coração e nas artérias, por fatores como :envelhecimento, tabagismo, hipertensão e colesterol.	Fisiologia
- Alice Ball; - Helena Carla Castro.	- Desenvolveu um tratamento eficaz para a Lepra (antes do descobrimento do antibiótico); - Tratamento de doenças, como a Aids, desenvolvimento de medicamento para bactéria resistente.	Bioquímica
- Jaqueline Gees de Jesus; - Kizzekia Corbett; - Jessie Isabelle Price - Helena Carla Castro.	- Descobriu o genoma do SarsCov2; - Desenvolvimento da primeira vacina contra o vírus SarsCov2; - Desenvolveu vacinas para proteger animais; - Tratamento de doenças, como a Aids, desenvolvimento de medicamentos para bactéria resistente.	Microbiologia

• Zélia Maria Profeta da Luz	• Desenvolve estudos na área de prevenção e controle das leishmanioses.	Parasitologia
------------------------------	---	---------------

Fonte: Autores, 2021.

Durante muito tempo as mulheres negras não puderam fazer parte da construção do conhecimento científico e filosófico, apesar de a Ciência contemporânea continuar sendo predominantemente masculina, nas últimas décadas o número de mulheres negras cientistas vem aumentando. Porém, estas mulheres continuam na invisibilidade, em decorrência, principalmente, de uma ideologia machista e racista que prevalece, em que persiste o mesmo olhar sobre as mulheres negras construído no período da escravidão (COSTA, 2006; MATOS, 2008).

O levantamento apresentado na tabela 01 sugere que a presença das mulheres negras na Ciência, ou melhor, o reconhecimento de sua importância ainda está longe de ser o ideal. Porém, a popularização da Ciência e a divulgação científica poderia ser um instrumento para contribuir com o aumento da visibilidade delas. Esse fato fica evidente pela baixa quantidade de mulheres encontradas para compor a tabela de sugestões e, ainda, pela ausência de uma referência na área da Botânica.

Nesse sentido, espera-se que as informações presentes na tabela 01 possam colaborar com a prática docente reflexiva e desconstrutiva no ensino de Ciências e Biologia. Que seja um instrumento de visibilidade da mulher negra no espaço escolar, quer seja através de um plano de ensino, planos de aula, sugestões de leituras, ou de qualquer outra forma que o professor julgar apropriado.

Portanto, a educação se torna uma ferramenta essencial para desconstrução do racismo e machismo. É evidente a importância da utilização da representatividade de mulheres negras da Ciência em livros didáticos, material pedagógico que possibilita conhecer as contribuições que elas trouxeram para as áreas das Ciências, além disso, ao abordar assuntos relacionados às mulheres negras, ressaltando a sua importância e seu papel dentro da sociedade, possibilita-se reconstruir um novo olhar sobre estas mulheres (COSTA, 2006; MATOS, 2008).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados na presente pesquisa, mesmo que representado em um pequeno recorte, demonstram a perpetuação da invisibilidade das mulheres negras dentro da Ciência.

Ausência essa que tem sua origem histórica e alimenta a perpetuação do sexismo e do racismo.

Dessa forma, faz-se necessário promover um movimento de resistência contra esse discurso falado e não falado de manutenção da invisibilidade feminina negra nas escolas, e fortalecer a representatividade de mulheres negras nos livros didáticos, pois com o estudo sobre estas mulheres é possível iniciar um processo de desconstrução desses sistemas, reconstruindo um novo pensamento em relação a elas dentro do mundo científico e, ainda, contribuir com o empoderamento de novas mulheres para este ramo de trabalho, em especial as jovens.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, F. C. S.; LEITE, M. J. S. A história e cultura afro-brasileira nos livros didáticos de arte e língua portuguesa/ literatura. **Educação em Debate**, Fortaleza, n. 76, p. 40. Maio/ago. 2018. Disponível em http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/38480/3/2018_art_fcsalvesmjsleite.pdf. Acesso 26 de mar.2020.

BARRAZO, M. B. A invisibilidade das mulheres negras e o branqueamento do território nos livros didáticos de geografia sob a ótica da lei 10.639/03. **Encrespando**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, jul. 2017. Disponível em: <https://encrespando.jur.puc-rio.br/index.php/files/article/view/8/8>. Acesso em 23 de nov. 2020.

CARDOSO, C. P. Experiências de mulheres negras e o feminismo negro no Brasil. **Revista da ABPN**, Bahia, v. 10, n. 25, p. 217-328, mar./jun. 2018. Disponível em:[<http://www.scielo.br/pdf/ref/v26n1/1806-9584-ref-26-01-e51328.pdf>]. Acesso em 23 de mar. 2020.

CARNEVALLE, M. R. **Ciências (Ensino Fundamental I)**. Arariba mais. 1º Edição. São Paulo: Moderna, 2018.

COSTA, M. C. Ainda somos poucas. Exclusão e invisibilidade na ciência. **Cad. Pagu**, Campinas, n. 27, jul/dez. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-83332006000200018&lng=pt&tlng=pt. Aceso em 25 de nov. 2020.

CUNHA, M. F. Casamentos mistos: entre a escravidão e liberdade Franca-São Paulo/ Brasil, Século XIX. **Rev.Bras. Estud. Populb**, São Paulo, v. 34, n. 02, p.223-242, maio. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v34n2/0102-3098-rbepop-34-02-00223.pdf>. Acesso em 19 mar. 2020.

DURKHEIM, É. **Educação e Sociologia**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1975.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População chega 205,5 milhões, com menos brancos e mais pardos e pretos.** Brasil: IBGE, 2019. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18282->

[populacao-chega-a-205-5-milhoes-com-menos-brancos-e-mais-pardos-e-pretos.](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18282-) Acesso em 18 de Mar. 2020.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**. 2 ed. Ática, 2013.

MATOS, M. Teorias de gênero ou teorias e gênero? Se e como os estudos de gênero e feministas se transformaram em um campo novo para as ciências. **Estudos Feministas**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 440, maio/ago. 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/ref/v16n2/03.pdf>. Acesso em 19 nov. 2020.

MINAYO, M. C. S.; DESLANDES, S. F.; GOMES, R. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 30 ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

NASCIMENTO, A. **O genocídio do negro brasileiro: processo de um racismo mascarado**. 3 ed. São Paulo: Perspectivas, 2016.

ANEXO II

Descolonização da política curricular monocultural e monorracista da formação de professores na área de ciências da natureza: rumo ao currículo e educação antirracista

Decolonisation of the mono-cultural and monorracist curriculum policy of teachers training in the natural sciences: towards curriculum and antirracist education

De la política curricular monocultural y monorracista de formación de profesores de ciencias naturales: hacia una educación curricular y antirracista

Recebido: 27/06/2020 | Revisado: 06/07/2020 | Aceito: 22/07/2020 | Publicado: 02/08/2020

Carlos Luis

Pereira ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-7074-8661>

Universidade Estadual da Bahia, Brasil

Universidade Federal do Espírito Santo,

Brasil carlosluispereira_331@hotmail.com

Marcia Regina Santana

Pereira ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-9907-7953>

Universidade Federal do Espírito Santo,

Brasil

marcia.modelar@gmail.com

Resumo

Neste artigo objetiva-se propor o processo de emergência da inclusão de pensadores negros nas bibliografias indicadas aos cursos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, almejando a atual descolonização da hegemonia da biblioteca colonial, pautada pela supervalorização do conhecimento produzido por intelectuais europeus e seus descendentes cristalizado nas bibliografias e textos acadêmicos, caracterizando o racismo epistêmico, monocultural e monorracista da atual política curricular da formação de

professores do Brasil. Busca-se no decorrer da pesquisa apresentar subsídios teóricos e intelectuais negros e sua afrodescendência da história bem como sua referida área de conhecimento. O Marco teórico- metodológico da pesquisa ancora-se dentro da abordagem qualitativa e dentro dos procedimentos da pesquisa bibliográfica. Destaca-se como importante resultado o quantitativo de pensadores negros em Ciências da natureza. Verifica-se a ausência de pensadores negros nas bibliografias e textos acadêmicos e constata-se o desconhecimento dos futuros professores entrevistados de intelectuais negros. Conclui-se a emergência da inclusão de pensadores negros no processo da formação inicial, visando à descolonização racista da atual política curricular da formação docente no Brasil e o trabalho apontou caminhos ao listar inúmeros intelectuais negros na história da ciência, bem como o respectivo legado.

Palavras-chave: Ciências da natureza; Negros; Ciência política curricular; Ensino; Cidadania.

Abstract

This article aims to propose the emergence of the inclusion of black thinkers in the bibliographies indicated to the courses of Nature Sciences and its Technologies, aiming at the current decolonization of the hegemony of the colonial library, guided by the overvaluation of the knowledge produced by European intellectuals and their descendants crystallized in bibliographies and academic texts, characterizing the epistemic, monocultural and monoracist racism of the current curriculum policy of teachers education in Brazil. In the course of the research, it is sought to present theoretical and intellectual black subsidies and their afrodescendence of history as well as their referred area of knowledge. The theoretical and methodological framework of the research is anchored within the qualitative approach and within the procedures of bibliographic research. The important result is the quantitative of black thinkers in nature sciences; the absence of black thinkers in the bibliographies and academic texts is verified and the ignorance of the future professors of black intellectuals interviewed is verified. The emergence of the inclusion of black thinkers in the process of initial formation is concluded, aiming at the racist decolonization of the current curricular policy of teacher formation in Brazil, and the work has pointed out paths by listing numerous black intellectuals in the history of science, as well as their respective legacy.

Keywords: Natural sciences; Black; Political science curriculum; Teaching; Citizenship.

Resumen

El presente artículo tiene por objeto proponer el surgimiento de la inclusión de pensadores negros en las bibliografías indicadas a los cursos de Ciencias de la Naturaleza y sus Tecnologías, con miras a la actual descolonización de la hegemonía de la biblioteca colonial, guiada por la sobrevaloración de los conocimientos producidos por los intelectuales europeos y sus descendientes cristalizados en las bibliografías y textos académicos, caracterizando el racismo epistémico, monocultural y monoracista de la actual política curricular de formación de profesores en el Brasil. En el curso de la investigación se busca presentar los subsidios negros teóricos e intelectuales y su afrodescendencia de la historia así como su área de conocimiento referida. El marco teórico y metodológico de la investigación está anclado en el enfoque cualitativo y en los procedimientos de la investigación bibliográfica. El resultado importante es el cuantitativo de los pensadores negros en las ciencias de la naturaleza; se verifica la ausencia de pensadores negros en las bibliografías y textos académicos y se comprueba la ignorancia de los futuros profesores de intelectuales negros entrevistados. Se concluye el surgimiento de la inclusión de pensadores negros en el proceso de formación inicial, con el objetivo de la descolonización racista de la actual política curricular de formación de profesores en el Brasil, y el trabajo ha señalado caminos al enumerar numerosos intelectuales negros en la historia de la ciencia, así como su respectivo legado.

Palabras clave: Ciencias de la naturaleza; Gente negra; Plan de estudios de ciencias políticas; Educación; Ciudadanía.

1. Introdução

A discussão sobre a descolonização curricular em todos os níveis e modalidades de ensino ocupa centralidade neste presente trabalho, com o olhar crítico acerca do currículo da formação de professores, cristalizado pelo racismo epistêmico trazer esta temática a luz é resultado de esforços teóricos e epistemológicos dos povos colonizados da América Latina, Ásia e África. A luta e resistência tem sido em mostrar que há vasta produção de conhecimentos científicos de intelectuais negros, estes historicamente e propositalmente vem sendo detratados, silenciados e inferiorizados pela ciência de supremacia branca e europeia que se construiu como a representante dos conhecimentos universais,

simbolizando a colonialidade e epistemologia do saber dos europeus e seus descendentes e do apagamento da ciência e da cultura das demais matrizes étnicas, aqui focalizamos a africana e a indígena.

Os documentos curriculares nacionais tanto na formação de professores quanto da educação básica brasileira, tem tido compromisso com o veículo de conhecimentos e saberes socioculturais em sua ação e transmissão de valores dominantes, apresentando uma ideologia que reafirma a política curricular comprometida com uma etnia eurodescendente dominante e opressora, sendo representada nos cursos de formação de professores nos acervos bibliográficos e nas ementas das disciplinas por intelectuais brancos. Essa política curricular de formação cristalizada de conhecimentos produzidos predominantemente por brancos há ausência principalmente de intelectuais negros nas bibliográficas indicadas pelos professores formadores.

Arrisco-me aqui afirmar que tal formação tem implicações nas práticas pedagógicas predominantemente brancocêntricas, essa política curricular centralizada no modelo europeu como único continente detentor do conhecimento, esta formação tem corroborado significativamente para a sustentação da colonialidade da hegemonia do conhecimento dominante da Europa fincado nas ementas das disciplinas, nos textos acadêmicos e nos livros didáticos. Pesquisas apontam que o racismo estrutural de nossa herança colonial e escravocrata, no meio acadêmico é concebido como racismo epistêmico como elemento da formação de professores e da prática escolar, viabilizado no ensino superior nas bibliografias com pensadores Europeus e da América do Norte.

Assim entende-se que o currículo não é neutro, ele representa conhecimento e cultura de uns e exclui de outros, assim tem sido na política do conhecimento do currículo, representar o saber/poder dos pensadores da etnia dominante e opressora.

O currículo constitui um campo do conhecimento simultaneamente teórico, ideológico, pedagógico, social e político, este documento historicamente tem representado os conhecimentos científicos da cultura que produziu McLaren (1997), Apple (1996), Pinar (2001) e Silva (2011).

Na atual centralidade dos cursos de formação de professores da área de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias os conhecimentos sociocientíficos disseminados têm tido prevalência do continente europeu ou da América do Norte, reafirmando a política curricular, colonialista e eurocêntrica norteadora da

formação inicial dos professores no Brasil. E, na perspectiva teórica de Pinar (2001) e Apple (1996) na América Latina o currículo da formação docente ainda tem sido produzido pelo estrado do segmento social dominante esta que não reconhece os conhecimentos científicos dos pensadores negros da diáspora do continente africano.

Neste artigo almeja-se propor a descolonização da política curricular racista para a antirracista na formação de professores mencionando pensadores negros, e torna-se emergência nas bibliografias e textos científicos a inclusão de pensadores negros, visando à formação antirracista rumo à educação pluricultural.

O artigo tem originalidade ao ser embasado por Oliva (2006) e Macedo (2016) na história da ciência um quantitativo importante de pensadores negros nas áreas de Biologia, Física e de Química, estes que ocupam invisibilidade nas bibliografias e textos acadêmicos das disciplinas de referência nacional dos cursos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias de acordo com Pinar (2001) e McLaren (1997) a atual política curricular racista da formação de professores no Brasil revela o racismo acadêmico perante na formação docente e sua desconstrução iniciará mediante a inclusão de pensadores negros para a efetivação da Lei nº 10.639/03 na sala de aula, configura-se fundamental para descolonização do currículo racista da formação docente, até porque o Brasil conforme aponta Gomes (2013) elemento fundamental para educação antirracista emergente efetivação política curricular da formação docente antirracista.

Dados de 2019 do instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aponta que os acadêmicos negros representam 50,4%, em contrapartida os conhecimentos sociocientíficos e culturais de matrizes africanas sub-representados propositalmente nas bibliografias e textos acadêmicos, bem como nas matrizes curriculares dos cursos de formação de professores. Tal apagamento acena para a desvalorização da produção dos conhecimentos científicos produzidos pelos intelectuais negros (Brasil,2019).

O artigo corrobora ao sinalizar que aos futuros professores não têm sido assegurados na formação o legado científico dos negros, reafirmando conforme aponta Silva (2011) e Arroyo (2018) o currículo representa e reproduz à cultura eurocêntrica, machista, heteronormativa e não negra e excluem as vozes e saberes dos negros, mulheres, índios,quilombolas e demais minorias presentes no território brasileiro.

Neste artigo conforme a perspectiva teórica de Gomes (2013) comprometida politicamente e ideologicamente com a política curricular antirracista e antieurocêntrica cristalizada na formação de professores, objeto deste estudo a área de conhecimento da

Ciências da Natureza.

O estudo justifica devido atual político curricular presente desde minha formação em nível de graduação e pós-graduação Stricto Sensu formação inicial observava a ausência de pensadores de matriz africana nas bibliografias indicadas para leitura e estudo.

E, ainda justifica-se tomando como base teórica Gomes (2013) e Candau (2000) pesquisa corrobora para desconstrução do racismo epistêmico fincado na hegemonia dominante do conhecimento monocultural e monorracista marcada por intelectuais europeus e seus descendentes que baliza historicamente a formação inicial de professores no Brasil.

Diante do exposto respaldado as principais perspectivas teóricas supracitadas a problemática de investigação por qual razão no Brasil país pluricultural e pluriétnico nas bibliografias dos cursos de formação inicial em Ciências da natureza e suas tecnologias se faz ausente pensadores negros?

Aponta-se a hipótese da supervalorização e reconhecimento dos conhecimentos científicos historicamente produzidos pelos pensadores do continente europeu, deve-se o processo de colonização dos países europeus principalmente Alemanha, França, Bélgica, e a Inglaterra no continente africano.

O artigo objetiva-se apresentar pensadores negros na área de conhecimento da Ciência da Natureza e respectiva atuação (Biologia, Física e Química).

2. Referencial Teórico

Conforme Pinar (2001) e Gomes (2013) atual política curricular da formação de professores no Brasil e na América Latina tem sido produzido por uma elite que através do currículo reproduz os conhecimentos científicos eurocêntricos e etnocêntricos e exclui os saberes produzidos pelo continente africano.

Schwarcz (2014), nos lembra que na história da ciência pensadores como Hegel afirmava sem embasamento científico a baixa intelectualidade dos africanos sendo assim, a ciência foi instrumento de veículo para disseminar pensamentos racistas e a inferioridade intelectual da cor/corpo negro em relação ao branco, sendo assim entendemos a origem do racismo acadêmico cristalizada na educação brasileira em todos os níveis e modalidades de ensino, principalmente na educação superior que tem implicações no fazer pedagógico dos futuros professores da educação básica que tem seguido o mesmo pensamento

brancocêntrico escolar, ao reproduzir a hegemonia dominante de conhecimento calcado na ciência produzida predominantemente da Europa.

Na assertiva de Backes (2008) e Gomes (2013), nos cursos de licenciatura de formação inicial de professores no Brasil atual política curricular tem ocorrido intencionalmente à supervalorização do conhecimento produzido pelos pensadores do continente europeu como saber universal e único. O autor advoga a necessidade do Brasil e da América Latina de reorganizar às diretrizes das políticas curriculares para formação de professores tendo a inclusão dos pensadores negros nas bibliografias e textos acadêmicos.

Na mesma esteira de pensamento político e ideológico Macedo (2016) aponta a África como o berço cultural da humanidade e de produção de conhecimento sociocientífico na área da Ciência da Natureza e suas Tecnologias, porém na formação inicial docente estes têm tido invisibilidade nas bibliografias, textos acadêmicos e nos discursos docentes.

Pensadores negros de referência no Brasil na qual aliamos nosso posicionamento político-pedagógico advogam para o enfrentamento de uma reorganização Curricular nas Diretrizes na formação inicial de professores dentro do paradigma currículo antirracista, e em particular a favor da inclusão dos pensadores negros nas bibliografias, livro e textos visando à formação do professor como identidade pluricultural e antirracista, objetivando a visibilidade dos pensadores negros da formação docente.

Na colocação de Duncan (2015), incorporar os conhecimentos científicos de matriz africana na formação docente configura-se fundamental para assegurar a vislumbrada educação antirracista corroborando para a desconstrução do racismo institucional incorporado no currículo da formação inicial de professores.

Na mesma linha de discussão Santiago, Akkari & Marques (2013), afirmam que a proposta do currículo antirracista tem como centralidade a desconstrução do currículo de formação docente branconcêntrica que compõem os saberes disciplinares e curriculares dos futuros docentes da educação básica e, estes reproduziram no fazer pedagógico o pensamento eurocêntrico escolar no Brasil.

Estes mesmos autores têm apontado que a formação de professores no Brasil está associada às tendências eurocêntlicas, esta tem comprometimento na transmissão de valores dominantes e engendrada na transmissão dos conhecimentos que reforçam a hegemonia da política oficial curricular do conhecimento eurocêntrica. Ainda nos alertam que tal formação vem sendo refletida no pensamento escolar da educação básica brasileira,

principalmente nos manuais didáticos.

Nos apontamentos de Oliva (2006), descolonizar o currículo racista e monocultural da formação inicial configura-se urgente discutir a relevância da inclusão dos pensadores negros para ciência, reafirmando o legado produzido pelo pensamento científico africano.

Sobre essa questão, Pacheco (2005), assevera fundamental o processo de emergência na descentralização da atual política curricular de base hegemônica dominante refletida nos cursos de formação de professores da área de Ciências da Natureza no Brasil, em que tem ocorrido colonização na biblioteca do conhecimento ao assegurar aos futuros professores conhecimentos representados predominantemente por pensadores brancos e invisibilidade do conhecimento-outro, quer dizer de outros povos e culturas, em particular produzidos pela matriz africana.

Na mesma linha de pensamento Walsh (2013), diz que a dimensão da pedagogia da decolonialidade configura-se uma incursão político-pedagógica e curricular para formação dos professores não Brasil e na América Latina, povos marcados pela herança colonial e escravocrata. Em sua colocação emerge a necessidade da formação de docentes dentro da perspectiva da dimensão do currículo multicultural como uma das possibilidades para uma educação e currículo antirracista no ensino da educação básica.

Concordando com as proposições de Macedo(2016) e Gomes (2013), a implementação do currículo antirracista na formação docente consolida-se como principal instrumento político para a desconstrução do racismo institucional e estrutural produzidos historicamente na sociedade brasileira e no campo educacional.

Na assertiva de Macedo (2016) e dos pensadores africanos Fanon (2016) e Diop (2016) a política curricular antirracista na formação inicial docente tem consolidado como o protesto negro em busca da visibilidade da ciência. Estes teóricos apontam produções científicas da diáspora africana nas áreas das Ciências da Natureza que contribuíram para toda a humanidade, porém apontam que o histórico racismo institucional expresso nas bibliografias e textos científicos acadêmicos não tem legitimado o legado científico produzido pelos pensadores negros. E, sim produzido a visão de conhecimentos sociocientíficos e culturais do estrato do segmento social dominante.

Concordando com Fanon (2016) e Diop (2016), historicamente falar sobre produção de conhecimento científico, requer conhecimento sobre seu processo histórico e, neste sentido abordar acerca da sua produção por intelectuais de matriz africana e sua

diáspora vem sendo um dos principais desafios em razão da associação entre saber e poder, quer dizer os países colonizadores assim nos mostra a história da humanidade tomaram os conhecimentos dos demais povos colonizados e reescreveram dentro da perspectiva do branco colonizador e, nos centros de disseminação do conhecimento científico simbolizada pelas universidades reconhece na política do geopolítica do conhecimento a Europa e a América do Norte como cerne da produção científica e os demais continentes, povos e culturas como consumidores. Para estes dois intelectuais africanos a explicação centra-se na pouca visibilidade econômica do continente africano refletida na hegemonia do poder de transmitir os conhecimentos para humanidade.

Parafraseando Macedo (2016) e Cunha Junior (2013 a) atual política curricular da formação de professores no Brasil e na América Latina tem assegurado saberes disciplinares e curriculares da cultura “branca” hegemônica; As bibliografias indicadas e textos acadêmicos revela a formação monocultural e monorracista dos futuros professores da educação básica brasileira, corroborando para perpetuação do racismo epistêmico representado pelo saber/poder dos conhecimentos científicos dos eurodescendentes como universais e verdadeiros dignos de serem transmitidos para humanidade, negando o legado científicos dos africanos e sua diáspora.

Na visão de Honorato (2019) na formação inicial os professores formadores reproduzem o currículo racista ao apresentar conhecimentos de perspectiva colonial e eurocêntrica e, estes reproduziram no fazer pedagógico, a supervalorização dos conhecimentos científicos eurocêntricos e a invisibilidade dos pensadores negros.

Na visão de Fernandes (2017) a descolonização do currículo racista da formação docente será assegurada pelo protesto negro, através de uma educação alinhada com teóricas curriculares críticas e pós-crítica e principalmente para adoção de intelectuais negros nas bibliografias indicadas, visando arrebentar com as correntes do racismo epistêmico que norteou a biblioteca colonial dominante e opressora do conhecimento alinhado às tendências eurocêntricas.

3. Percurso Teórico-Metodológico

O recente artigo tem perspectiva teórico-metodológica dentro da abordagem da pesquisa qualitativa, para Triviños (2017), neste tipo de pesquisa não se preocupa com

representatividade numérica, mas sim com a compreensão de um grupo social e os aspectos da realidade que não podem ser quantificados. Quanto aos objetivos enquadra-se dentro do paradigma da pesquisa exploratória. Em relação aos procedimentos o estudo é classificado dentro da pesquisa bibliográfica; Em relação às técnicas de coleta de dados foi realizado mapeamento de pesquisadores negros de cada uma das três áreas de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia Química e Física) disponibilizadas em site de domínio público das instituições pesquisadas; Em seguida analisaram-se bibliografias indicados em disciplinas de cada um dos referidos cursos; Posteriormente realizou-se uma entrevista semiestruturada com 30 professores formadora sendo 10 cada de cada uma desta área de conhecimento e, 40 licenciandos sendo: 20 (Biologia) e 10 do curso de Física e 10 do curso de Química.

O ambiente da pesquisa foi em duas instituições públicas de ensino superior um localizado na Bahia e outra no estado do Espírito Santo. A pesquisa de campo ocorreu no ano letivo de 2019 entre os meses de Agosto a Dezembro nos turnos matutino, vespertino e noturno.

Para análise dos dados coletados recorreu-se à metodologia qualitativa da análise textual discursiva seguindo as orientações de Moraes & Galiazzi (2016).

4. Resultados e Discussões

Na análise das bibliografias indicadas das disciplinas pesquisadas de cada curso da área Ciências da Natureza e verificou-se a ausência de pensadores negros na explicação teórica de Backer (2008), Honorato (2019) Santiago, Akkari & Marques (2013) e Diop (2016) e Fanon (2016), têm ocorrido o racismo acadêmico e a supervalorização dos conhecimentos sociocientíficos produzidos por pesquisadores do continente europeu e reafirmando a invisibilidade do negro na ciência.

Ao serem perguntados na formação inicial foram indicadas bibliografias com pensadores negros o discurso dos 70 pesquisados apontou a ausência do negro produtor de ciência. Macedo (2016), explica que os dados revelados pelos sujeitos pesquisados sinalizam a atual política curricular de formação brancocêntrico, machista, etnocêntrico, heteronormativa e colonialista.

Constata-se no discurso dos 30 professores formadores de professores da educação

básica a ausência de pensadores negros nas bibliografias e textos acadêmicos indicados na explicação teórica de Pinar (e 2001) e McLaren (1997), ainda nos cursos de formação de professores da área de conhecimento das Ciências da Natureza tem prevalecido a política curricular racista, promovendo a formação da identidade racista do futuro professor e, promovendo a educação e ensino monocultural e monorracista, refletindo a formação recebida nos cursos de formação.

Foram apresentados aos 70 sujeitos da pesquisa nome e respectiva área de atuação de renomados pensadores negros na história da ciência de cada área de conhecimento das ciências da natureza, foi revelado pelos mesmos na formação não terem tido realizado leitura e estudo destes pensadores.

Foi apresentado aos 30 sujeitos professores formador o nome de pensadores negros da sua área de conhecimento, revelou-se pelos pesquisadores a ausência dos mesmos nas bibliografias e textos acadêmicos por eles indicadas.

Foi perguntado aos 40 licenciandos se tinham conhecimento sobre cientistas negros na área de Ciências da Natureza?

Destacam-se as seguintes respostas:

"Nunca tivemos bibliografias com pensadores negros".

"Na minha posição de professora formadora, assumo a fragilidade da minha formação sobre os conhecimentos científicos produzidos pelos povos africanos e julgo relevante o ensino dos mesmos para aumentar a qualidade da formação".

"A ausência de saberes dos povos africanos da formação inicial ao doutorado tem reflexos na minha ação educativa"

"Na minha posição de professora formadora, assumo a fragilidade da minha formação sobre os conhecimentos científicos produzidos pelos povos africanos e julgo relevante o ensino dos mesmos para aumentar a qualidade da formação".

"A ausência de saberes dos povos africanos da formação inicial ao doutorado tem reflexos na minha ação educativa"

"Desde a formação escolar ao ensino superior nunca tive referências teóricas de pensadores negros, somente brancos".

“Nem em pequenos textos dos livros clássicos desta área de conhecimento faz menção aos pensadores negros em suas respectivas áreas de conhecimento, mesmo a que estão presentes no ementário”.

“Nos livros didáticos na educação básica também não são mencionados a contribuição para ciência dos pensadores negros, somente dos brancos.”

“Mesmo as pensadoras negras brasileiras tem pouca visibilidade nas bibliografias e textos acadêmicos, mostrando que a ciência é machista e branca”.

“Na biblioteca da universidade nunca vi um livro de autoria de pensadores negros desta área de conhecimento e, nem pequenos textos com suas contribuições”.

“Sinceramente na área de Física, minha formação maior em nível de doutorado, nunca tive leitura e estudo de pensadores de matriz africana, atualmente o que tem tido visibilidade na mídia e no meu discurso em sala de aula é o pesquisador Inglês da astrofísica Neil de Grasse, os demais são desconhecidos para mim”.

“Temos a disciplina História e Filosofia da Ciência, nas aulas as bibliografias e textos indicados reafirma o racismo epistêmico.”

“Como fazer para mudar essa realidade?”

“Eu, me assumo enquanto negra, e nunca ouvi os professores predominantemente brancos aqui, falarem nas aulas de pensadores negros”.

“Eu nunca tinha pensado nisso ela tem toda razão e nos cursos de licenciatura a maioria dos alunos é afrodescendente”.

“Na minha formação em Química, em nível maior de doutorado discussões pontuais são levantadas acerca de pensadores na área, e nossa base de conhecimento apropriada e transmitida vem sendo de pensadores brancos”.

Foram apresentados aos 70 sujeitos da pesquisa, cientistas negros e sua respectiva área de atuação dos intelectuais negros.

Verifica-se que 75% dos entrevistados mostraram desconhecimento sobre estes cientistas apresentados, reafirmando o racismo institucional presente na política curricular dos cursos de formação de professores da área de Ciências da Natureza, para melhor compreensão dos dados coletados recorremos aos aportes teóricos de Pacheco (2005) e Walsh (2013) tal realidade aponta para emergência da descolonização e descentralização do currículo de supremacia branca europeia ocidental que supervaloriza os intelectuais eurodescendentes na biblioteca colonial do conhecimento e tem silenciado na política curricular associada a tendências eurocêntricas os conhecimentos científicos produzidos por negros.

Cientistas negros da área de conhecimento das Ciências Biológicas conforme apontado pelo Quadro 1, produtores de ciência, contribuiu significativamente para o desenvolvimento científico para melhoria da qualidade de vida. Evidencia-se a seguir os conhecimentos científicos produzidos pelos intelectuais negros que se encontram registrados na biblioteca do conhecimento de viés antirracista e anticolonial. Não é admissível negar as contribuições que os cientistas destacados no quadro abaixo, trouxeram para o estudo das Ciências da Natureza.

Quadro 1 – Pensadores Negros da área de Biologia.

WiiFred Ndifon – Imunologia.

Hugo de Souza Lopes – Dipterólogo.

Sebastião José de Oliveira – Entomólogo.

Simone Maria Evaristo – Citotecnologia.

Katemari Rosa – História das Ciências.

Charles Drew – Genética (Sistema ABO).

Charles Henry Turner – Zoologia.

Sonia Maria Evaisto – Cito tecnologia.

Jane Cooke Wright – Bioestatística.

Ernest Everest Just – Biologia celular e zoologia.

Margareth James S. Collins – Entomologia.

Jewe Plummen – Biologia Molecular.

Doroth Wanja Nyngi – Zoologia.

Washwa Eassa – Nanotecnologia.

Nagwa Adbel Meguid – Genética.

Halima Bembouza – Biotecnologia

Hesy Re – Biologia Molecular.

George W. Casuer – Botânica.

Thomas Odhiambo – Entomologia.

Henrietta Lacks – Biotecnologia.

Quarraisha Abdool Karim – Microbiologia.

Segenot Kelemu – Botânica.

Anita Canavarro- Ciências e Química.

Patrícia Bath – Biologia Molecular.

Mary Jackson – Ciências Físicas.

Fonte: Dados do autor (2019).

Constata-se no Quadro 1, as inúmeras áreas de atuação de intelectuais negros e sua importância para o desenvolvimento científico da história da ciência, para Walsh (2013) e Diop (2016), tem acenado para emergência da descolonização da política oficial curricular do conhecimento, rumo a política do currículo antirracista e antieurocêntrico.

A seguir o Quadro 2 dedica-se aos pensadores da área de conhecimento de Física, nas palavras de Diop (2016), discutir sobre produção de conhecimento científico impõe certo domínio sobre a história deste processo, principalmente no que se refere a questão da incipiente visibilidade das mulheres na ciência, na Física não é muito diferente da área anterior discutida, uma questão que se destaca é o reconhecimento da Marie Elsie Curie, tal visibilidade é observada nas bibliografias indicadas e textos científicos sobre radioatividade. Demais pesquisadores negros estão invisibilizados, cabe ressaltar o Físico Inglês Neil DeGrasse, que ocupa maior destaque entre os intelectuais negros na Física.

Granville T. Woods – Eletricidade
Otis Boykin - Produtor do resistor elétrico
Frederick M. Jhones – Criou o sistema de refrigeração.
Sonia Guimarães – Física Teórica ITA.
Neil DeGrasse – Tyson – Astrofísica.
Raja Cher Kaqui – Física nuclear.
Benjamin Banneker – Astronomia.
Arthur Bertram Cuthbert Walker – Astrofísica.
Katharina G.. Jhonson – Física espacial.
Lewis Latimer – Eletricidade.
Charles E. Anderson – Meteorologia.
Annie Easley – Física espacial da NASA
Márcia Regina Santana Pereira – Astrofísica.
Narinder Lingh Kapany – Óptica.
Shirley Ann Jackson – Física Teórica.
Patrícia S. Cowings – Física espacial.
Valerie Thmoas – Física

Quadro 2 – Pensadores Negros da área de Física.

Fonte: Dados do autor (2019).

Os dados coletados no Quadro 2, aponta uma gama importante de intelectuais negros na área de conhecimento da Física, bem como a relevante contribuição para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional e mundial, nos estudos decoloniais de Walsh (2013) e Pinar (2001), tem sinalizado que urge a necessidade de inclusão na biblioteca do conhecimento o reconhecimento destes pensadores. Nos estudos de MacLaren (1997), aponta o currículo como um campo ideológico de conhecimento, sendo assim descolonizar o currículo de formação de professores desta área de conhecimento configura-se elemento central para uma formação docente antieurocêntrica e antirracista. Nota-se que conforme o discurso de 85% dos sujeitos pesquisados a falta de menção destes

intelectuais em textos acadêmicos e na produção intelectual e material do país. Na explicação teórica consistente de Fanon (2016) e Diop (2016), os negros de forma geral têm pouco reconhecimento como produtor de conhecimentos científicos no espaço acadêmico.

Na área de conhecimento de Química, Quadro 3 não se observa diferenças ao comparar com as duas analisadas anteriormente, verifica-se a configuração da hegemonia geopolítica do conhecimento atribuída a Europa e América do Norte, simbolizada predominantemente pela ciência masculina. Uma importante particularidade notada na área de Química são a presença de mulheres negras intelectuais com produções científicas notáveis para àquela época e, sem exceção foram inferiorizadas por dois motivos óbvios o primeiro pela questão de gênero e o segundo em razão da etnia.

Quadro 3 – Pensadores Negros da área de Química.

Marie M. Aymard Daly – Bioquímica.

Betty Harry – Patenteou testes para identificar explosivos. Percy L. Julian – Sintetizou a fisotigmina.

Dotsevi Y. Sogah – Síntese de Polímeros.

Viviane dos Santos Barbosa – Especialista em nanotecnologia. Anita Canavarro – Benite – Química inorgânica.

Noble Banadada – Gerenciamento da água e de resíduos. Percy Julian – Síntese de alcaloide.

Mae Carol Jemison – Engenheira química, médica, cientista. Alice Ball – Química inorgânica.

Santelmo Brady – Química inorgânica.

Noble Banadda- Gerenciamento de resíduos.

Fonte: Dados do autor (2019).

Para respaldar teoricamente este dado coletado recorreu-se aos aportes teóricos de Gomes (2013), Macedo (2016) e Pinar (2001), na explicação comunga a ideia de que no Brasil ainda tem prevalecido a política curricular racista e monocultural na formação de professores desta área de conhecimento tomada para pesquisa, caracterizando o racismo

epistêmico. Nos estudos de Silva (2011) e Apple (1996) e McLaren (1997), têm evidenciado que o currículo não é meramente um artefato social e cultural e sim um instrumento político, ideológico e pedagógico que representa os conhecimentos e cultura de quem o produziu, a luta por um currículo multicultural para formação docente acena-se para a descentralização do currículo brancocêntrico.

Constatou-se nos discursos dos 70 sujeitos da pesquisa um ponto de convergência acerca de que todos vieram de uma trajetória política curricular seja na educação básica e na formação acadêmica pautada pelo racismo epistêmico e da colonialidade da hegemonia do conhecimento representada por intelectuais europeus e seus descendentes e, neste estudo avançamos ao apontar que ainda conforme as vozes dos sujeitos entrevistados a permanência pela centralização curricular de base monocultural e monorracista.

Foram perguntados aos licenciandos se tem ocorrido movimento de descentralização da política curricular atual associada às tendências eurocêntricas? Foi recorrente a resposta que ainda tanto na formação quanto na educação básica prevalece referencial teórico produzido por pesquisadores brancos para Pacheco (2005), as respostas vêm de encontro com a macropolítica curricular da formação fincada no saber/poder produzido pelo conhecimento dos pensadores brancos, conforme aponta a historiografia da educação mundial, em contrapartida Fanon (2016), Macedo (2016) e Diop (2016), assume a posição contra- hegemônica ao afirmar a África como berço da cultura e do conhecimento da humanidade, porém a autoridade do conhecimento está associada ao poder econômico, sendo este um dos motivos para ausência dos pensadores negros nas bibliografias e textos acadêmicos indicados para leitura e estudo.

Dentre as respostas coletadas destaca-se a seguinte: uma aluna autodeclarada da etnia negra a mesma disse **“Os pretos somente são retratados como escravos, destituídos de intelectualidade, na televisão a maioria são pobres, nas capas de revistas a maioria são brancos, os personagens de filmes e novelas são brancos, os ricos são brancos, os pretos em sua maioria são pobres, aqui na universidade observamos poucos de nós em determinados cursos (Bacharelados) sendo que a maioria nas licenciaturas, os professores formadores são predominantemente brancos, o currículo oficial é branco e o mundo também (desabafo com choro)”**. Walsh (2013), toma as palavras emprestas de Paulo Freire, para explicar a emergência da descolonialidade do conhecimento europeu representado pelos intelectuais europeus e seus descendentes e norte-americanos, para ela o discurso da acadêmica representa milhares de

vozes dos sujeitos sociais oprimidos, entre eles os negros, e como explica Diop (2016), o pensamento científico disseminado nas universidades são representados por cientistas, pesquisadores e intelectuais brancos e mesmo sendo a África o berço de conhecimento da humanidade com cerca de 905 milhões de cidadãos seus conhecimentos científicos produzidos por intelectuais africanos e sua afro descendência ainda tem tido enorme barreira para reconhecimento acadêmico reafirmando a centralização curricular de supremacia eurocêntrica.

Aos licenciandos entrevistados foi perguntado se intelectuais negros brasileiros de importante contribuição listados em cada uma desta área de conhecimento para ciência nas suas respectivas áreas se tiveram estudo e leitura ou citados como ponto de partida no processo de ensino e aprendizagem acerca das suas produções científicas? Nos discursos de 100% afirmaram que o pouco conhecimento sobre estes intelectuais não fora obtido no atual processo de formação inicial e ainda afirmaram que os professores formadores indicam teóricos de referência nas bibliografias e nos textos acadêmicos. Ainda citaram que na biblioteca também não constam livros de intelectuais negros. Nos estudos de Honorato (2019) e Fernandes (2017) mostram resultados similares, neste estudo alarga-se ao apontar os cursos da área de Ciências da Natureza e na explicação destes autores tal realidade explanada pelos futuros professores sinaliza o racismo epistêmico cristalizado na política curricular centralizada no Brasil e os estudos da Walsh (2013), indica a inclusão de conhecimento- outro, quer dizer povos e culturas um dos caminhos fundamentais para a descolonização da política de reconhecimento e conhecimento de hegemonia eurocêntrica, racista e machista.

5.Considerações Finais

Na América Latina, particularmente no Brasil a questão da política curricular da formação de professores da área de Ciências da Natureza supervalorização dos conhecimentos científicos brancocêntrico, de origem do continente europeu e da América do Norte nas bibliografias e textos acadêmicos nos cursos tomados para pesquisa. Entendemos o currículo enquanto artefato social, político ideológico, pedagógico e cultural tem representado os conhecimentos científicos e reconhecidos da etnia branca e reafirmado à invisibilidade do corpo negro como produtor de conhecimento no campo educacional,

reafirmando o racismo acadêmico nos cursos analisados e nos próprios discursos dos sujeitos pesquisados.

O estudo mostrou o processo de homogeneização cultural, que tem como função no atual contexto da disseminação do currículo racista, bem como da consolidação de um currículo de formação racista conforme as bibliografias que revelam a política curricular da formação inicial de professores de base ocidental, eurocêntrica como supremacia do conhecimento verdadeiro, universal e digno de serem transmitidos à humanidade.

Destacamos no decorrer do texto o legado de pensadores negros para ciência na área de conhecimento da Ciência da Natureza, bem como apontamentos embasados em Candau (2000) a emergência da implementação do currículo antirracista e pluricultural para formação docente almejando a construção da educação antirracista em todos os níveis e modalidades de ensino, visando à desconstrução do racismo institucional que configura a educação libertadora e principalmente que valoriza e reconhece o cor/corpo negro na ciência.

A relevância social do estudo decorre do momento global em que o racismo estrutural e institucional vem sendo debatido pela sociedade mundial e tendo reflexos no campo educacional, sendo a escola o reflexo da sociedade, estamos vivenciando tempos de luta, resistência e transgressão para uma política curricular contra-hegemônica e monorracista observada na biblioteca colonial do conhecimento das bibliografias indicadas nas ementas das disciplinas de formação de professores. A contribuição do estudo configura-se em apresentar um leque de cientistas negros da história bem como suas contribuições que poderiam ser utilizados pelos professores formadores em textos suplementares visando à descolonização monocultural do conhecimento pautado exclusivamente por “célebres e notáveis” e brancos pensadores da história da ciência mundial, porém como apontou Fanon (2016) o continente africano e sua diáspora são produtores de conhecimentos, porém a autoridade tem associação com o poder econômico ausente no continente africano. Sublinhamos que este estudo pode em muito corroborar como ponto de indagação e inquietação para aprofundamento sobre as pesquisas produzidas por estes intelectuais negros da história e disseminá-los na formação inicial como ponto de partida para uma educação e ensino antirracista no Brasil.

A política curricular oficial do conhecimento em todos os níveis e modalidades de ensino, aqui se focalizou no ensino superior que tem mostrado apenas intelectuais brancos

como produtores de conhecimentos científicos estes são representantes oficiais da ciência, caracterizando o racismo epistêmico. Apontamos como sugestão para futuros trabalhos a contribuição de intelectuais mulheres negras, visto que as mesmas nas bibliografias e textos acadêmicos tem sofrido importante apagamento, e há necessidade emergente de assegurar nos cursos de formação de professores uma perspectiva antimachista da ciência.

Agradecimentos

A Capes agência financiadora da pesquisa.

Referências

Apple, M. W. (1996). *Cultural politics and education*. New York.

Arroyo, M. G. (2018). *Currículo, território em disputa*. (5a ed.), Rio de Janeiro: Editora: Vozes.

Backes, J. L.(2008). *Negociações culturais e mudanças curriculares no ensino superior protagonizadas por sujeitos da etnia/afrodescendentes*. Santa Catarina. Revista Contrapontos. 8(8), 449-461.

Brasil.(2019). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Brasília.

Candau, V. M. F.(2000) *O currículo multicultural*. Rio de Janeiro. Editora: Cortez.

Cunha Júnior, H.(2013). *Geometria, geometrização e arte afro-islâmica*. Revista Teias (os 10 anos da Lei nº 10.639/2003 e a educação) 14(34), 102-111.

Diop, C. A. (2016). *O pensamento africano no século XX*. São Paulo: Editora: Outras Expressões.

Duncan, Q.(2015). Contra o silêncio do racismo dos afrodescendentes e o racismo em

caribe Continental Hispânico. Cuba. Editora: Orientes.

Fanon, F.(2016). *O pensamento africano no século XX*. São Paulo: Editora: Outras Expressões.

Fernandes, F.(2017). *Significado do protesto negro*. São Paulo: Editora: Expressão Popular.

Gomes, N. L. (2013) *Relações étnico-raciais, educação e descolonização dos currículos*.

Revista Currículo sem Fronteiras. 12(1), 98-109.

Honorato, M. C. (2019). Caderno negro da fiocruz. Rio de Janeiro. 1(1), 1-13.

ANEXO III

REFLEXÕES SOBRE A INCLUSÃO DE PROFESSORES

NEGROS NA FÍSICA

Artur Batista Vilar¹, Maria da Conceição Barbosa-Lima²

¹Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis. Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, <http://lattes.cnpq.br/1997061694877372>

²Doutora, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Física Armando Dias Tavares. Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz. <http://lattes.cnpq.br/432460110827544>

INTRODUÇÃO

Iniciamos este texto com uma proposta de reflexão: quantos do- centes negros fizeram parte de sua trajetória estudantil e aca- dêmica? Refinemos um pouco mais esta análise: quantos destes eram professores de física? Permita-nos esclarecer que, para esta análise, propomos considerar como negros os docentes que se incluam nas cate- gorias de pretos e pardos. Em sua tese, intitulada “Tão longe, tão perto: pretos e pardos e o enigma racial brasileiro” a professora e pesquisadora Verônica Daflon (2014) aborda a questão da categorização nas pesqui- sas e investigações com a temática étnico-racial e a percepção, por parte desses grupos, frente aos episódios de discriminação.

Pretos e pardos têm sido agrupados em uma mes- ma categoria para fins de análise de desigualdades e discriminação racial. No entanto, se os pardos estão extremamente próximos dos pretos no que toca os seus índices socioeconômicos, chances de mobilida- de social e vitimização pela discriminação, eles estão muito distantes dos pretos em sua percepção do pre- conceito e da discriminação de que são vítimas. Para esse grupo, o nexos entre a cor e a discriminação não pa- rece nem um pouco evidente. (DAFLON, 2014, p. 9)

Somos poucos! De acordo com o Censo da Educação Superior de 2019 (INEP, 2021), apenas 1,8% das matrículas nos cursos de licenciatura estão concentradas na Física, o que corresponde a pouco mais de 30.000 ingressantes, divididos, de maneira desigual, por todo o território brasileiro. Um dos parâmetros informados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) é a taxa de desistência acumulada (TDA), que corresponde ao percentual de estudantes que, em um dado intervalo de tempo (em anos), desistem de um

determinado curso. A graduação em física apresenta, para o período de 2010 a 2019, uma TDA de 75%, a maior dentre todas as carreiras analisadas no referido censo.

Os episódios de preconceito e discriminação vivenciados por alunos e professores estão, intrinsecamente, relacionados com a concepção institucional do racismo. Silvio de Almeida (2019) discorre sobre o fato do racismo não se resumir à comportamentos individuais, sendo ele estrutural, institucionalizado e com o propósito de garantir a manutenção das desvantagens e dos privilégios baseados na questão racial. O autor argumenta que:

[...] os conflitos raciais também são parte das instituições. Assim, a desigualdade racial é uma característica da sociedade não apenas por causa da ação isolada de grupos ou de indivíduos racistas, mas fundamentalmente porque as instituições são hegemônicas por determinados grupos raciais que utilizam mecanismos institucionais para impor seus interesses políticos e econômicos. O que se pode verificar até então é que a concepção institucional do racismo trata o poder como elemento central da relação racial. Com efeito, o racismo é dominação. (ALMEIDA, 2019, p. 39)

Um grupo de trabalho composto por professores e pesquisadores associados ao *American Institute of Physics* realizou uma série de pesquisas e discussões buscando compreender a baixa presença de alunos afro-americanos nos cursos de física. Tal esforço culminou na publicação de um relatório (AIP, 2020) indicando cinco fatores que podem, ao mesmo tempo, incentivar ou desestimular a formação de físicos e astrônomos negros, são eles: o sentimento de pertencimento à comunidade acadêmica, a autopercepção como físico, o apoio acadêmico, o apoio pessoal e, por fim, as prioridades da liderança física existente. Embora haja diferenças entre os racismos presentes nas sociedades brasileira e norte americana, estes resultados podem servir de base para iniciarmos um movimento adaptado às nossas estruturas sociais e econômicas.

É sempre importante lembrar da existência das leis 10.639 (BRASIL, 2003) e 11.645 (BRASIL, 2008) que alteram a Lei de Diretrizes e Bases e estabelecem a obrigatoriedade do ensino da cultura afro-brasileira e indígena nas instituições públicas e privadas da educação básica. Deixamos aqui mais uma reflexão: estas leis têm sido efetivamente aplicadas nas instituições de ensino? E quanto ao ensino de física? As questões étnico-raciais têm permeado as aulas e pesquisas desenvolvidas? Nossos alunos são apresentados aos físicos negros e às físicas negras que têm contribuído para o desenvolvimento científico e tecnológico de nosso país? Se olharmos para nossa irmã, a química, encontraremos trabalhos como o da professora Bárbara Carine que divulga a trajetória de cientistas negros e negras no ensino e pesquisa de química (SILVA, 2019). Estratégias como essa contribuem, efetivamente, para a construção e fortalecimento do efetivo sentimento de representatividade por parte dos estudantes.

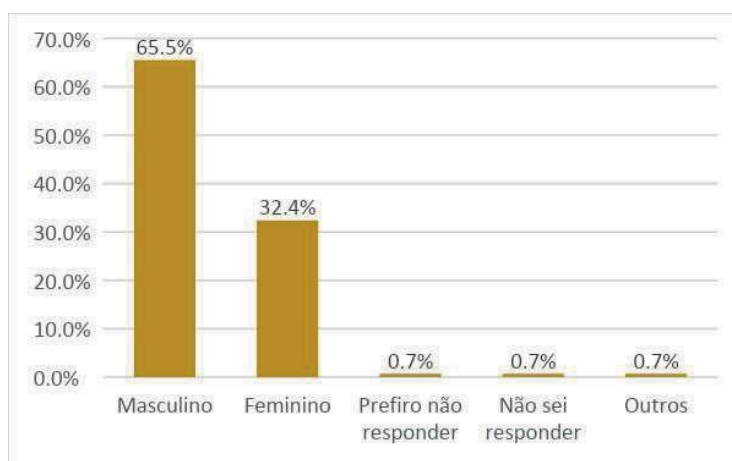
Nosso objetivo é, portanto, refletir sobre a presença de docentes negros na Física.

Faremos isso analisando textos de divulgação e produções acadêmicas com essa temática e, também, discutindo os retornos de um formulário eletrônico respondido por 145 licenciados e professores de física, com questões sobre racismo institucional, invisibilidade e a baixa presença em cargos de liderança.

RESULTADOS

O gráfico da figura 1 confirma a percepção comum de que há mais homens do que mulheres ministrando aulas de física. Foi perguntado com qual gênero a pessoa mais se identificava. O resultado corrobora com as pesquisas que indicam a baixa presença de meninas e mulheres nas áreas STEM, termo acrônimo em língua inglesa para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (OLIVEIRA, UNBEHAUM, GAVA, 2019).

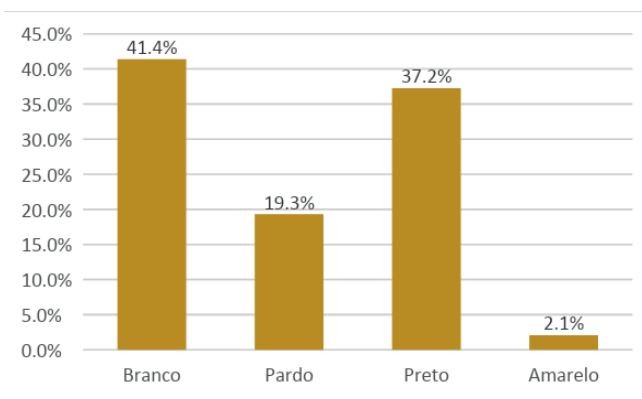
Figura 1 – Gêneros dos docentes entrevistados.



Fonte: Próprios autores, 2021

Quando perguntados sobre a autodeclaração em relação à cor foi verificada uma prevalência negra (figura 2), resultado que destoa do perfil médio de estudantes matriculados na graduação, apresentado na figura 3, divulgado no Censo da Educação Superior de 2019 (INEP, 2021). Tal disparidade pode ser explicada pelo fato de o formulário ter sido divulgado em grupos e redes sociais de professores de física negros. Outra possível razão é o fato de o perfil dos graduandos em licenciatura não refletir, quanto a cor e condições socioeconômicas, o padrão médio dos universitários brasileiros, sobretudo, quando é feita a comparação com cursos historicamente elitizados (SOUZA, PASSOS, FERREIRA, 2019).

Figura 2 – Autodeclaração quanto à cor.



Fonte: Próprios autores, 2021.

Figura 3: Percentual de declaração em relação à cor/raça.



GRÁFICO 11

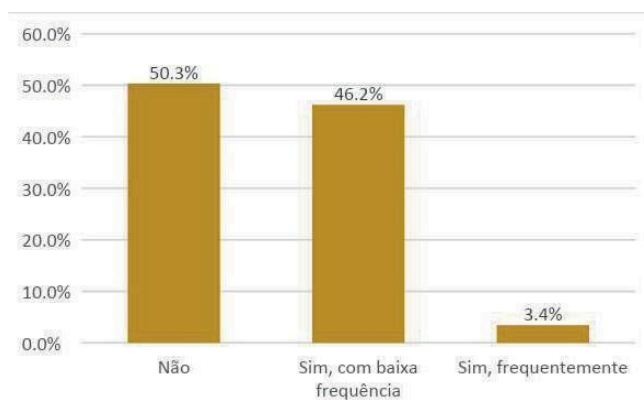
Percentual de declarações relativas à variável cor/raça do aluno (em relação à matrícula)
— Brasil – 2019

Fonte: Elaborado por Deed/Inep com base nos dados do Censo da Educação Superior.
Nota: A designação "Não declarado" compõe-se das respostas classificadas como "Aluno não quis declarar cor/raça" e "Não dispõe da informação".

Fonte: Elaborado por Deed/Inep com bases no Censo da Educação Superior de 2019, 2021.

Perguntados, 50% dos entrevistados disseram nunca ter sofrido ou percebido alguma manifestação racista na academia ou ambiente escolar.

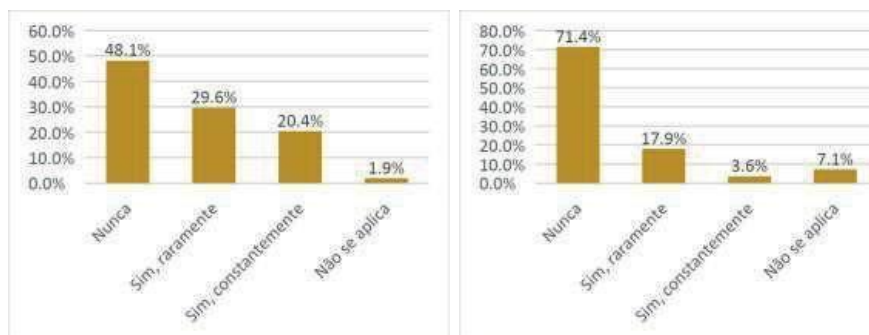
Figura 4— Percepção de manifestações racistas nos ambientes acadêmicos e escolares.



Fonte: Próprios autores, 2021.

Os gráficos da figura 5 confirmam (DAFLON, 2014) uma diferença na percepção de atitudes racistas sofridas por pretos (esquerda) e pardos (direita).

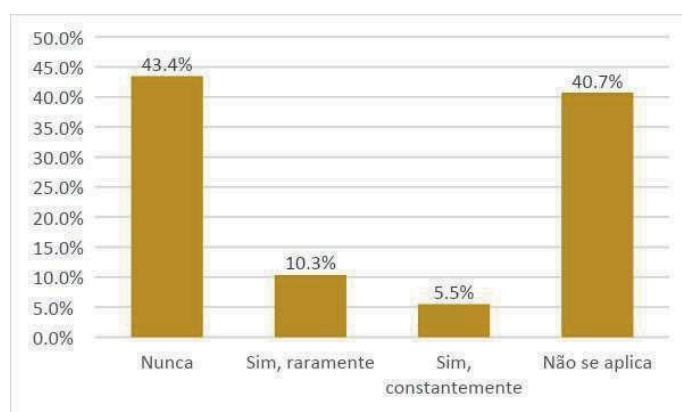
Figura 5 – Percepção do racismo por professores pretos (esq.) e pardos (dir.).



Fonte: Próprios autores, 2021.

Os professores negros de física foram perguntados se já haviam se sentido invisibilizados no ambiente acadêmico. A figura 6 apresenta a frequência com a qual esse fenômeno está presente no cotidiano desses profissionais. Fazendo-se, nesta mesma questão, um recorte em função da cor, os dados confirmam, mais uma vez, que os pardos têm, em relação aos pretos, uma menor percepção da invisibilidade acadêmica.

Figura 6 – Percepção da invisibilidade acadêmica.

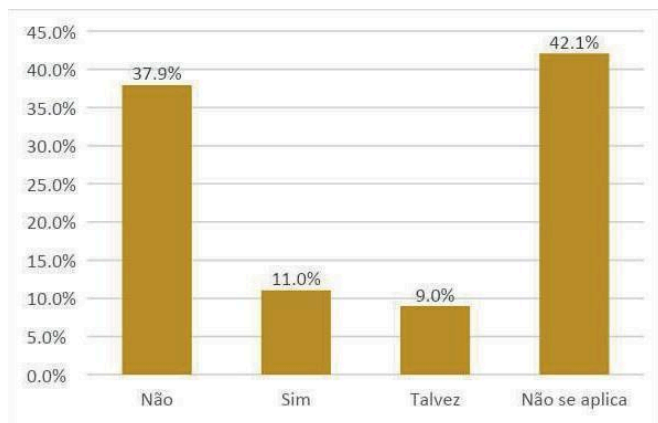


Fonte: Próprios autores, 2021.

Parte dos professores de física negros entrevistados também indicaram que tiveram a

sua capacidade e/ou a qualidade de sua atuação docente questionada. Os dados estão compilados no gráfico da figura 7.

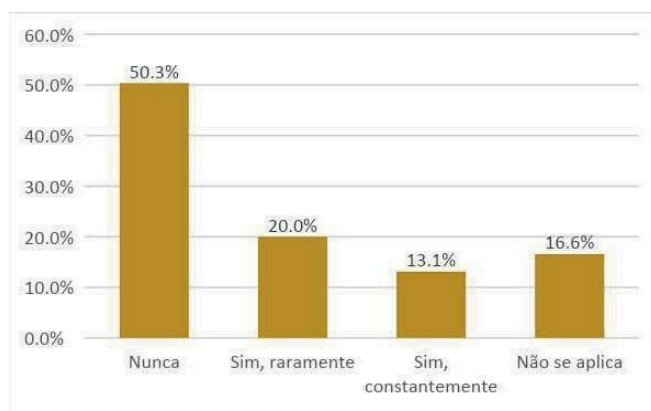
Figura 7 – Professores com atuação profissional questionada.



Fonte: Próprios autores, 2021.

Apenas 3,4 % dos entrevistados relataram observar, frequentemente, a presença de professores negros em cargos de gestão e liderança.

Figura 8 – Frequência de professores negros em cargos de gestão e liderança



Fonte: Próprios autores, 2021.

Os entrevistados tinham a opção de deixar relatos, vivenciados ou observados, de episódios relacionados com o racismo nos ambientes escolares, de formação acadêmica e pesquisa. Pensamos que é importante deixar, aqui, algumas manifestações desta questão que não pode ser minimizada. Ao contrário, deve compor a pauta das pesquisas e políticas públicas de formação de professores.

Quadro 1- Relatos de episódios de racismo na academia

1	Durante uma aula de eletricidade, um professor diante da turma me indagou o que uma mulata estava fazendo na faculdade de Física, se podia estar "fazendo sucesso" em alguma escola de samba.
---	---

2	Já ouvi comentários de que as notas baixas de alunos negros são consequências da entrada via cotas.
3	Teve uma vez que um professor comparou o trabalho de iniciação científica (IC) com a escravidão. No seu discurso descabido, tentou demonstrar que um aluno deve começar como um escravo do professor até conseguir sua liberdade. Também no projeto no qual faço parte, ao entrar tive que me posicionar frente a ditas piadas racistas como dizer que a senzala ficaria feliz quando eu voltasse para casa. Um dos momentos que mais me deixou mal, foi quando um professor branco, perguntou se eu lavava ou escovava o cabelo, visto que o meu cabelo, um Black Power, não ficava igual o dele. Nesse episódio ainda quis me ensinar como se lava os cabelos, bem eu respondi tentando demonstrar o quanto aquilo que ele estava fazendo era errado. O que chamou atenção também é que das outras duas pessoas brancas que presenciaram a ação, que no dia a dia se julgam antirracistas, não fizeram nada para me ajudar, isso pois tinham medo de ter seus trabalhos comprometido.
4	Frases racistas no banheiro da faculdade que diziam o seguinte: Voltem para a África cotistas.
5	Não são reconhecidas como atitudes racistas mas reflito: não ser atendida nas dúvidas durante as aulas da graduação mesmo levantando a mão diversas vezes, tentar agendar monitoria e não ter horário mas descobrir que outras colegas conseguiram agendar depois, nunca conseguir falar com o professor porque nunca tinha agenda mas para outras colegas sim... (mais claras), ou meus colegas do gênero masculino. Provas corrigidas com poucas devolutivas, muitas vezes só entendia o que não tinha acertado lendo os comentários detalhados nas provas das outras colegas. Tudo muito velado e sutil. Então, não classificado como racismo. (mas não tenho outra explicação).
6	No momento que passei por isso, não percebi pois não tinha a consciência que tenho hoje. Contudo, revendo as situações vi que houve racismo e misoginia.
7	A opinião de pessoas negras sobre temáticas de seu conhecimento era totalmente desconsiderada e muitas vezes nem sequer levantadas, por mais especialista que a pessoa fosse no assunto, e isso simplesmente por ser negra, pois todos os brancos na ocasião foram ouvidos por maior que fosse seu desconhecimento sobre o tema. A organização de um evento, com a temática mulheres negras na ciência foi realizada por mulheres e homens brancos. No entanto, na instituição havia pesquisadores negros e uma pesquisadora negra que tinha uma pesquisa no tema sequer foi questionada sobre ou convidada a participar da organização.
8	Pais de alunos indicando "aquela professora lá, mais escura" para questionarem a minha postura em sala e nota de avaliação, a vice direção da escola, em conversa privada, falou que eu precisava me vestir melhor, usar maquiagem, para que os estudantes tivessem uma boa impressão de que realmente estava qualificada para lecionar o conteúdo no lugar do professor que estava de licença médica.
9	Quando fui procurar minha orientadora do mestrado, ela deixou bem claro para mim que pelo fato de eu ser mulher e afrodescendente, as coisas não iam se tornar mais fáceis. Alegou que eu não poderia inventar de arrumar filho, pois isso poderia acabar com a minha carreira.
10	Sempre vejo relatos de colegas comentando sobre ser depreciados e terem suas competências e habilidades desvalorizadas, mesmo estes sendo profissionais incríveis, apenas por serem negros. Como não sou negra, não se aplica a mim, mas já observei acontecer com colegas.

11	Já tive minha capacidade intelectual questionada em função da minha cor dentro de uma instituição pública de ensino superior. Já sofri assédio moral em função da textura do meu cabelo em instituição de ensino privado superior.
12	O único professor negro de física com quem eu trabalhei foi acusado de não ter estudado o suficiente para ser professor de uma turma de ensino médio.
13	Sempre que vou lecionar em um local onde não sou conhecido, tenho problemas que vão desde a dificuldade em acesso ao local a olhares desconfiados.
14	“Até que mesmo sendo “assim” você é boa professora”.

Fonte: Próprios autores, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um país com predomínio de pretos e pardos em sua população, é fundamental investigar, compreender e estimular a presença de negras e negros na academia e nas escolas. Para tal entendemos que políticas públicas como a presença de cotas nos concursos e processos seletivos devem ser incentivadas. É, também, fundamental a criação e fortalecimento dos Núcleos de Estudos Afro-brasileiro e Indígena (NEABI) nas instituições públicas e privadas de ensino superior.

Por fim, tal como proposto pelo grupo de pesquisa da AIP (AIP, 2020), é preciso existir autocritica por parte dos profissionais da área e das associações de classe. Os docentes e, sobretudo, os gestores devem refletir com qual frequência colocam a questão étnico-racial como um dos pontos nodais de suas atuações profissionais, visando contribuir com a construção e consolidação de uma educação antirracista.

REFERÊNCIAS

AIP. The time is now. Systemic changes to increase african americans with bachelor's degrees in physics and astronomy. American Institute of Physics, 2020. Disponível em: <https://www.aip.org/sites/default/files/aipcorp/files/teamup-full-report.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ALMEIDA, S. **Racismo estrutural**. Pólen Produção Editorial LTDA, 2019.

BRASIL. Casa Civil. Lei 10.639, de 09 de janeiro de 2003. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <https://bit.ly/3HZJBVk>. Acesso em: 05 jul. 2021.

_____. Casa Civil. Lei 11.645, de 10 de março de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 11 mar. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3Kxk6fB>. Acesso em: 05 jul. 2021.

DAFLON, V. T. **Tão longe, tão perto: pretos e pardos e o enigma racial brasileiro**. Tese de Doutorado. Instituto de Estudos Sociais e Políticos, Rio de Janeiro, 2014.

INEP. Resumo técnico: censo da educação superior 2019. Brasília: INEP, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3J3xh7L>. Acesso em: 2 abr. 2021.

OLIVEIRA, E. R. B. de; UNBEHAUM, S.; GAVA, T. A educação STEM e gênero: uma contribuição para o debate brasileiro. **Cadernos de Pesquisa**, v. 49, n. 171, p. 130-159, 2019.

SILVA, A. S.; PINHEIRO, B. C. S. Químics negros e negras do século XX e o racismo institucional nas ciências. **Revista Exitus**, v. 9, n. 4, p. 121-146, 2019.

MATERIAL ELABORADO PELO MESTRANDO PARA SER UTILIZADO NAS AULAS EXPOSITIVAS DIALOGADAS

ANEXO IV

ELETROMAGNETISMO I - CAMPO E FORÇA MAGNÉTICA EM CARGAS



Eletromagnetismo I – Campo e Força Magnética em cargas

Prof. Toni D. Santos

Fala galera! Nesta aula, vamos revisar nosso estudo do magnetismo. Vamos aprender sobre a regra da mão direita, fontes de campo magnético e sobre força magnética em cargas! Vem com a gente e vamos desmistificar a física juntos!

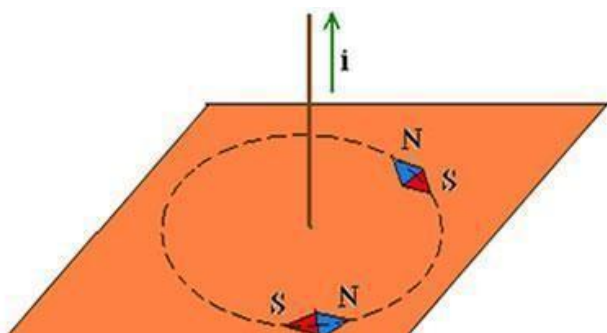
Parte I – Propriedades magnéticas em ímãs

Veja a seguir algumas propriedades que os ímãs possuem:

- Atração e repulsão entre polos magnéticos
- Inseparabilidade dos polos magnéticos
- Criação de campo magnético

Parte II – O Experimento de Oersted e o primeiro fenômeno magnético

Oersted foi um físico norueguês que observou que uma corrente elétrica (cargas em movimento) em um fio gera ao seu redor um campo magnético!



RESUMO DA IDEIA



Vamos desenhar alguns casos para você praticar a regra da mão direita!

Parte III – Cálculo do Campo Magnético

Precisamos determinar a intensidade do campo magnético em três casos. São eles:

1 – Fio retilíneo



2 – Espira

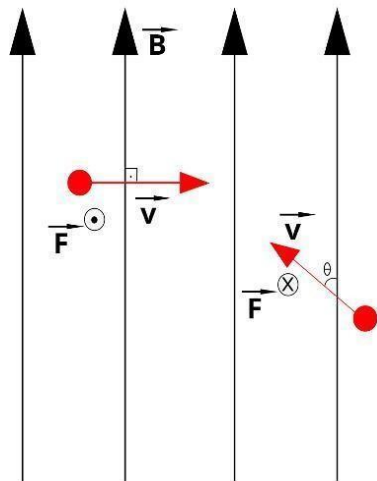


3 – Solenoide

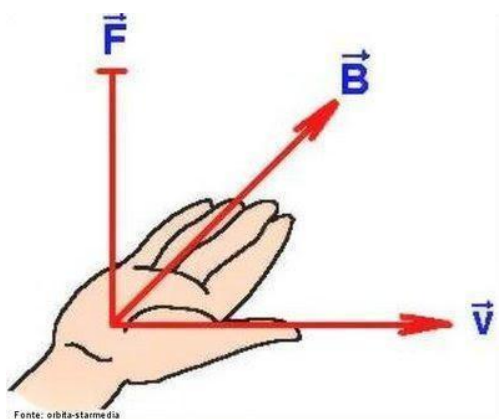


Parte IV – Força magnética em Cargas elétricas

Quando uma carga elétrica em movimento está em um campo magnético, ela sofrerá uma força denominada FORÇA MAGNÉTICA.



OBS: Podemos determinar a direção e o sentido da força magnética através da REGRA DO TAPA



Parte V – Cálculo da força magnética

Para uma carga lançada em um campo magnético, a força magnética sofrida é calculada pela seguinte expressão:



Para o caso específico onde o ângulo é de 90° , temos que a partícula sofre um MCU, podendo calcular seu raio por:

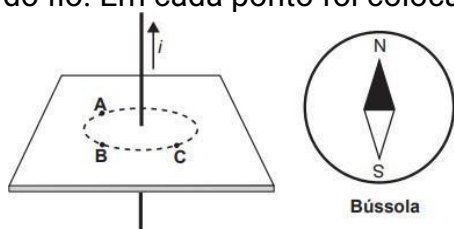


Parte VI – Questões ENEM

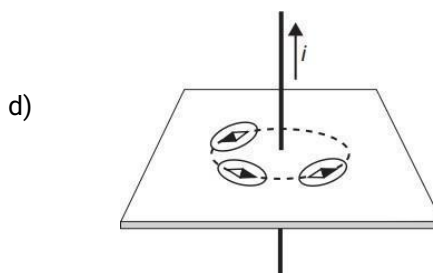
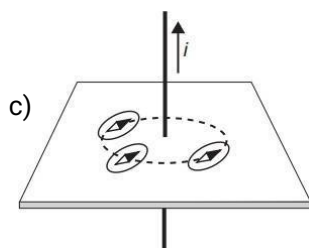
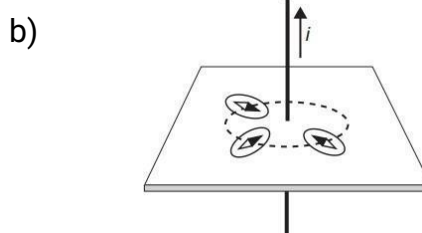
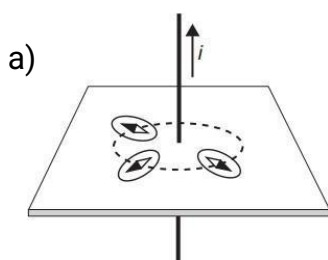
ENEM 2022

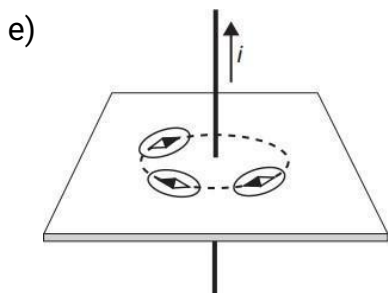
O físico Hans C. Oersted observou que um fio transportando corrente elétrica produz um campo magnético. A presença do campo magnético foi verificada ao aproximar uma bússola de um fio conduzindo corrente elétrica.

A figura ilustra um fio percorrido por uma corrente elétrica i , constante e com sentido para cima. Os pontos A, B e C estão num plano transversal e equidistantes do fio. Em cada ponto foi colocada uma bússola.



Considerando apenas o campo magnético por causa da corrente i , as respectivas configurações das bússolas nos pontos A, B e C serão:

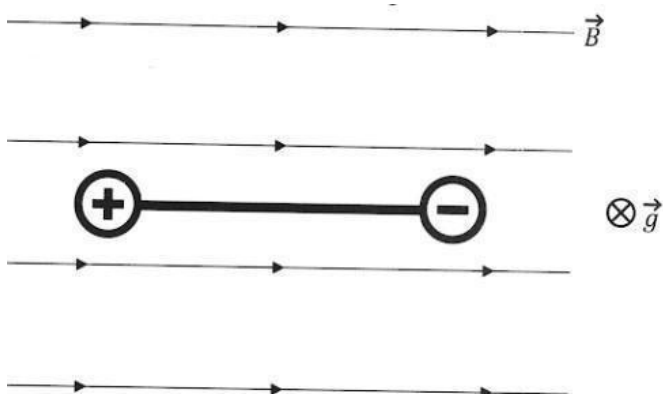




ENEM 2021

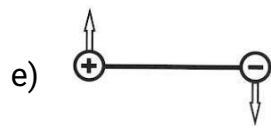
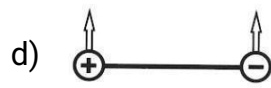
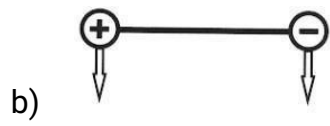
Duas esferas carregadas com cargas iguais em módulo e sinais contrários estão ligadas por uma haste rígida isolante na forma de haltere. O sistema se movimenta sob ação da

gravidade numa região que tem um campo magnético horizontal uniforme, da esquerda para a direita. A imagem apresenta o sistema visto de cima para baixo, no mesmo sentido da aceleração da gravidade ($\vec{g}$) que atua na região.



Visto de cima, o diagrama esquemático das forças magnéticas que atuam no sistema, no momento inicial em que as cargas penetram na região de campo magnético, está representado em





ANEXO V

ELETROMAGNETISMO II: FORÇA EM FIOS E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Eletromagnetismo II: Força em fios e indução eletromagnética

Prof. Toni

Fala galera! Nesta aula, vamos estudar força magnética em fios e o fenômeno da indução eletromagnética, muito importante para muitas de nossas fontes de energia! Vem com a gente e vamos desmistificar a física juntos!

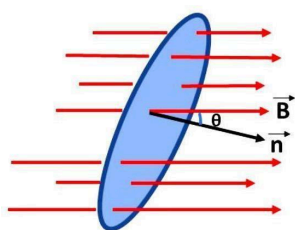
O que acontece se colocarmos um fio percorrido por corrente elétrica em um campo magnético? Veja no desenho a seguir:



Agora, vamos verificar o que acontece se colocarmos DOIS fios, paralelos um ao outro, percorridos por corrente elétrica.

Parte II – Fluxo magnético

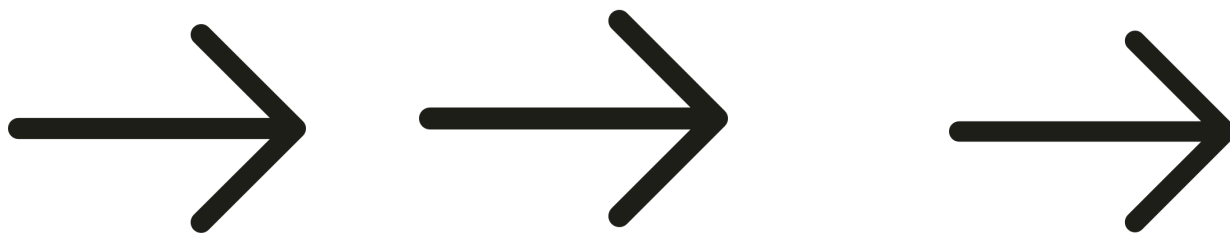
Quando um campo magnético atravessa uma espira, chamamos isso de fluxo magnético! Veja a seguir como obtemos a intensidade de um fluxo magnético



Veja a seguir algumas situações onde o fluxo magnético pode ser máximo ou mínimo!

Parte III – Lei de Faraday-Lenz

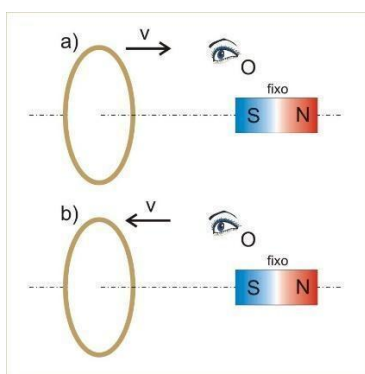
A lei de Faraday Lenz descreve o fenômeno da indução eletromagnética. Veja a seguir o raciocínio:



Veja a seguir algumas situações que aplicamos este conceito!

Parte IV – Raciocínio para determinar o sentido da corrente elétrica

Associe a lei de Faraday-Lenz como a “lei do contra”. Segue exemplos para você praticar.



Parte V – Questões ENEM

ENEM 2023

O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.

A corrente elétrica mencionada é induzida por

- a) radiação.
- b) condução.
- c) campo elétrico variável.
- d) campo magnético variável.
- e) ressonância eletromagnética.

ENEM 2020

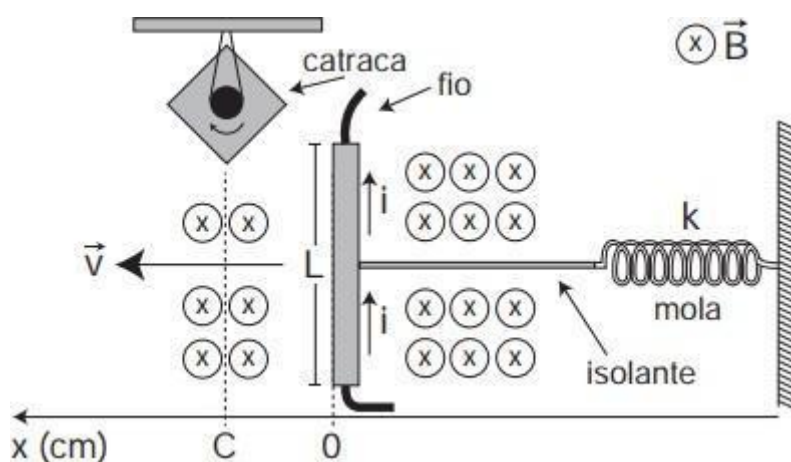
Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda-d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas.

Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)

- a) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
- b) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
- c) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
- d) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
- e) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

ENEM 2013

Desenvolve-se um dispositivo para abrir automaticamente uma porta no qual um botão, quando acionado, faz com que uma corrente elétrica $i = 6 \text{ A}$ percorra uma barra condutora de comprimento $L = 5 \text{ cm}$, cujo ponto médio está preso a uma mola de constante elástica $k = 5 \times 10^{-2} \text{ N/cm}$. O sistema mola-condutor está imerso em um campo magnético uniforme perpendicular ao plano. Quando acionado o botão, a barra sairá da posição de equilíbrio a uma velocidade média de 5 m/s e atingirá a catraca em 6 milissegundos , abrindo a porta.

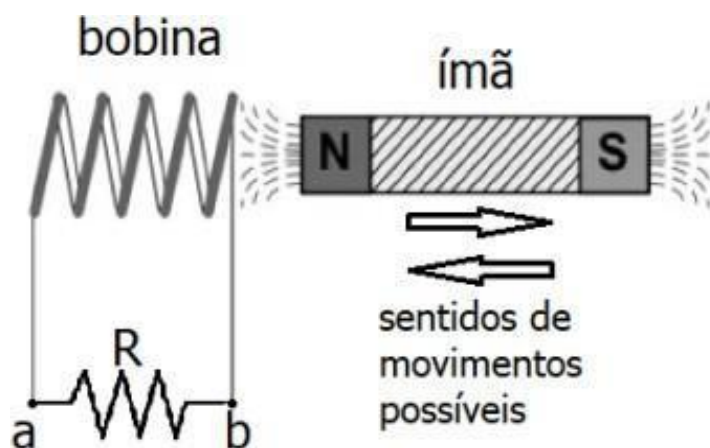


A intensidade do campo magnético, para que o dispositivo funcione corretamente, é de

- a) $5 \times 10^{-1} \text{ T}$.
- b) $5 \times 10^{-2} \text{ T}$.
- c) $5 \times 10^1 \text{ T}$.
- d) $2 \times 10^{-2} \text{ T}$.
- e) $2 \times 10^0 \text{ T}$.

UFRGS 2022

A figura abaixo representa um ímã que se move ao longo do eixo de uma bobina, que se encontra conectada a um resistor R .



Considere as seguintes afirmações.

- I - A corrente elétrica em R só existe, se o ímã estiver acelerando.
- II - A corrente elétrica flui de a para b, quando o ímã se move para a esquerda.
- III - A corrente elétrica em R é máxima, quando o ímã estiver completamente inserido na bobina.

Quais estão corretas?

- a - Apenas I.
- b - Apenas II.
- c - Apenas I e III.
- d - Apenas II e III.
- e - I, II e III.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS AOS ESTUDANTES

ANEXO VI

ELETROMAGNETISMO - CAMPO E FORÇA MAGNÉTICA EM CARGAS

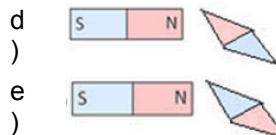
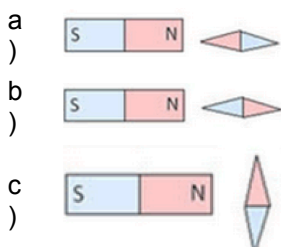


Eletromagnetismo – Campo e Força Magnética em cargas

Prof. Toni D. Santos

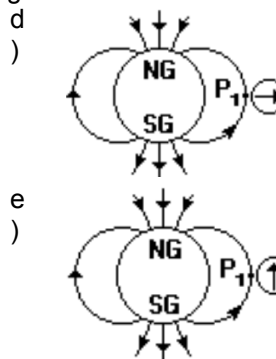
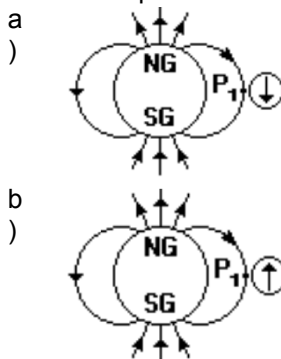
ESTUDANTE:

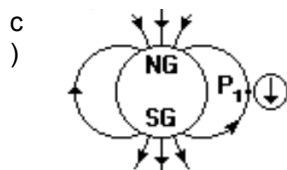
01. (Cesgranrio - RJ) A bússola representada na figura abaixo repousa sobre sua mesa de trabalho. O retângulo tracejado representa a posição em que você vai colocar um ímã, com os polos respectivos nas posições indicadas. Em presença do ímã, a agulha da bússola permanecerá como em:



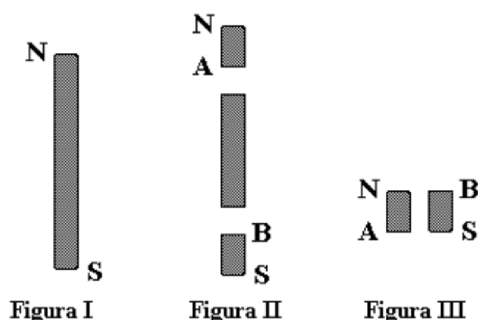
02. "A agulha de uma Bússola nada mais é que um ímã em que seu polo norte sempre aponta para o norte magnético da Terra". Você concorda ou não com essa afirmação? Justifique.

03. (Cesgranrio 92) As linhas de força do campo magnético terrestre (desprezando-se a inclinação do eixo magnético) e a indicação da agulha de uma bússola colocada em P, sobre a linha de força, são mais bem representados por: onde NG = Polo Norte geográfico e SG = Polo Sul geográfico.





04. (Fuvest 96) A figura I adiante representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, polos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura II.



Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na figura III, é correto afirmar que eles:

- a) se atrairão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- b) se atrairão, pois A é polo sul e B é polo norte.
- c) não serão atraídos nem repelidos.
- d) se repelirão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- e) se repelirão, pois A é polo sul e B é polo norte.

05. Aproximando-se um ímã de uma bolinha de aço, observa-se que a bolinha:



- a) é repelida pelo polo sul e atraída pelo polo norte;
- b) é atraída pelo polo sul e repelida pelo polo norte;
- c) é repelida pela região compreendida entre os polos;
- d) é atraída por qualquer dos polos;
- e) é repelida por qualquer dos polos.

06. (UFSC) Uma bússola aponta aproximadamente para o Norte geográfico porque:

- I. o Norte geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- II. o Norte geográfico é aproximadamente o sul magnético.
- III. o Sul geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- IV. o sul geográfico é aproximadamente o sul magnético.

Está(ão) correta(s):

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

07. (UFMA) Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus polos. Qual o nome deste fenômeno?

08. (Ufrj 2000) Abaixo, mostramos a figura da Terra onde N' e S' são os polos norte e sul geográficos e N e S são os polos norte e sul magnéticos.



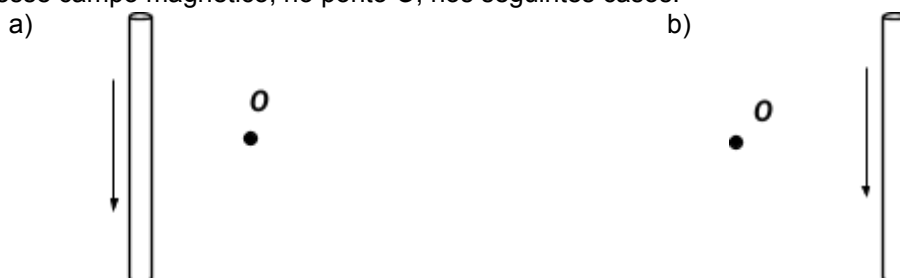
Sobre as linhas do campo magnético é correto afirmar que:

- a) elas são paralelas ao equador.
- b) elas são radiais ao centro da terra.
- c) elas saem do polo norte magnético e entram no polo sul magnético.
- d) o campo magnético é mais intenso no equador.
- e) o polo sul magnético está próximo ao sul geográfico.

09. (Mackenzie-SP) As linhas de indução de um campo magnético são:

- a) o lugar geométrico dos pontos, onde a intensidade do campo magnético é constante
- b) as trajetórias descritas por cargas elétricas num campo magnético
- c) aquelas que em cada ponto tangenciam o vetor indução magnética, orientadas no seu sentido
- d) aquelas que partem do polo norte de um ímã e vão até o infinito
- e) nenhuma das anteriores é correta

10. Ao percorrer um fio retilíneo, uma corrente elétrica, i , geram um campo magnético. Represente esse campo magnético, no ponto O , nos seguintes casos:



11. Uma corrente elétrica de intensidade 3 A percorre um fio retilíneo e longo, conforme a representação abaixo.

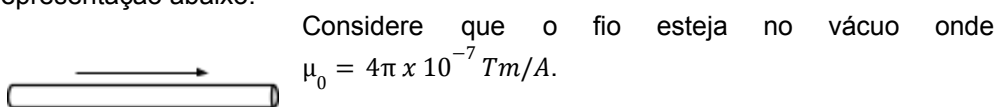


Figura
1

Considere que o fio esteja no vácuo onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

- a) Represente o vetor campo magnético gerado no ponto P , distante 12 cm do fio condutor (figura 1).
- b) Determine a intensidade desse campo no ponto P .
- c) Caso seja colocado ao lado desse fio um outro fio a 10 cm do ponto, percorrido por uma corrente de intensidade 6 A, determine a intensidade do novo vetor campo

magnético resultante no ponto P (figura 2).

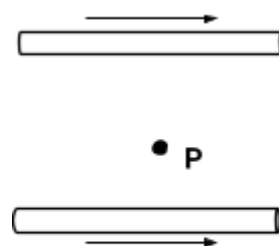


Figura
2

12. (UFRS) Um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante, que cria um campo magnético em torno do fio. Esse campo magnético:

- a) tem o mesmo sentido da corrente elétrica.
- b) é uniforme.
- c) diminui à medida que a distância em relação ao condutor aumenta.
- d) é paralelo ao fio.
- e) aponta para o fio.

13. Na figura 3 está representada uma espira circular de raio $10\pi \text{ cm}$ sendo percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 10 A no sentido horário. Considere a espira contida no plano do papel e caracterize o vetor campo magnético no centro da espira.

Dado: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

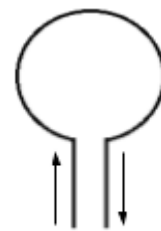


Figura 3

14. No centro de uma espira circular de raio R percorrida por uma corrente elétrica de intensidade i , o campo magnético:

- I. Tem módulo independente do meio que envolve a espira.
- II. Tem módulo diretamente proporcional a i .
- III. Tem módulo diretamente proporcional a R .

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- a) todas b) nenhuma c) I d) II e) III

15. No arranjo experimental da figura 4, se colocarmos a espira pelo do polo A do imã, ela se afasta, ao passo que, se colocarmos perto do polo B, ela se aproxima. Qual é a polaridade de A e de B?



Figura 4

16. (Unisa-SP) Um solenoide compreende 5 mil espiras por metro. O campo magnético originado na região central pela passagem de uma corrente de $0,2 \text{ A}$ é de:

Dado: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

- a) $4\pi \times 10^{-4} \text{ T}$ b) $8\pi \times 10^{-4} \text{ T}$ c) $4\pi \times 10^{-3} \text{ T}$ d) $2\pi \times 10^{-2} \text{ T}$

17. (UFMS/2006) A figura 5 a seguir representa um eletroímã e um pêndulo, cuja massa presa à extremidade é um pequeno imã.

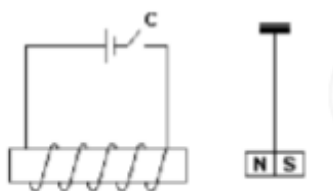


Figura 5

Ao fechar a chave C, é correto afirmar que:

- a) o imã do pêndulo será repelido pelo eletroímã.
- b) o imã do pêndulo será atraído pelo eletroímã.
- c) o imã do pêndulo irá girar 180° em torno do fio que o suporta.
- d) o polo sul do eletroímã estará à sua esquerda.

GABARITO**01. OPÇÃO A.**

02. Não. O norte da bússola aponta para o sul magnético da Terra.

03. OPÇÃO E.**04. OPÇÃO E.****05. OPÇÃO D.****06. OPÇÃO A.**

07. É o fenômeno da inseparabilidade dos polos.

08. OPÇÃO C.**09. OPÇÃO C.**10. a) O vetor campo magnético está saindo do plano da folha ($\vec{B} \odot$).b) O vetor campo magnético está entrando do plano da folha ($\vec{B} \otimes$).11. a) Usando a regra da mão direita, temos: $\vec{B}_1 \otimes$ entrando na direção perpendicular ao plano da folha.

b)

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3}{2\pi \times 1,2 \times 10^{-1}} = 5 \times 10^{-6} T$$

c)

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 1 \times 10^{-1}} = 12 \times 10^{-6} T$$

$$B_R = B_2 - B_1 = 12 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6} = 7 \times 10^{-6} T$$

12. OPÇÃO C.13. O vetor campo magnético está entrando na direção perpendicular ao plano do papel: $\vec{B} \otimes$.

$$B_{\text{espira}} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2 \times 10^{-1} \pi} = 2 \times 10^{-5} T$$

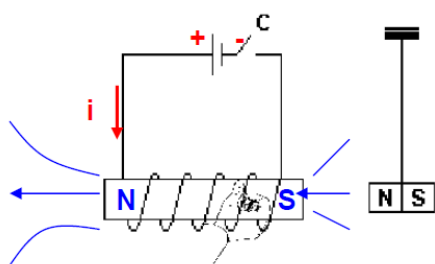
14. OPÇÃO D.

15. Aplicando a regra da mão direita, descobrimos que a face da espira voltada para o ímã é polo norte (corrente circula no sentido anti-horário). Como a espira se afasta do polo A, este é polo norte, e B, o polo sul.

16. OPÇÃO A.

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot i}{L} = \frac{5 \times 10^3 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{-1}}{1} = 4\pi \times 10^{-4} T$$

17. OPÇÃO B.Pela mão, vemos que o campo sai do Norte, à esquerda, entrando pelo Sul, à direita. O ímã será **atraído** porque **polos opostos se atraem**.



ANEXO VII

ELETROMAGNETISMO II: FORÇA EM FIOS E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Eletromagnetismo II: Força em fios e indução eletromagnética

Prof. Toni

ESTUDANTE: _____

01. Em um campo magnético uniforme, de intensidade $0,1\text{ T}$, é lançada uma partícula eletrizada com carga $3 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ e velocidade $6 \cdot 10^3\text{ m/s}$, formando um ângulo θ com B . Determine a intensidade da força magnética que age em q , nos seguintes casos:

a) $\theta = 0^\circ$

b) $\theta = 180^\circ$

c) $\theta = 90^\circ$

d) $\theta = 30^\circ$

02. (Unifor-CE) A figura 1 representa um campo magnético uniforme ($\vec{B}$) perpendicular à folha deste papel e orientado para fora dela.

Uma partícula com carga positiva é então lançada para dentro desse campo magnético com velocidade $\vec{v}$, perpendicular a $\vec{B}$. A força magnética $\vec{F}$ que atua na partícula está mais bem representada pelo vetor:

- a) $\otimes$
- b) $\odot$
- c) $\downarrow$
- d) $\rightarrow$
- e) $\uparrow$

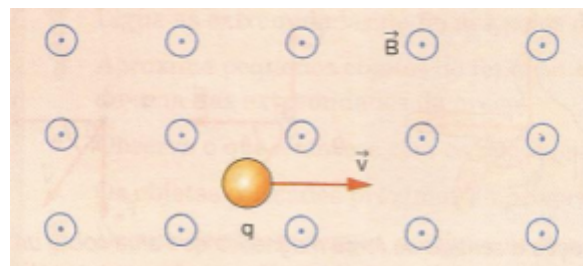


Figura 1

03. Uma partícula com carga $5\text{ }\mu\text{C}$ desloca-se com velocidade de 1000 m/s , formando um ângulo de 30° com um campo magnético uniforme de intensidade $0,8\text{ T}$, conforme representamos na figura 2. Caracterize a força magnética que atua sobre a partícula

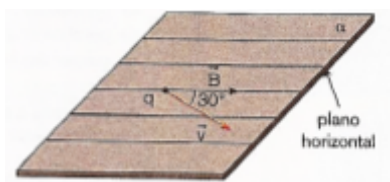


Figura 2

04. Um elétron com velocidade $3 \times 10^6 \text{ m/s}$ penetra perpendicularmente em um campo magnético uniforme de indução magnética $8 \times 10^{-5} \text{ T}$, passando a descrever uma trajetória circular uniforme conforme indica a figura 3.

A massa do elétron é $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ e o módulo de sua carga é $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Calcule:

- o raio da trajetória descrita pelo elétron entre os pontos M e N.
- o intervalo de tempo decorrido entre a entrada e a saída do elétron do campo magnético uniforme.

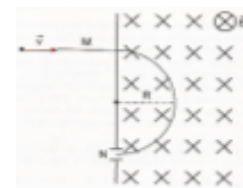


Figura 3

05. Um fio condutor de comprimento 2 m é percorrido por uma corrente de intensidade 10 A (figura 4). Esse condutor está situado num campo magnético uniforme de intensidade 0,05 T. Qual a direção, o sentido e a intensidade da força magnética que atua no condutor?

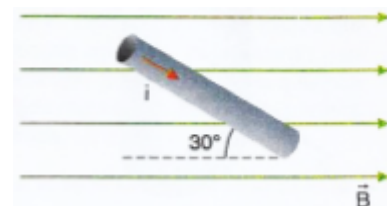


Figura 4

06. Dois fios condutores retos e muito longos estão situados a 20 cm um do outro e são percorridos por correntes elétricas de intensidade 3 A e 2 A. Determine as características da força magnética entre os condutores por metro de comprimento. Considere $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$.

07. (UEL-PR) Dois longos fios condutores retilíneos e paralelos são percorridos por correntes elétricas de mesma intensidade, porém de sentidos opostos (figura 5). Considerando que os fios estejam próximos um do outro, é correto afirmar que:

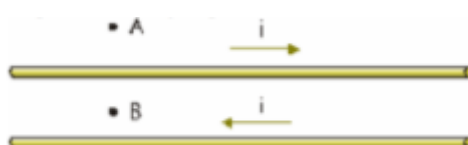
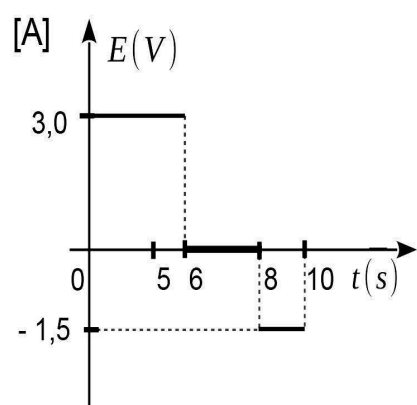
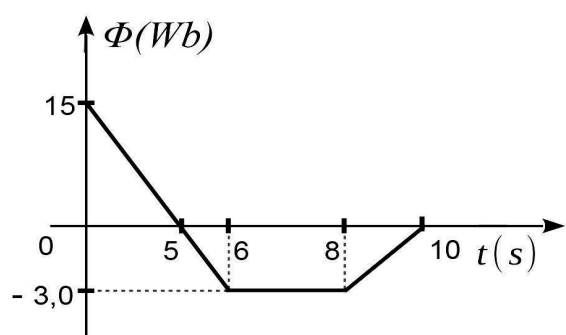


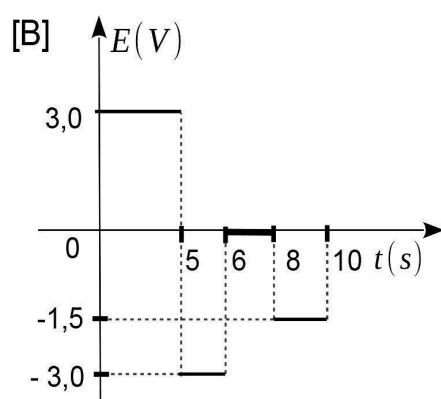
Figura 5

- Sobre os fios condutores aparecem forças atrativas.
- No ponto A, os módulos dos campos magnéticos gerados pelos dois fios condutores são somados.
- Sobre os fios condutores aparecem forças repulsivas.
- No ponto B, que se encontra exatamente entre os dois fios, o campo magnético é nulo.
- Correntes elétricas em condutores não geram campos magnéticos ao seu redor.

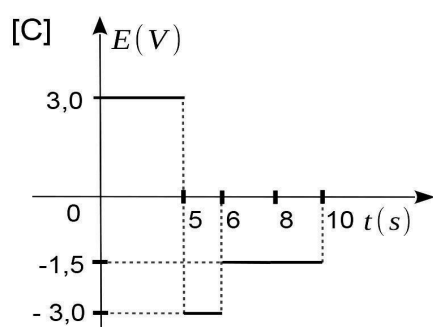
08. Uma espira de cobre está totalmente imersa em um campo magnético variável. O gráfico ao lado representa o fluxo magnético Φ na espira ao longo do tempo t . Podemos então afirmar que o gráfico que representa a força eletromotriz induzida $\mathcal{E}$, na espira, ao longo do tempo t , é representado por:



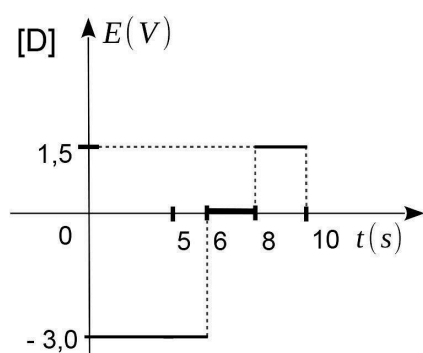
a.



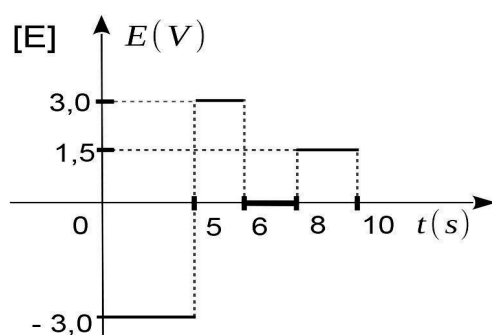
b.



c.

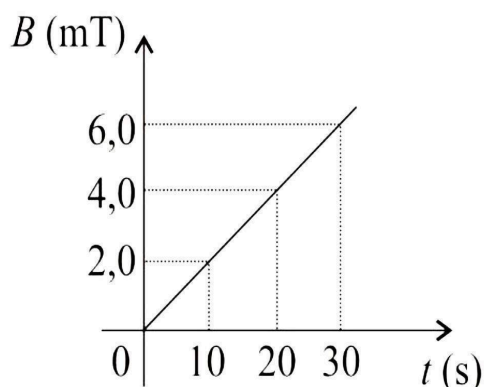


d.



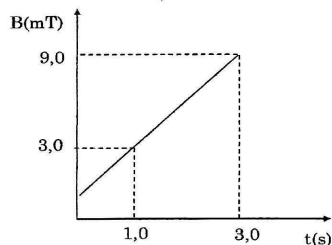
e.

09. Um circuito retangular plano tem uma área constante $A = 40 \text{ cm}^2$ e é submetido a um campo magnético $\vec{B}$ que é perpendicular à sua superfície. O campo magnético atua em toda a superfície do circuito e tem módulo B variável. O comportamento de B em função do tempo é dado pelo gráfico ao lado.



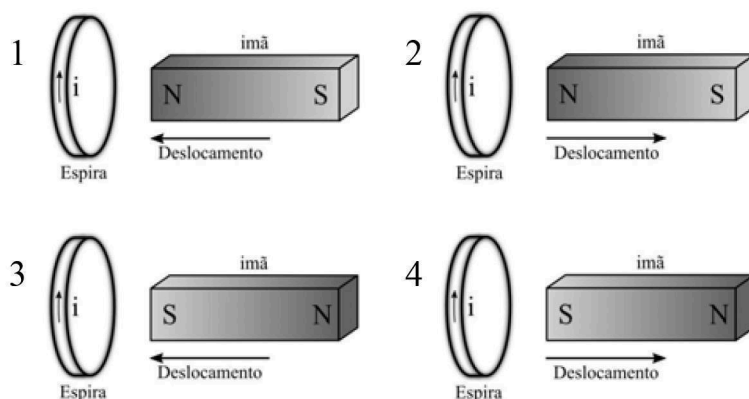
Considerando o exposto acima, determine o módulo da força eletromotriz induzida $\mathcal{E}$, que surge no circuito retangular entre os instantes $t = 10$ s e $t = 30$ s.

10. Considere uma região do espaço em que a intensidade do campo magnético, apontando para cima, esteja variando em função do tempo como mostrado no gráfico abaixo. Uma espira quadrada condutora de lado $20,0$ cm e resistência $R = 10,0$ m Ω é mergulhada nessa região de tal forma que as linhas de campo sejam perpendiculares ao seu plano. Quando a espira é vista por cima, o módulo e o sentido da corrente nela induzida são



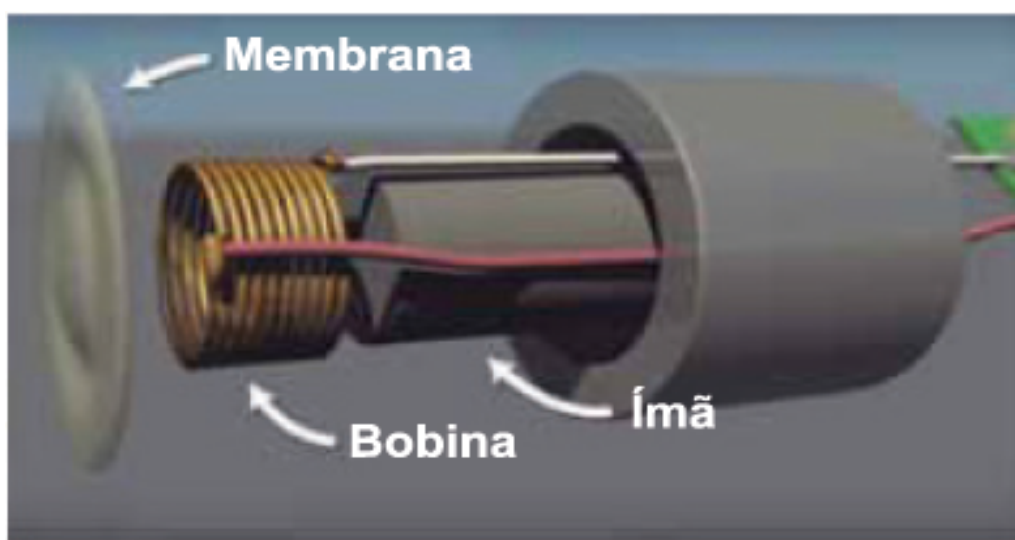
- $12,0$ A, no sentido horário.
- $12,0$ A, no sentido anti-horário.
- $12,0$ mA, no sentido horário.
- $12,0$ mA, no sentido anti-horário.
- $3,0$ mA, no sentido anti-horário.

11. Cada uma das figuras (1, 2, 3 e 4) a seguir indica uma espira condutora ideal e o sentido da corrente elétrica (i) induzida na espira. Cada figura indica também um ímã, seus polos (N = polo norte e S = polo sul) e o vetor deslocamento de aproximação ou afastamento do ímã em relação à espira. Assinale a alternativa que indica as figuras que estão corretas conforme as Leis de Faraday e Lenz.



- a. Figuras 1 e 2.
- b. Figuras 2 e 3.
- c. Figuras 3 e 4.
- d. Figuras 1 e 4.

12. O microfone é um dispositivo capaz de converter ondas sonoras em sinais elétricos, transmitindo informações para um alto-falante ou um gravador. Ele é constituído por uma membrana oscilante, uma bobina e um ímã. Quando ondas sonoras atingem a membrana oscilante, ela passa a vibrar, fazendo a bobina oscilar com a mesma frequência das ondas na região onde atua o campo magnético criado pelo ímã do microfone, gerando uma corrente elétrica induzida.



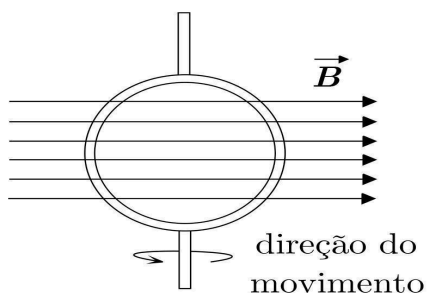
<https://ossia.com.br>

Essa corrente é produzida devido ao fato de a vibração da bobina

- a. provocar a separação dos polos norte e sul do ímã do microfone, gerando uma corrente elétrica induzida entre esses dois polos.

- b. provocar uma variação do fluxo magnético através dela, gerando uma tensão elétrica e, conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida.
- c. eliminar a tensão elétrica provocada pelo ímã do microfone, criando uma corrente elétrica constante e transformando energia mecânica em elétrica.
- d. causar uma variação na constante elástica da membrana oscilante, transformando ondas sonoras em sinais elétricos.
- e. gerar uma variação do comprimento do fio a ser percorrido pela corrente, modificando sua resistência elétrica e possibilitando o movimento dos elétrons desse fio.

13. Considere uma bobina circular de 200 voltas e $5,0 \text{ cm}$ de raio, localizada em uma região onde existe um campo magnético uniforme de $1,25 \text{ T}$. A espira encontra-se inicialmente paralela ao campo magnético e é girada em um quarto de volta em 15 ms . Assinale a alternativa que contém o valor que melhor representa a força eletromotriz média induzida na espira durante o movimento de giro descrito.



- a. $5,0 \text{ V}$
- b. 15 V
- c. 30 V
- d. 60 V
- e. 130 V

14. Em uma usina hidrelétrica, a água do reservatório é guiada através de um duto para girar o eixo de uma turbina. O movimento mecânico do eixo, no interior da estrutura do gerador, transforma a energia mecânica em energia elétrica que chega até nossas casas. Com base nas informações e nos conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar que a produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica está relacionada

- a. à indução de Faraday.
- b. à força de Coulomb.
- c. ao efeito Joule.
- d. ao princípio de Arquimedes.
- e. ao ciclo de Carnot.

GABARITO

$$01. a) F_m = qvB \sin\theta = 3 \times 10^{-6} \times 10^{-1} \times 6 \times 10^3 \times \sin 0^\circ = 0$$

$$b) F_m = qvB \sin\theta = 3 \times 10^{-6} \times 10^{-1} \times 6 \times 10^3 \times \sin 180^\circ = 0$$

$$c) F_m = qvB \sin\theta = 3 \times 10^{-6} \times 10^{-1} \times 6 \times 10^3 \times \sin 90^\circ = 1,8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$d) F_m = qvB \sin\theta = 3 \times 10^{-6} \times 10^{-1} \times 6 \times 10^3 \times \sin 30^\circ = 9 \times 10^{-4} \text{ N}$$

02. OPÇÃO C.

$$03. F_m = qvB \sin\theta = 5 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 8 \times 10^{-1} \times \sin 30^\circ = 2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

A força será vertical para cima.

04. a)

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{9,1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^6}{1,6 \times 10^{-19} \times 8 \times 10^{-5}} = 0,21 \text{ m}$$

b)

$$T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi \times 9,1 \times 10^{-31}}{1,6 \times 10^{-19} \times 8 \times 10^{-5}} = 4,5 \times 10^{-7} \text{ s} \quad \rightarrow \quad \Delta t = \frac{T}{2} = \frac{4,5 \times 10^{-7}}{2} = 2,25 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$05. F_m = Bil \sin\theta = 0,05 \cdot 10 \cdot 2 \sin 30^\circ = 0,5 \text{ N}$$

A direção é perpendicular ao plano formado pelo vetor campo magnético e a corrente e o sentido é vertical para cima (dado pela aplicação da regra da mão esquerda).

06.

$$F_m = \frac{\mu_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot L}{2\pi \cdot d} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{2\pi \cdot 0,2} = 6 \times 10^{-6} \text{ N}$$

07. OPÇÃO C.**08. OPÇÃO A**

A força eletromotriz induzida na espira pode ser calculada com:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{-3 - 15}{6 - 0} = 3 \text{ V}$$

Entre zero e seis segundos:

$$\varepsilon = -\frac{-3 - (-3)}{8 - 6} = 0 \text{ V}$$

Entre seis e oito segundos:

$$\varepsilon = -\frac{0 - (-3)}{10 - 8} = -1,5 \text{ V}$$

Entre oito e dez segundos:

O gráfico que representa essas equações possui estes valores constantes nos respectivos intervalos de tempo.

09. Como o circuito retangular plano é submetido a um campo magnético perpendicular à sua superfície, tem-se que:

$$\phi = B \cdot A \cdot \cos \theta \Rightarrow \phi = B \cdot A \cdot \cos 0^\circ$$

Portanto:

$$\phi = B \cdot A$$

A partir dos dados indicados no gráfico, tem-se, para o fluxo magnético inicial:

$$\phi_{\text{inicial}} = B \cdot A$$

$$\phi_{\text{inicial}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-4}$$

$$\phi_{\text{inicial}} = 8 \cdot 10^{-6}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

Já para o fluxo magnético final:

$$\phi_{\text{final}} = B \cdot A$$

$$\phi_{\text{final}} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot 10^{-4}$$

$$\phi_{\text{final}} = 24 \cdot 10^{-6}$$

Portanto, a variação do fluxo magnético é dada por:

$$\Delta \phi = \phi_{\text{final}} - \phi_{\text{inicial}}$$

$$\Delta \phi = 24 \cdot 10^{-6} - 8 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta \phi = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

Dessa forma, o módulo da força eletromotriz induzida é calculado por:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{30 - 10}$$

$$\varepsilon = -\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{20} \Rightarrow \varepsilon = -8 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

Logo, em módulo, a força eletromotriz é igual a $8 \cdot 10^{-7} \text{ V}$.

10. OPÇÃO C

Pela Lei de Faraday, considerando a área e a posição da espira em relação ao vetor campo magnético constantes, a força eletromotriz induzida na espira é:

$$\varepsilon = \frac{|\Delta \phi|}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot A \cdot \cos \theta}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = \frac{(9 - 3) \cdot 10^{-3} \cdot 0,2^2}{3 - 1}$$

$$\varepsilon = 12 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

Com isso, pela Primeira Lei de Ohm, a corrente que pela regra da mão direita terá sentido horário será:

$$U = R \cdot i \Rightarrow 12 \cdot 10^{-5} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot i$$

$$i = 12 \cdot 10^{-3} = 12 \text{ mA}$$

11. OPÇÃO B

De acordo com a Lei de Lenz, o campo magnético induzido na espira terá tal orientação que irá se opor à variação do fluxo magnético. Unindo essa afirmação à regra da mão direita, pode-se concluir que as duas figuras corretas são 2 e 3.

12. OPÇÃO B

Quando a bobina se movimenta em relação ao ímã, ela se submete a uma variação no fluxo magnético que passa por ela. Isso gera uma força eletromotriz induzida na bobina e faz com que uma corrente elétrica induzida passe pelos fios da bobina.

13. OPÇÃO E

Nesse caso, pela Lei de Faraday, a força eletromotriz induzida será:

$$\varepsilon = N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = N \cdot \frac{\phi_f - \phi_i}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = 200 \cdot \frac{1,25 \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1 - 0}{15 \cdot 10^{-3}}$$

$$\varepsilon = 130 \text{ V}$$

14. OPÇÃO A

O movimento do eixo, dentro da estrutura do gerador, produz uma variação do fluxo de campo magnético. A variação do fluxo de campo magnético produz diferença de potencial, efeito físico predito pela Lei da Indução de Faraday.

Questão 8

[B]

As correntes elétricas que surgem na base da panela são correntes elétricas “induzidas”, explicadas pela lei de Faraday-Lenz

.