



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
LICENCIATURA EM FÍSICA

HELTON DE SALES BRITO

**A IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE FÍSICA, UMA APLICAÇÃO PARA O ENSINO
DE ELETROMAGNETISMO**

PARNAÍBA
2025

HELTON DE SALES BRITO

A IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE FÍSICA, UMA APLICAÇÃO PARA O ENSINO
DE ELETROMAGNETISMO

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado ao Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí Campus Parnaíba como requisito
parcial para a elaboração da monografia de
conclusão de curso de graduação do Curso
de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Me. Deymes Silva de
Águiar

PARNAÍBA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Brito, Helton de Sales

B862i A impressão 3D no ensino de física, uma aplicação para o ensino de
eletromagnetismo / Helton de Sales Brito. - 2025.
135 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Parnaíba, 2025.

Orientador : Prof Me. Deymes Silva de Águiar.

1. Ensino de física. 2. Impressão 3D. 3. Aprendizagem significativa. I. Título.

CDD - 530

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

HELTON DE SALES BRITO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Parnaíba .

Aprovado em: 16 / 12 / 2025

A IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE FÍSICA, UMA APLICAÇÃO PARA O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Deymes Silva de Aguiar (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Lucas Izidio de Sousa Sampaio
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Wilson Rosas de Vasconcelos Neto
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profº. Me. Thiago Rocha Cunha
CETI Edison da Paz Cunha

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática voltada ao ensino de eletromagnetismo para estudantes do Ensino Médio, utilizando kits experimentais produzidos por meio de impressão 3D. A pesquisa fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, buscando identificar e fortalecer subsunçores que facilitem a ancoragem de conceitos abstratos, como campo magnético e indução eletromagnética. Por meio de uma abordagem de pesquisa-ação, os resultados demonstraram que o uso de recursos táteis e visualmente concretos atuou como um facilitador cognitivo, promovendo maior engajamento discente e reduzindo as dificuldades históricas associadas à abstração da disciplina de Física. A utilização da fabricação digital mostrou-se uma alternativa viável e de baixo custo para a superação de carências laboratoriais, permitindo a democratização do acesso à experimentação científica de qualidade.

Palavras-chave: Ensino de Física; impressão 3D; aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This work presents the development and application of a didactic sequence aimed at teaching electromagnetism to high school students, using experimental kits produced through 3D printing. The research is based on David Ausubel's Meaningful Learning Theory, seeking to identify and strengthen subsumers that facilitate the anchoring of abstract concepts, such as magnetic fields and electromagnetic induction. Through an action-research approach, the results demonstrated that the use of tactile and visually concrete resources acted as a cognitive facilitator, promoting greater student engagement and reducing the historical difficulties associated with the abstraction of Physics. The use of digital fabrication proved to be a viable and low-cost alternative for overcoming laboratory deficiencies, allowing the democratization of access to high-quality scientific experimentation.

Keywords: Physics Teaching; 3D Printing; meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 - VISOR DE CAMPO MAGNÉTICO.....	41
FIGURA 02 - APARATO EXPERIMENTAL REFERENTE AO MOTOR HOMOPOLAR	42
FIGURA 03 - MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	43
FIGURA 04 - GERADOR ELÉTRICO A BASE DO MOTOR DC.....	44
FIGURA 05 - KIT EXPERIMENTAL VISOR DE CAMPO MAGNÉTICO.....	47
FIGURA 06 - KIT EXPERIMENTAL PARA MONTAGEM DO MOTOR HOMOPOLAR.....	47
FIGURA 07 - KIT EXPERIMENTAL MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	48
FIGURA 08 - KIT EXPERIMENTAL GERADOR ELÉTRICO À BASE DO MOTOR DC	49
FIGURA 09A - APLICAÇÃO DO VISOR DE LINHAS DE CAMPO NA ESCOLA A..	53
FIGURA 09B - APLICAÇÃO DO VISOR DE LINHAS DE CAMPO NA ESCOLA B..	54
FIGURA 10 - AULA DE APROFUNDAMENTO CONCEITUAIS NA ESCOLA A.....	55
FIGURA 11A - ALUNOS EXECUTANDO A PRÁTICA NA ESCOLA A.....	56
FIGURA 11B - ALUNOS EXECUTANDO A PRÁTICA NA ESCOLA B.....	56
FIGURA 12A - ALUNOS EXECUTANDO A MONTAGEM DO EXPERIMENTO MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA ESCOLA A.....	58
FIGURA 12B - ALUNOS EXECUTANDO A MONTAGEM DO EXPERIMENTO MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA ESCOLA B.....	58
FIGURA 13A - EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO: GERADOR DE ENERGIA À BASE DO MOTOR DC NA ESCOLA A.....	60

FIGURA 13B - EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO: GERADOR DE ENERGIA À BASE DO MOTOR DC NA ESCOLA B.....	60
FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	79
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	80
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	80
FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	81
FIGURA 18 -REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA B.....	81
FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	82
FIGURA 20 - REPRESENTAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO DESENHADO PELO ALUNO DA ESCOLA A.....	82
GRÁFICO 01 - DADOS COLETADOS DO PRÉ-TESTE NA ESCOLA A.....	64
GRÁFICO 02 - DADOS COLETADOS DO PRÉ-TESTE NA ESCOLA A.....	65
GRÁFICO 03 - DADOS EM RELAÇÃO A AFINIDADE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO A DISCIPLINA NA ESCOLA A.....	66
GRÁFICO 04 - DADOS EM RELAÇÃO A AFINIDADE DOS ALUNOS EM RELAÇÃO A DISCIPLINA NA ESCOLA B.....	67
GRÁFICO 05 - DADOS RELACIONADOS ÀS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELOS ALUNOS NA ESCOLA A.....	68

GRÁFICO 06 - DADOS RELACIONADOS ÀS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELOS ALUNOS NA ESCOLA B.....	68
GRÁFICO 07 - DADOS DA ESCOLA A RELACIONADOS AO FENÔMENO DE INTERAÇÃO ENTRE ÍMÃS E BÚSSOLA.....	70
GRÁFICO 08 - DADOS DA ESCOLA B RELACIONADOS AO FENÔMENO DE INTERAÇÃO ENTRE ÍMÃS E BÚSSOLA.....	70
GRÁFICO 09 - DADOS DA ESCOLA A RELACIONANDO CORRENTE ELÉTRICA EM MOVIMENTO E CAMPO MAGNÉTICO.....	72
GRÁFICO 10 - DADOS DA ESCOLA B RELACIONANDO CORRENTE ELÉTRICA EM MOVIMENTO E CAMPO MAGNÉTICO.....	72
GRÁFICO 11 DADOS COLETADOS NA ESCOLA A ONDE RELACIONA ELETRICIDADE ESTÁTICA E ELETROMAGNETISMO.....	73
GRÁFICO 12 DADOS COLETADOS NA ESCOLA B ONDE RELACIONA ELETRICIDADE ESTÁTICA E ELETROMAGNETISMO.....	74
GRÁFICO 13 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA A QUE SE TRATA DA CORRENTE INDUZIDA EM BOBINAS COM VARIAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO.....	75
GRÁFICO 14 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA B QUE SE TRATA DA CORRENTE INDUZIDA EM BOBINAS COM VARIAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO.....	75
GRÁFICO 15 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA A RELACIONANDO A INTERAÇÃO ENTRE CAMPO MAGNÉTICO E UM ELÉTRON.....	76
GRÁFICO 16 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA A RELACIONANDO B INTERAÇÃO ENTRE CAMPO MAGNÉTICO E UM ELÉTRON.....	77
GRÁFICO 17 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA A QUE REVELAM A IDENTIDADE DO MAGNETISMO NO COTIDIANO DOS ALUNOS.....	78
GRÁFICO 18 - DADOS COLETADOS NA ESCOLA B QUE REVELAM A IDENTIDADE DO MAGNETISMO NO COTIDIANO DOS ALUNOS.....	78

GRÁFICO 19 - DADOS DO PÓS-TESTE QUE MOSTRAM A SATISFAÇÃO DOS ALUNOS COM OS EXPERIMENTOS NA ESCOLA A.....	87
GRÁFICO 20 - DADOS DO PÓS-TESTE QUE MOSTRAM A SATISFAÇÃO DOS ALUNOS COM OS EXPERIMENTOS NA ESCOLA B.....	87
GRÁFICO 21 - DADOS DO PRÉ-TESTE DA ESCOLA A ONDE TODOS OS ALUNOS DIZEM TER APRENDIDO ALGO NA MANIPULAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	88
GRÁFICO 22 - DADOS DO PRÉ-TESTE DA ESCOLA B ONDE TODOS OS ALUNOS DIZEM TER APRENDIDO ALGO NA MANIPULAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	89
GRÁFICO 23 - DADOS DO PRÉ-TESTE ONDE OS ALUNOS NA ESCOLA A EXPRESSAM SUA FAMILIARIDADE COM OS KITS EXPERIMENTAIS.....	90
GRÁFICO 24 - DADOS DO PRÉ-TESTE ONDE OS ALUNOS NA ESCOLA A EXPRESSAM SUA FAMILIARIDADE COM OS KITS EXPERIMENTAIS.....	90
GRÁFICO 25 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA A PARA ENTENDER O INTERESSE DOS ALUNOS PELA DISCIPLINA.....	91
GRÁFICO 26 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA B PARA ENTENDER O INTERESSE DOS ALUNOS PELA DISCIPLINA.....	92
GRÁFICO 27 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA A ONDE OS ALUNOS EXPRESSAM SEUS CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE O TEMA.....	93
GRÁFICO 28 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA B ONDE OS ALUNOS EXPRESSAM SEUS CONHECIMENTOS TÉCNICOS SOBRE O TEMA.....	93
GRÁFICO 29 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA A ONDE OS ALUNOS RELACIONAM CORRENTE ELÉTRICA E CAMPO MAGNÉTICO.....	94
GRÁFICO 30 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA B ONDE OS ALUNOS RELACIONAM CORRENTE ELÉTRICA E CAMPO MAGNÉTICO.....	95
GRÁFICO 31 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA A ONDE OS ALUNOS EXPRESSAM SEU CONHECIMENTO EM RELAÇÃO ÀS LEIS DE FARADAY.....	96

GRÁFICO 32 - DADOS DO PÓS-TESTE DA ESCOLA B ONDE OS ALUNOS EXPRESSAM SEU CONHECIMENTO EM RELAÇÃO ÀS LEIS DE FARADAY.....96

GRÁFICO 33 - DADOS COLETADOS NO PÓS-TESTE DA ESCOLA A QUE EXIBE A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS QUANTO AO FENÔMENO DE ELETROMAGNETISMO NO SEU COTIDIANO.....97

GRÁFICO 34 - DADOS COLETADOS NO PÓS-TESTE DA ESCOLA B QUE EXIBE A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS QUANTO AO FENÔMENO DE ELETROMAGNETISMO NO SEU COTIDIANO.....98

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - ATIVIDADES REALIZADAS NA ESCOLA A.....	50
TABELA 02 - ATIVIDADES REALIZADAS NA ESCOLA B.....	51
TABELA 03 - COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC.....	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	18
2.1.1 CONTEXTO HISTÓRICO, FUNDAMENTOS E TENDÊNCIAS CONTEMPORÂNEAS.....	18
2.1.2 FORMAÇÃO DOCENTE EM FÍSICA NO BRASIL	21
2.1.3 PERSPECTIVA ATUAIS E DESAFIOS.....	21
2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
2.2.1 CONDIÇÕES PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	23
2.3 TECNOLOGIAS PARA UM ENSINO DE FÍSICA SIGNIFICATIVO	24
2.3.1 OS DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS NO ENSINO DE FÍSICA.....	25
2.3.2 A INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS NO ENSINO DE FÍSICA	26
2.4 O USO DE IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE FÍSICA.....	29
2.4.1 A EXPERIMENTAÇÃO COMO EIXO NO ENSINO DE FÍSICA.....	29
2.4.2 DESAFIOS E LIMITAÇÕES.....	31
2.5 ENSINO DE ELETROMAGNETISMO.....	32
2.5.1 BREVE HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO.....	32
2.5.2 PRINCIPAIS FÍSICOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES.....	35
2.5.3 FÓRMULAS MATEMÁTICAS DO ELETROMAGNETISMO.....	35
2.5.4 O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO NO BRASIL.....	37
3 METODOLOGIA.....	39
3.1 ESCOLHA DO CONTEÚDO E PEÇAS A SEREM USADAS NA PESQUISA....	40
3.1.1 DEMONSTRAÇÃO DAS LINHAS DE CAMPO AO REDOR DE UM ÍMÃ.....	40
3.1.2 MOTOR HOMOPOLAR.....	41
3.1.3 MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	42
3.1.4 GERADOR DE ELETRICIDADE A PARTIR DE MOTOR DC.....	43

3.2 ESCOLHA DAS TURMAS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	44
3.3 ELABORAÇÃO DOS KITS DIDÁTICOS.....	45
3.3.1 VISUALIZAÇÃO DAS LINHAS DE CAMPO DE UM ÍMÃ.....	46
3.3.2 MOTOR HOMOPOLAR.....	47
3.3.3 MOTOR DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	47
3.3.4 GERADOR ELÉTRICO A PARTIR DO MOTOR DC.....	48
3.4 PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DAS INTERVENÇÕES.....	49
3.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	51
3.5.1 AULA 01: ETAPA DIAGNÓSTICA - APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE.....	51
4.5.2 AULA 02: O CONCEITO DE CAMPO MAGNÉTICO E A VISUALIZAÇÃO DAS LINHAS DE CAMPO.....	52
3.5.3 AULA 03: CONSOLIDAÇÃO DOS CONCEITOS E DEFINIÇÕES PROGRESSIVA.....	54
3.5.4 AULA 04: MOTOR HOMOPOLAR E A FORÇA DE LORENTZ.....	55
3.5.5 AULA 05: MOTOR DE INDUÇÃO E AS CORRENTES DE FOUCAULT.....	57
3.5.6 AULA 06: GERADORES, TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA E A TECNOLOGIA 3D.....	59
3.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	60
3.7 ESCRITA DA MONOGRAFIA.....	62
3.8 ALINHAMENTO CURRICULAR: BNCC E O ENSINO DE FÍSICA.....	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
4.1 ANÁLISE DIAGNÓSTICA: O PERFIL DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	64
4.1.1 APANHADO GERAL DO DIAGNÓSTICO INICIAL.....	83
4.2 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA: A EXPERIMENTAÇÃO E A OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE NA ESCOLA A.....	84
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA E EVOLUÇÃO CONCEITUAL.....	86
4.3.1 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO CONCEITUAL E EXPERIMENTAL: PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE.....	102
4.4 PERCEPÇÃO DOCENTE: UMA ANÁLISE QUALITATIVA DA INTERVENÇÃO.....	103
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXO A PRÉ-TESTE.....	115
ANEXO B PÓS-TESTE.....	118
ANEXO C ROTEIRO DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS.....	120
ANEXO D PLANOS DE AULAS.....	124

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Brasil enfrenta desafios históricos e contemporâneos que exigem uma análise crítica e o desenvolvimento de propostas metodológicas inovadoras. A disciplina, marcada por sua relevância científica e tecnológica, é frequentemente percebida pelos estudantes como abstrata e de difícil compreensão, o que reforça a necessidade de abordagens didáticas que articulem teoria e prática, favorecendo uma aprendizagem mais significativa. Este trabalho busca discutir essas questões à luz de referenciais teóricos consolidados, além de propor a utilização de tecnologias acessíveis, como a impressão 3D, na elaboração de recursos experimentais voltados ao ensino de eletromagnetismo.

Historicamente, a disciplina tem sido caracterizada por abordagens tradicionais, muitas vezes centradas na transmissão de conteúdos e na memorização de fórmulas, o que pode dificultar a aprendizagem significativa (FREIRE, 1996; MOREIRA, 2013). Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem de Ausubel (2003) destaca-se como base relevante, defendendo que o novo conhecimento deve se conectar de maneira substancial aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do estudante. Para promover essa ancoragem, as tecnologias têm se mostrado recursos potentes, permitindo que conceitos abstratos sejam visualizados e manipulados de forma concreta.

Diante desse cenário, este trabalho estabelece como **objetivo geral** verificar a eficácia da utilização de modelos didáticos impressos em 3D como recurso pedagógico para o ensino de conceitos de eletromagnetismo, buscando demonstrar como essa tecnologia pode tornar o aprendizado mais concreto e engajador para alunos do Ensino Médio.

Para alcançar tal propósito, definiram-se os seguintes **objetivos específicos**: imprimir em 3D modelos que ajudem a visualizar conceitos-chave, como o campo magnético de ímãs, campo elétrico e força de Lorentz; elaborar uma sequência didática que integre o uso desses modelos com experimentos práticos, avaliando a percepção dos alunos sobre a contribuição desses recursos; e investigar a viabilidade e os desafios da implementação de impressoras 3D no

ambiente escolar, considerando custos, manutenção e a capacitação de professores e alunos.

A estrutura deste trabalho está organizada de modo a fundamentar e descrever cada etapa dessa proposta. O capítulo "Ensino de Física no Brasil" aborda as transformações e necessidades da formação científica atual. Em seguida, o capítulo "Teorias da Aprendizagem de Ausubel" detalha os fundamentos da aprendizagem significativa. No capítulo "Tecnologias no Ensino de Física", discute-se o potencial das ferramentas digitais, enquanto o capítulo "O Uso de Impressão 3D no Ensino de Física" foca na fabricação digital como estratégia inovadora. O ensino específico da área é tratado em "O Ensino de Eletromagnetismo". Por fim, os capítulos de "Metodologia" e "Resultados e Discussões" apresentam, respectivamente, o percurso da pesquisa-ação e os impactos da proposta nas turmas atendidas, analisando tanto os ganhos de aprendizagem quanto as limitações identificadas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A necessidade de reestruturar o ensino de Física no Brasil fundamenta-se na urgência de superar o modelo tradicional, predominantemente pautado na abstração excessiva e na memorização de algoritmos. O presente projeto justifica-se, primordialmente, pela intenção de oferecer um contexto de ensino diferenciado, onde a teoria não seja um fim em si mesma, mas uma ferramenta de compreensão da realidade. Ao propor a inserção da fabricação digital como suporte pedagógico, busca-se romper com a apatia escolar, oferecendo aos discentes um ambiente de aprendizagem no qual o fenômeno físico possa ser manipulado e observado de forma concreta.

Nesse sentido, a experimentação assume o papel de eixo central da proposta, visando tornar o ensino de Física mais dinâmico e visualmente atraente. A utilização de kits produzidos em impressão 3D permite que conceitos complexos de eletromagnetismo — frequentemente vistos como "invisíveis" e distantes pelos alunos — ganhem forma e funcionalidade. Tal abordagem justifica-se por sua capacidade de reduzir a distância entre o saber acadêmico e a percepção sensorial do estudante, funcionando como um elemento motivador que desperta a curiosidade e o desejo de investigação científica.

Por fim, este projeto justifica-se pela busca por um modelo de educação que priorize a participação ativa dos discentes no processo de construção do conhecimento. Ao interagir com materiais didáticos inovadores e de baixo custo, o aluno deixa de ocupar a posição de espectador passivo para tornar-se protagonista de suas descobertas. Essa dinâmica não apenas facilita a ancoragem de novos conceitos na estrutura cognitiva, conforme os pressupostos da Aprendizagem Significativa, mas também democratiza o acesso à experimentação de qualidade, provando que a tecnologia pode ser uma aliada poderosa na transformação da educação básica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento de uma proposta pedagógica que vise a superação do ensino tradicional de Física exige uma fundamentação teórica sólida, que articule as dimensões histórica, cognitiva e tecnológica do aprendizado. Este capítulo dedica-se a estabelecer os pilares que sustentam a presente pesquisa, iniciando por uma análise da trajetória do ensino de Física no Brasil e as tendências contemporâneas que norteiam a educação básica. Em seguida, discute-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, fornecendo a base psicológica necessária para compreender como os conceitos abstratos do eletromagnetismo podem ser ancorados na estrutura cognitiva dos estudantes. Por fim, explora-se o papel das tecnologias educativas, com ênfase na integração da fabricação digital via impressão 3D, consolidando o arcabouço teórico que justifica a utilização de recursos táteis e visuais como mediadores de um conhecimento científico profundo e contextualizado.

2.1 ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

A compreensão do panorama atual do ensino de Física no Brasil exige um olhar retrospectivo sobre as bases que consolidaram a disciplina no currículo escolar nacional. Historicamente, o ensino de ciências no país foi erguido sob uma estrutura predominantemente acadêmica e propedêutica, o que acabou por cristalizar metodologias focadas na recepção passiva de conteúdos e na formalização matemática precoce. Esta seção propõe uma análise da trajetória histórica desse ensino, discutindo as tensões entre os modelos tradicionais de transmissão de conhecimento e as tendências contemporâneas que buscam uma formação científica mais humana, crítica e integrada aos avanços tecnológicos. Ao investigar esses fundamentos, torna-se possível identificar as lacunas que justificam a busca por novas ferramentas mediadoras, capazes de aproximar a ciência da realidade vivenciada pelos estudantes brasileiros.

2.1.1 Contexto histórico, fundamentos e tendências contemporâneas

O ensino de Física no Brasil possui uma trajetória marcada por profundas transformações, desde sua introdução como disciplina escolar até os dias atuais. A presença de Richard Feynman no país, nas décadas de 1950 e 1960, constitui um

marco simbólico para a compreensão dos desafios históricos enfrentados nessa área. Em suas palestras, Feynman foi enfático ao criticar o caráter meramente livresco do ensino, baseado na memorização e desprovido de dimensão investigativa.

Essa crítica revela uma realidade que ainda persiste em muitos contextos escolares: o predomínio da transmissão de fórmulas e definições sem conexão com a observação e a experimentação. Para Feynman, o ensino de Física deveria estar fundamentado na curiosidade e na investigação, uma vez que só quando o estudante está pesquisando fatos reais, que efetivamente se estão desenrolando perante ele está ele aprendendo ciência.

O caráter memorístico dos livros didáticos brasileiros também foi alvo de críticas. Feynman os comparou a “dicionários de definições, de palavras mortas, de conceitos que, por não terem emergido diretamente dos fatos, pertencem a um mundo artificial e inútil”. Essa observação aponta para a necessidade de repensar não apenas a prática docente, mas também a produção de materiais de apoio, de modo que favoreçam a compreensão ativa do estudante.

Historicamente, o ensino de Física no Brasil esteve associado a um modelo transmissivo, vinculado ao positivismo do século XIX e às reformas educacionais centralizadas. Durante muito tempo, o papel do aluno foi reduzido a receptor de informações, enquanto o professor se constituía em detentor exclusivo do conhecimento científico. No entanto, a partir da segunda metade do século XX, movimentos de renovação pedagógica começaram a questionar essa abordagem.

Autores como Pietrocola (2005) ressaltam que, no contexto brasileiro, a modernização curricular buscou superar o enfoque puramente conteudista e memorístico, mas ainda enfrenta entraves estruturais como a precariedade de laboratórios, a falta de tempo destinado à experimentação e a carência de formação adequada dos professores.

Assim, o panorama histórico indica que o ensino de Física no Brasil tem oscilado entre momentos de inovação e permanência de práticas tradicionais, revelando a complexidade de transformar a cultura escolar consolidada.

No cenário atual, as discussões sobre o ensino de Física no Brasil enfatizam a necessidade de metodologias que favoreçam a construção do conhecimento de forma ativa e contextualizada. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento orientador da educação básica brasileira, defende que a aprendizagem de Ciências da Natureza deve promover o desenvolvimento de competências investigativas, interpretativas e argumentativas (BRASIL, 2018).

Nesse sentido, há uma crescente valorização das chamadas metodologias ativas, que estimulam o protagonismo discente e a participação em situações de resolução de problemas. De acordo com Delizoicov e Angotti (1994), a abordagem por problematização é essencial para que os alunos compreendam a ciência como um processo histórico e social, e não apenas como um conjunto de verdades prontas.

A experimentação é apontada como eixo central para a aprendizagem em Física. Segundo Arruda e Laburú (1996), “a atividade experimental é insubstituível na medida em que permite ao aluno estabelecer relações entre teoria e realidade, desenvolvendo habilidades cognitivas e investigativas”. Todavia, o ensino experimental enfrenta limitações práticas, como a falta de infraestrutura adequada nas escolas públicas.

Diante desse cenário, surgem alternativas inovadoras, como o uso de recursos de baixo custo, simulações computacionais e materiais produzidos por tecnologias acessíveis. Um exemplo é o relato de Evangelista et al. (2023), que descrevem experiências com impressão 3D e Arduino, destacando que essas ferramentas permitem que os alunos “despertem o desejo em aprender” e ampliem seu interesse pela Física.

Outros trabalhos destacam o papel das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ensino de Física. Segundo Kenski (2012), essas ferramentas ampliam a interação e possibilitam novas formas de representação dos fenômenos, favorecendo a aprendizagem significativa.

No Brasil, iniciativas como o uso de realidade aumentada também têm sido exploradas. Souza e Kirner (2011) apontam que “a tecnologia da realidade aumentada pode ser especialmente valiosa na área de educação”, pois aproxima os

estudantes de conceitos abstratos de forma interativa. Essas tendências evidenciam que, embora haja obstáculos estruturais, há também possibilidades criativas e acessíveis que podem transformar a experiência do ensino de Física.

2.1.2 Formação docente em Física no Brasil

Um dos maiores desafios para a melhoria do ensino de Física no Brasil está na formação inicial e continuada dos professores. A literatura aponta que muitos docentes ingressam na carreira com deficiências na compreensão conceitual de tópicos fundamentais e com escassa preparação para o uso de metodologias inovadoras.

De acordo com Gatti (2010), a formação docente no país ainda é marcada por fragmentação curricular e pela falta de integração entre teoria pedagógica e prática de ensino. Esse cenário repercute diretamente na forma como a Física é ensinada, frequentemente reduzida à reprodução de conteúdos prontos.

Além disso, as condições de trabalho e a valorização profissional exercem influência significativa na prática docente. Segundo Nóvoa (2009), não é possível dissociar a qualidade do ensino da valorização social e econômica do professor. No caso específico da Física, a desmotivação de muitos docentes também está associada às dificuldades de atualização científica e à sobrecarga de atribuições.

Apesar das dificuldades, há avanços a destacar. Programas de formação continuada e projetos de extensão universitária têm buscado aproximar os professores das práticas de pesquisa e inovação pedagógica. Nesse contexto, iniciativas de integração entre universidades e escolas da educação básica mostram-se fundamentais para promover a melhoria da qualidade do ensino.

2.1.3 Perspectivas atuais e desafios

O ensino de Física no Brasil enfrenta desafios estruturais e pedagógicos, mas também abre espaço para perspectivas de renovação. Entre os desafios mais relevantes, destacam-se a desigualdade de infraestrutura entre escolas públicas e privadas, bem como a carência de materiais didáticos contextualizados e inovadores. Somam-se a esse cenário a necessidade de uma formação docente

crítica e reflexiva e a pressão de exames nacionais, como o ENEM, que muitas vezes induzem práticas conteudistas.

Entretanto, observa-se um movimento crescente em direção à valorização da aprendizagem significativa. Ausubel (1980) já destacava que a aprendizagem torna-se relevante quando os novos conhecimentos se relacionam de forma substantiva com os conceitos prévios dos alunos. Essa concepção inspira propostas de ensino contextualizado, que buscam aproximar os conteúdos de Física da realidade sociocultural dos estudantes. A adoção de metodologias de ensino que incorporem experimentação, problematização e recursos tecnológicos surge como caminho promissor. Como defendem Evangelista et al. (2023), tais práticas “direcionam o olhar, o interesse, as inquietações e questionamentos discentes para este campo científico e tecnológico”.

No campo das políticas educacionais, a implementação da BNCC representa uma oportunidade de alinhar os currículos escolares a uma perspectiva mais investigativa. No entanto, como observam Moraes e Moreira (2019), o documento por si só não garante mudanças significativas, sendo imprescindível investir na formação docente e na valorização das condições de ensino. Por fim, é importante ressaltar a relevância da inclusão no ensino de Física. A escola brasileira é marcada por grande diversidade cultural, social e cognitiva, exigindo práticas pedagógicas que contemplem diferentes formas de aprender. Nesse sentido, iniciativas de adaptação de materiais e de aplicação de metodologias acessíveis são fundamentais para democratizar o acesso ao conhecimento científico.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM DE AUSUBEL

A teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Paul Ausubel na década de 1960, constitui um dos referenciais mais influentes no campo da educação e da psicologia educacional. Para o autor, a aprendizagem se torna efetivamente significativa quando novos conhecimentos são relacionados de maneira substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva preexistente do aprendiz (AUSUBEL, 1980).

Segundo Ausubel (1980, p. 34), “se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, enunciaria este: o fator isolado mais importante

que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue-se isso e ensine-se de acordo”. Essa afirmação sintetiza a centralidade dos conhecimentos prévios no processo de construção do saber.

A aprendizagem significativa se contrapõe à chamada aprendizagem mecânica ou por memorização, na qual o estudante apenas repete informações sem estabelecer conexões com o que já conhece. De acordo com Silva Filho (2021), essa distinção é crucial para o ensino de Ciências, pois conteúdos complexos, como os da Física, dificilmente são assimilados de forma duradoura quando aprendidos de maneira mecânica.

2.2.1 Condições para a aprendizagem significativa

Ausubel (1980) estabelece três condições básicas para que ocorra a aprendizagem significativa: material potencialmente significativo – o conteúdo deve ser logicamente estruturado e psicologicamente compreensível para o aluno; conhecimentos prévios – o estudante precisa dispor de conceitos âncora em sua estrutura cognitiva; e atitude do aprendiz – o aluno deve estar disposto a relacionar o novo conteúdo com seus conhecimentos já estabelecidos. Silva Filho (2018) enfatiza que “a aprendizagem significativa não é um processo automático; depende tanto da qualidade do material de ensino quanto da predisposição do aluno em aprender”.

No campo da Física, a teoria de Ausubel oferece contribuições valiosas para repensar metodologias. Conceitos como força, energia, campo elétrico e indução magnética são altamente abstratos e exigem a construção de significados para além da memorização de fórmulas. Nesse sentido, os organizadores prévios – recursos introdutórios que ajudam a ativar conhecimentos prévios – tornam-se ferramentas importantes. Segundo Silva Filho (2021), os organizadores prévios funcionam como pontes cognitivas, auxiliando os estudantes a relacionarem novos conteúdos a ideias já internalizadas. No ensino de Física, tais organizadores podem assumir formas variadas, como mapas conceituais, experimentos demonstrativos ou questões problematizadoras.

“Os mapas conceituais, desenvolvidos por Novak a partir da teoria de Ausubel, são instrumentos poderosos de avaliação e de facilitação da aprendizagem

significativa”. Esse tipo de recurso auxilia o professor a identificar os conceitos estruturantes da disciplina e a promover uma visão mais integrada do conhecimento científico (SILVA FILHO, 2021). A adoção da teoria de Ausubel implica uma crítica direta ao ensino tradicional de Física no Brasil. Como já ressaltava Feynman em suas palestras no país, o ensino puramente memorístico não promove compreensão real dos fenômenos naturais. Nesse ponto, a teoria de Ausubel fornece base teórica para justificar práticas pedagógicas que buscam ir além da transmissão de fórmulas.

Ausubel (2003) argumenta que a aprendizagem significativa é mais duradoura, favorece a transferência de conhecimentos para novas situações e promove a autonomia intelectual. Em contraste, a aprendizagem mecânica tende a ser esquecida rapidamente e pouco contribui para a resolução de problemas. A incorporação da teoria da aprendizagem significativa em pesquisas educacionais permite analisar de que maneira metodologias diferenciadas contribuem para a construção de conhecimento. Quando se utilizam, por exemplo, kits experimentais ou recursos de realidade aumentada, como em Silva João (2020), a intenção pedagógica deve estar alinhada ao princípio ausubeliano de vincular o novo conhecimento às estruturas cognitivas prévias dos estudantes. Assim, a teoria de Ausubel não apenas fundamenta propostas didáticas inovadoras, como também oferece critérios de avaliação: verifica-se se os alunos conseguiram estabelecer conexões substantivas entre os novos conceitos e seus conhecimentos prévios.

2.3 TECNOLOGIAS PARA UM ENSINO DE FÍSICA SIGNIFICATIVO

A busca por uma aprendizagem que transcenda a memorização mecânica encontra no suporte tecnológico um aliado estratégico para a materialização dos conceitos físicos. No âmbito da Teoria da Aprendizagem Significativa, as tecnologias não devem ser compreendidas como meros acessórios ilustrativos, mas como ferramentas de mediação capazes de atuar como organizadores prévios ou facilitadores da diferenciação progressiva. Ao permitir a visualização de fenômenos invisíveis a olho nu ou a manipulação de variáveis em tempo real, os recursos tecnológicos oferecem o suporte empírico necessário para que o estudante ancore novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva de forma sólida. Contudo, a eficácia desse uso depende intrinsecamente de uma análise sobre o cenário

educacional atual e das barreiras que tradicionalmente distanciam o aluno da ciência, conforme discutido a seguir.

2.3.1 Os Desafios Contemporâneos no Ensino de Física

O ensino de Física no Ensino Médio enfrenta desafios persistentes que demandam uma reavaliação contínua das práticas pedagógicas. Superar a percepção da Física como uma disciplina excessivamente abstrata, desconectada da realidade cotidiana dos alunos, é uma tarefa estratégica para educadores e pesquisadores. A persistência de um modelo de ensino que privilegia a memorização de fórmulas em detrimento da compreensão conceitual contribui para o desinteresse e as dificuldades de aprendizagem, consolidando a imagem de uma ciência inacessível.

As principais dificuldades enfrentadas pelos discentes são bem documentadas na literatura. Santos et al. (2020) apontam que os alunos encontram barreiras significativas para associar os conteúdos estudados ao seu cotidiano. Complementarmente, Chiquetto (2011), citado por Rodrigues et al. (2024), destaca que os discentes frequentemente percebem a disciplina como um "grande emaranhado de equações sem sentido". Essa desconexão entre a teoria e o mundo vivenciado representa um obstáculo fundamental. Diante desse panorama, emerge a necessidade de novas estratégias de ensino e da utilização de recursos didáticos inovadores que possam atender às demandas educacionais contemporâneas, conforme argumentam Moraes & Araújo (2012), citados por Santos et al. (2020).

A crítica ao ensino tradicional de Física concentra-se, em grande parte, na sua abordagem descontextualizada e na focalização desproporcional em cálculos matemáticos (SANTOS ET AL., 2020). Nesse modelo, o aluno assume um papel passivo, limitando-se a tentar compreender o que o professor expõe com base no livro didático, o que resulta em uma visão distorcida e fragmentada da disciplina. Para romper com esse ciclo, é imperativo explorar abordagens pedagógicas renovadas que promovam uma aprendizagem mais significativa, como o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

A abordagem com o uso de tecnologias surge como uma alternativa metodológica robusta para o ensino de ciências, visando superar a fragmentação do

conhecimento e promover uma educação mais crítica e contextualizada. Sua relevância estratégica reside no objetivo de formar cidadãos capazes de compreender as complexas interações entre o desenvolvimento científico-tecnológico de forma responsável.

Conforme descrito por Santos et al. (2020, p. 3), “essa abordagem pode ser compreendida como um movimento que busca incorporar “discussões, questionamentos e críticas em torno do desenvolvimento científico e também tecnológico” no ambiente educacional. A premissa é que a escola é um espaço propício para iniciar transformações, fomentando nos alunos a capacidade de pensar por si próprios e de analisar criticamente a sociedade. Em uma definição formal, Hofstein et al. (1988, p. 358), como referenciado por Rodrigues et al. (2024), caracterizam o ensino CTS da seguinte forma:

O ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia a dia (RODRIGUES ET AL. 2024).

Os pressupostos educacionais de uma abordagem tecnológica são fundamentalmente transformadores. Kist & Ferraz (2010) e Bazzo (2008), citados por Santos et al. (2020), destacam que a CTS valoriza o ato de pensar em detrimento da mera reprodução de conteúdo. O objetivo final é a formação de um profissional-cidadão, dotado não apenas de competências técnicas, mas também de uma consciência crítica sobre os problemas da sociedade e a capacidade de atuar em sua transformação.

2.3.2 A Integração de Ferramentas Tecnológicas no Ensino de Física

Na era tecnológica atual, a escola não pode permanecer alheia ao universo digital que permeia a vida dos estudantes. A integração de tecnologias no processo educacional é uma necessidade para inovar as práticas pedagógicas e engajar os alunos de forma mais eficaz. Conforme a perspectiva de Moran (2004), citada por Xavier et al., a escola pode e deve ser um espaço de inovação, em que as tecnologias funcionam como meios para realizar atividades de aprendizagem de formas distintas das tradicionais. O computador, nesse contexto, transcende seu papel como mera ferramenta de preparação de aulas para se tornar um instrumento

capaz de criar novas experiências de aprendizagem, aprimorando habilidades como a capacidade crítica, a criatividade e a elaboração de hipóteses (ARAÚJO e ABIB, 2003, conforme SANTOS ET AL, 2020).

Muitas dessas ferramentas digitais, como a hipermídia e os mapas conceituais, encontram sua fundamentação pedagógica em teorias construtivistas consolidadas, notadamente na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, compartilhando princípios como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A seguir, detalham-se algumas das ferramentas tecnológicas mais promissoras para o ensino de Física. As simulações computacionais emergem como ferramentas pedagógicas de grande valor, especialmente para o ensino de Física, pois permitem a visualização de fenômenos complexos e abstratos que são difíceis de serem reproduzidos em laboratórios tradicionais (MACÊDO ET AL., 2012; SILVA ET AL., 2020). Elas servem como uma ponte entre o estudo teórico e a experimentação.

Coelho (2002), citado por Macêdo et al. (2012), diferencia as simulações em interativas e não interativas. A preferência por simulações interativas é justificada por seu potencial de promover a exploração ativa e a construção do conhecimento pelo próprio aluno, em vez de uma recepção passiva de informações. Contudo, é crucial reconhecer suas limitações. Medeiros e Medeiros (2002) alertam que toda simulação é baseada em uma modelagem do real, uma representação simplificada. Para evitar concepções equivocadas, essa limitação deve ser explicitada, pois, conforme advertem Macêdo et al. (2012, p. 574), "Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes". Complementarmente, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) funcionam como plataformas que podem ampliar o ensino presencial, oferecendo um espaço organizado para materiais e atividades (MARTINS, TIZIOTTO e CAZARINI, 2016, conforme SILVA ET AL., 2020).

O impacto pedagógico da hipermídia reside em sua estrutura flexível e no uso de múltiplas representações, que facilitam a formação de significados, a conexão entre conceitos e a motivação dos estudantes. Machado & Nardi (2006) constataram que tanto o hipertexto, por facilitar a percepção das relações

conceituais, quanto a multimídia, por auxiliar na visualização e interpretação dos fenômenos, apoiaram a aprendizagem. Para organizar aulas que integram tecnologias, a abordagem metodológica dos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov oferece uma estrutura prática e eficaz (MACÊDO ET AL., 2012), iniciando pela problematização inicial, que consiste na apresentação de situações reais ou questões que despertam a curiosidade e conectam o conteúdo ao cotidiano do aluno. Em seguida, ocorre a organização do conhecimento, momento em que, sob a orientação do professor e com o auxílio das ferramentas tecnológicas, os conceitos científicos são estudados e sistematizados. Por fim, na aplicação do conhecimento, o aluno é estimulado a aplicar o saber adquirido para interpretar a situação inicial e analisar novos contextos.

Um elemento crucial nesse processo, especialmente em atividades de produção discente, é o feedback. Conforme Boruchovitch (citada por XAVIER ET AL.), o feedback deve ser mais do que uma simples correção; ele precisa ser informativo e orientador, apontando os problemas e oferecendo caminhos claros para que o aluno possa alcançar os objetivos de aprendizagem. Os resultados práticos da aplicação dessas metodologias, conforme evidenciado nos estudos de Santos et al. (2020), Machado & Nardi (2006) e Xavier et al., são notavelmente positivos. Observa-se um aumento significativo no engajamento e na motivação dos alunos, o aprimoramento da capacidade crítica e uma melhora substancial na compreensão e assimilação dos conceitos de Física.

Em suma, a combinação estratégica da abordagem CTS com a integração planejada de ferramentas tecnológicas, articulada dentro de um modelo de ensino híbrido, constitui um caminho promissor para revitalizar o ensino de Física. Este modelo sinérgico responde diretamente aos desafios de descontextualização e abstração apresentados inicialmente, transformando a educação em Física de uma recepção passiva de fórmulas em um engajamento ativo e crítico com as forças científicas e tecnológicas que moldam o mundo dos estudantes. Para o ensino de Física, a compreensão da tríade ciência, tecnologia e sociedade é fundamental, tornando as aulas mais interessantes e contextualizadas (SANTOS ET AL., 2020). No entanto, a eficácia dessa abordagem não é apenas potencializada pelas tecnologias; ela encontra nelas seu contexto mais autêntico: formar cidadãos

críticos e engajados — objetivos dificilmente alcançáveis sem o uso das mesmas tecnologias que definem e moldam a sociedade contemporânea, tornando-as um componente essencial, e não apenas um complemento, ao processo de ensino-aprendizagem.

2.4 O USO DE IMPRESSÃO 3D NO ENSINO DE FÍSICA

A tecnologia de impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, consiste na construção de objetos tridimensionais a partir da sobreposição de camadas sucessivas de material, geralmente polímeros como PLA (ácido polilático) ou ABS (acrilonitrila butadieno estireno). Inicialmente aplicada na indústria, essa tecnologia passou a ser incorporada em diferentes contextos educacionais devido ao seu potencial de prototipagem rápida, baixo custo e adaptabilidade a diferentes demandas pedagógicas.

Segundo Siepamann et al. (2022), “a manufatura aditiva representa uma oportunidade singular de estimular a criatividade, inovação e prática experimental no ambiente educacional”. Essa característica faz da impressão 3D uma ferramenta estratégica para o ensino de Física, especialmente em realidades escolares nas quais há escassez de laboratórios equipados e materiais didáticos tradicionais.

No Brasil, a aplicação de recursos de baixo custo sempre esteve no centro das discussões sobre metodologias alternativas para o ensino de Ciências. A impressão 3D surge como solução contemporânea para um desafio histórico: possibilitar a experimentação mesmo em escolas carentes de infraestrutura.

2.4.1 A experimentação como eixo no ensino de Física

O ensino de Física tem enfrentado dificuldades relacionadas ao seu caráter abstrato e à predominância de metodologias tradicionais baseadas em aulas expositivas e resolução mecânica de exercícios. Como destacou Feynman em suas conferências no Brasil, “a ciência não pode ser reduzida a fórmulas memorizadas, mas precisa ser vivenciada como um processo investigativo” (MOREIRA, 2018, p. 4). Nesse sentido, a experimentação é um dos pilares da aprendizagem significativa. Arruda e Laburú (1996) argumentam que a atividade experimental “permite ao aluno estabelecer relações entre teoria e realidade, desenvolvendo

habilidades cognitivas e investigativas”. A impressão 3D contribui para ampliar as possibilidades experimentais, pois viabiliza a criação de kits personalizados, adaptados ao conteúdo e ao contexto escolar.

A utilização da impressão 3D no ensino de Física está associada a três dimensões principais, que englobam a produção de kits experimentais voltados para o estudo de fenômenos físicos, como eletromagnetismo, óptica e mecânica; a construção de modelos representacionais, a exemplo de maquetes de átomos, planetas, campos magnéticos e estruturas cristalinas; e a integração com tecnologias digitais, por meio do uso conjunto com microcontroladores como o Arduino, o que amplia significativamente o potencial das atividades. Evangelista et al. (2023) relatam uma experiência de produção de kits com Arduino e impressão 3D, destacando que “essas ferramentas permitem que os estudantes direcionem seu interesse para o campo científico e tecnológico, estimulando o desejo de aprender” (p. 144). Além disso, a flexibilidade da impressão 3D possibilita a construção de peças sob medida para atender necessidades específicas. Por exemplo, suportes para experimentos de óptica podem ser projetados digitalmente e reproduzidos em sala de aula com baixo custo, permitindo que cada grupo de alunos tenha acesso direto ao material.

Entre os principais benefícios do uso da impressão 3D, destacam-se a acessibilidade e o baixo custo, visto que a produção de peças com PLA ou ABS é significativamente mais barata do que a compra de kits comerciais importados, e a personalização, que permite aos professores projetar materiais didáticos de acordo com os conteúdos específicos que desejam abordar. Somam-se a isso a autonomia pedagógica, na qual docentes e alunos participam ativamente da concepção, produção e aplicação dos materiais, e a integração curricular, pois a atividade envolve conceitos de Física, Matemática, Computação e Engenharia, promovendo a interdisciplinaridade. Conforme apontado na literatura, “A utilização da impressão 3D nas escolas não se restringe à produção de objetos, mas envolve um processo de aprendizagem que estimula a resolução de problemas e o pensamento crítico” (SIEPAMANN ET AL. 2022, p. 80420). Essa perspectiva dialoga com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1980), ao favorecer a construção de significados a partir da relação entre novos conteúdos e conhecimentos prévios.

2.4.2 Desafios e limitações

Embora apresente inúmeras vantagens, a implementação da impressão 3D no ensino de Física não está isenta de dificuldades. Entre os principais desafios estão o custo inicial de aquisição das impressoras, pois, apesar da redução de preços, muitas escolas ainda não dispõem de recursos financeiros para esse investimento; a formação docente, visto que a utilização da tecnologia exige conhecimentos básicos de modelagem digital e manutenção das máquinas; e o tempo pedagógico, uma vez que a produção das peças demanda planejamento e integração com o currículo, o que requer reorganização da carga horária das disciplinas. Conforme destacam Evangelista et al. (2023), “a integração entre Arduino e impressão 3D exige não apenas recursos materiais, mas também um processo formativo contínuo dos docentes” (p. 147).

Apesar desses obstáculos, diversos estudos relatam o impacto positivo da impressão 3D no ensino de Física no Brasil. Evangelista et al. (2023) descrevem um projeto de extensão universitária em que estudantes produziram dispositivos experimentais de baixo custo com Arduino e impressão 3D que resultaram no aumento da motivação dos alunos e no fortalecimento da aprendizagem ativa. Souza e Kirner (2011), embora tratando especificamente de realidade aumentada, reforçam a importância de recursos tecnológicos que transformam conteúdos abstratos em experiências concretas, um princípio que também se aplica à impressão 3D. Adicionalmente, Siepamann et al. (2022) analisam o retrofitting de impressoras 3D, destacando a relevância dessa prática para otimizar custos e ampliar a durabilidade das máquinas em contextos educacionais.

Essas experiências evidenciam que a impressão 3D tem potencial para se consolidar como estratégia pedagógica inovadora, sobretudo em escolas públicas que enfrentam limitações de infraestrutura. Um aspecto fundamental dessa tecnologia no ensino de Física é seu caráter interdisciplinar; ao projetar e imprimir peças, os estudantes trabalham simultaneamente com Matemática, no que tange à geometria e cálculo de medidas; Ciência da Computação, através do uso de softwares de modelagem; Engenharia, no planejamento de estruturas; e Artes, pelo exercício do design e criatividade. Essa interdisciplinaridade contribui para atender às diretrizes da BNCC (BRASIL, 2018), que defende a integração de diferentes

áreas do conhecimento para o desenvolvimento de competências gerais. O avanço tecnológico e a popularização das impressoras 3D tendem a ampliar seu uso no ensino de Física no Brasil, e a integração com metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos (PBL), pode potencializar ainda mais o protagonismo discente. Além disso, a aproximação entre universidades e escolas básicas representa um caminho promissor para democratizar o acesso a essas tecnologias. Como afirmam Evangelista et al. (2023, p. 148), “a participação ativa dos alunos em processos de criação tecnológica favorece o desenvolvimento de competências críticas, investigativas e colaborativas”.

2.5 ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

O eletromagnetismo representa um dos pilares fundamentais da Física clássica e moderna, sendo essencial para a compreensão de uma vasta gama de fenômenos naturais e para o funcionamento da base tecnológica da sociedade contemporânea. Contudo, o ensino desta área na educação básica é frequentemente marcado pela dificuldade de visualização de grandezas que não são diretamente observáveis, como os vetores de campo e o fluxo magnético. Esta seção propõe uma revisão dos marcos históricos e teóricos que levaram à unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos, abordando as leis fundamentais e a sua formulação matemática. A análise aqui apresentada procura não apenas descrever o rigor científico do tema, mas também refletir sobre como a transição do abstrato para o concreto — através de modelos e experimentação — é decisiva para que os estudantes compreendam as forças invisíveis que moldam o mundo tecnológico ao seu redor.

2.5.1 Breve histórico do eletromagnetismo

O eletromagnetismo é um dos ramos mais fundamentais da Física, responsável por descrever as interações entre cargas elétricas e campos magnéticos, bem como suas aplicações tecnológicas e implicações científicas. Trata-se de uma das quatro forças fundamentais da natureza, ao lado da gravidade, da força nuclear forte e da força nuclear fraca. Sua formulação moderna foi consolidada a partir do século XIX, com destaque para os trabalhos de James Clerk Maxwell, que reuniu de forma unificada as contribuições de diversos físicos, como

Hans Christian Ørsted, André-Marie Ampère, Michael Faraday e Charles-Augustin de Coulomb.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 28), “o eletromagnetismo constitui a base teórica para a compreensão de fenômenos que vão desde a propagação da luz até o funcionamento de motores e geradores elétricos”. Essa afirmação evidencia a abrangência da teoria, que não se limita ao domínio acadêmico, mas fundamenta praticamente toda a sociedade tecnológica contemporânea. Além de sua importância científica, o eletromagnetismo possui um papel central no ensino de Física, sendo considerado um dos tópicos mais desafiadores para estudantes da educação básica e superior. Estudos recentes (SILVA; LIMA, 2021) destacam que a complexidade conceitual, aliada à abstração matemática, exige metodologias inovadoras que possam articular teoria e prática de modo significativo. O desenvolvimento do eletromagnetismo como área da Física resultou de séculos de descobertas, inicialmente isoladas, que gradualmente foram sendo unificadas em um corpo teórico coeso.

No século XVII, William Gilbert publicou *De Magnete* (1600), no qual estudou o magnetismo terrestre e estabeleceu distinções entre magnetismo e eletricidade estática. Esse foi um dos primeiros tratados sistemáticos sobre fenômenos magnéticos. Já no século XVIII, Charles-Augustin de Coulomb formulou a lei que descreve a interação entre cargas elétricas, equação (2.1):

$$F = k_e \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \quad (2.1)$$

A Lei de Coulomb, equação (2.1) descreve a interação eletrostática entre partículas carregadas, estabelecendo que a força de atração ou repulsão é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. No ensino de Física, essa relação representa um desafio pedagógico por sua natureza abstrata, exigindo que o estudante compreenda como variáveis invisíveis determinam a intensidade das interações no espaço. Assim, o domínio dessa lei vai além da aplicação de cálculos, demandando a construção de modelos mentais que conectem a expressão matemática ao comportamento real dos fenômenos elétricos.

O marco da unificação entre eletricidade e magnetismo ocorreu no início do século XIX, quando Hans Christian Ørsted, em 1820, observou a deflexão da agulha de uma bússola ao aproximar um fio condutor percorrido por corrente elétrica. Segundo Ørsted (1820, apud MARTINS, 2019), “a corrente elétrica exerce influência direta sobre a agulha magnética, revelando uma conexão até então insuspeitada entre eletricidade e magnetismo”. Inspirado pela descoberta de Ørsted, André-Marie Ampère desenvolveu a lei que relaciona a corrente elétrica ao campo magnético gerado, equação (2.2):

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I \quad (2.2)$$

A Lei de Ampère estabelece a relação fundamental entre uma corrente elétrica e o campo magnético por ela produzido, determinando que a circulação do campo magnético ao longo de um caminho fechado é proporcional à corrente total que atravessa a área delimitada por esse caminho. Representada pela equação (2.2), esta lei é essencial para compreender como cargas em movimento estruturam o espaço ao seu redor. No contexto educacional, ela reforça o desafio da visualização de grandezas vetoriais e campos invisíveis, exigindo que o aluno desenvolva a capacidade de relacionar o fluxo de elétrons em um condutor com a geometria das linhas de indução magnética que o circundam.

Alguns anos depois, Michael Faraday investigou a indução eletromagnética, demonstrando que um campo magnético variável pode induzir uma corrente elétrica em um condutor. Sua formulação pode ser expressa pela equação (2.3):

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2.3)$$

A Lei de Faraday-Lenz, estabelece que uma variação no fluxo magnético através de um circuito induz uma força eletromotriz ε , fenômeno que constitui o princípio fundamental por trás do funcionamento de geradores e transformadores. Matematicamente expressa pela equação (2.3), a equação inclui o sinal negativo em alusão à Lei de Lenz, indicando que o sentido da corrente induzida é tal que seu campo magnético se opõe à variação do fluxo que a produziu. A culminância desse processo histórico ocorreu com James Clerk Maxwell, que, em 1864, unificou as leis

do eletromagnetismo em um conjunto de equações diferenciais, conhecidas como Equações de Maxwell, que ainda hoje constituem a base da eletrodinâmica clássica.

2.5.2 Principais físicos e suas contribuições

A evolução do eletromagnetismo é marcada pelas contribuições de diversos cientistas que transformaram a compreensão dos fenômenos naturais. Esse processo inicia-se com William Gilbert (1544–1603), considerado o pai do magnetismo por distinguir as propriedades elétricas das magnéticas. Posteriormente, Charles-Augustin de Coulomb (1736–1806) estabeleceu a lei da força elétrica, que se tornou a precursora da teoria de campos. A conexão entre essas áreas foi demonstrada por Hans Christian Ørsted (1777–1851), ao revelar a relação direta entre eletricidade e magnetismo, o que permitiu que André-Marie Ampère (1775–1836) formulasse a lei fundamental que relaciona a corrente elétrica ao campo magnético.

Dando continuidade a esses avanços, Michael Faraday (1791–1867) descobriu a indução eletromagnética e desenvolveu o conceito essencial de linhas de campo, fornecendo a base experimental para a sistematização teórica. Finalmente, James Clerk Maxwell (1831–1879) unificou o eletromagnetismo, prevendo a existência das ondas eletromagnéticas. Segundo Feynman (2008, p. 97), “a genialidade de Maxwell consistiu em perceber que a inclusão de um termo de correção na lei de Ampère completava a simetria das equações, permitindo a predição teórica das ondas eletromagnéticas”. Essa contribuição estabeleceu as bases da teoria clássica da luz, integrando-a definitivamente ao campo do eletromagnetismo.

2.5.3 Formulação matemática do eletromagnetismo

As Equações de Maxwell representam a síntese do eletromagnetismo clássico:

1. Lei de Gauss para o campo elétrico:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (2.4)$$

A Lei de Gauss, equação (2.4) constitui um dos pilares do eletromagnetismo clássico ao estabelecer a relação direta entre a distribuição de carga elétrica e o campo elétrico resultante, expressa formalmente pela equação (2.4). Esta lei determina que o divergente do campo elétrico em um ponto é proporcional à densidade de carga local, o que, em termos práticos, significa que cargas positivas atuam como fontes e cargas negativas como sumidouros das linhas de campo.

2. Lei de Gauss para o campo magnético:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2.5)$$

A Lei de Gauss, para o magnetismo estabelece uma propriedade fundamental do campo magnético ao determinar que o seu divergente é sempre nulo, conforme expresso pela equação (2.5). Fisicamente, essa lei implica a inexistência de monopolos magnéticos na natureza, o que significa que as linhas de indução magnética são sempre fechadas, formando laços sem um ponto de início ou fim isolado.

3. Lei de Faraday da indução:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (2.6)$$

A forma diferencial da Lei de Faraday, expressa pela equação (2.6), estabelece que um campo magnético variável no tempo induz um campo elétrico cujas linhas de força circundam a variação magnética. O operador rotacional (∇) indica a natureza torcional desse campo elétrico, enquanto o sinal negativo reafirma a Lei de Lenz, indicando a oposição à mudança do fluxo. No contexto do ensino de Física, esta equação é fundamental para a compreensão da indução eletromagnética em um nível avançado, exigindo que o estudante relacione variações temporais de um campo com a estrutura espacial de outro.

4. Lei de Ampère-Maxwell:

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (2.7)$$

A Lei de Ampère-Maxwell, equação (2.7) sintetiza a produção do campo magnético a partir de duas fontes distintas: as correntes de condução (J) e a variação temporal do campo elétrico. A inclusão deste segundo termo, conhecido como corrente de deslocamento, foi o passo decisivo de Maxwell para prever a existência de ondas que se propagam no vácuo, cuja velocidade é dada pela equação (2.8):

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \varepsilon_0}} \quad (2.8)$$

A síntese final do eletromagnetismo clássico é coroada pela determinação da velocidade da luz no vácuo, expressa pela equação (2.8). Esta relação demonstra que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é determinada exclusivamente pelas propriedades permissividade elétrica (ε_0) e permeabilidade magnética (μ_0) do meio.

2.5.4 O ensino de eletromagnetismo no Brasil

Apesar de sua relevância científica e tecnológica, o ensino de eletromagnetismo enfrenta inúmeros desafios. Pesquisas na área de ensino de Física evidenciam que os estudantes apresentam dificuldades significativas na compreensão de conceitos como campo elétrico, fluxo magnético e indução. Segundo Pereira e Borges (2019), a abstração matemática presente nos modelos de campo exige estratégias pedagógicas diferenciadas, que integrem teoria, experimentação e recursos digitais.

Souza e Kirner (2011) destacam que “o uso de tecnologias interativas, como a realidade aumentada, pode auxiliar na visualização de fenômenos abstratos como os campos eletromagnéticos” (p. 3). Da mesma forma, Evangelista et al. (2023) argumentam que a produção de kits experimentais com impressão 3D e Arduino promove maior engajamento e compreensão dos estudantes. Essas abordagens dialogam diretamente com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1980),

ao proporem a integração entre novos conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos.

O eletromagnetismo constitui não apenas um dos pilares da Física, mas também um exemplo emblemático da capacidade humana de unificar fenômenos aparentemente distintos em uma teoria abrangente. Sua evolução histórica, marcada por contribuições de grandes físicos, demonstra a importância da experimentação, da formulação matemática e da abstração conceitual. No campo educacional, persiste o desafio de tornar esse conhecimento acessível e significativo. Para isso, a articulação entre metodologias ativas, tecnologias emergentes e abordagens experimentais é fundamental, garantindo que os estudantes compreendam não apenas as equações, mas o sentido físico e a aplicabilidade do eletromagnetismo no mundo contemporâneo.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida no âmbito de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), adotando uma abordagem de natureza mista, com caráter qualitativo e quantitativo. O delineamento metodológico escolhido foi a pesquisa-ação, uma vez que o pesquisador assume um papel de participante ativo no processo investigativo, interagindo diretamente com o fenômeno estudado. Essa escolha fundamenta-se na premissa de que a pesquisa-ação permite uma troca dinâmica de informações e promove a reflexão crítica entre pesquisadores e os sujeitos inseridos nas condições pesquisadas (LACERDA et al, 2008). Além disso, tal modalidade investigativa favorece o modelo do "prático reflexivo", em que o docente analisa sua própria prática para transformá-la e compreendê-la em profundidade (MONCEAU, 2005).

Os recursos materiais utilizados foram integralmente providos pelo pesquisador, fazendo uso de tecnologia de fabricação digital por meio de uma impressora 3D própria. Os modelos dos aparatos foram selecionados e obtidos em repositórios digitais especializados, como MakerWorld - <[Modelos 3D - Mundo do Criador](#)>, Cults 3D - <[Boas-vindas ao Cults. heltonsalesbrito! • Cults](#)> - e Thingiverse -<[Procure no Thingiverse - Thingiverse](#)>, que disponibilizam arquivos em formatos compatíveis com a impressão 3D para usuários globais, e quando necessário foi implementadas melhorias. A escolha das peças seguiu critérios de relevância pedagógica e viabilidade técnica, priorizando modelos de uso livre que atendessem às necessidades didáticas do projeto.

O percurso metodológico foi estruturado em sete etapas sequenciais: inicialmente, realizou-se a seleção do conteúdo programático e das peças correspondentes para impressão; em seguida, definiu-se a amostragem das turmas para a aplicação do produto educacional, seguida pela elaboração dos kits didáticos e pelo planejamento das intervenções pedagógicas. Após essas fases preparatórias, ocorreu a aplicação prática dos kits em sala de aula, culminando na avaliação da percepção dos discentes e na análise subsequente dos dados para a redação final desta monografia.

3.1 ESCOLHA DO CONTEÚDO E PEÇAS A SEREM USADAS NA PESQUISA

A etapa inicial consistiu na delimitação do tema a ser abordado, considerando o cronograma letivo vigente e o planejamento das instituições de ensino parceiras. Optou-se pela unidade temática de "Eletromagnetismo", por ser o conteúdo previsto para o bimestre final do ano letivo em turmas de 3º ano do Ensino Médio. A aplicação ocorreu em duas unidades escolares distintas, denominadas para fins deste estudo como Escola "A" e Escola "B". Devido à densidade teórica e à extensão do tema, foram selecionados quatro tópicos específicos, escolhidos estrategicamente por apresentarem maior grau de abstração e dificuldade de demonstração prática convencional, sendo eles descritos a seguir.

3.1.1 Demonstração das Linhas de Campo ao Redor de um Ímã

No ensino de magnetismo e eletromagnetismo, um dos conceitos fundamentais apresentados aos discentes é a existência de um campo magnético circundando qualquer material imantado. Contudo, devido ao seu caráter abstrato, essa temática é frequentemente abordada de forma puramente teórica, limitando-se a representações gráficas em lousa que podem não ser suficientes para garantir a efetiva compreensão do aluno. A carência de materiais didáticos manipuláveis é uma das barreiras para que o docente realize práticas que tornem esses fenômenos visíveis. "Nesse sentido, a utilização de experimentos práticos é essencial, pois, como destacado na literatura, o uso de aparatos experimentais em sala de aula desperta o interesse e a surpresa dos estudantes em relação aos fenômenos físicos" (MEDEIROS e SANTOS, 2017, p. 1-8).

Para superar esse desafio pedagógico, realizou-se uma pesquisa técnica em busca de recursos que permitissem a visualização tangível das linhas de campo. O material selecionado para esta prática foi o "Kit Visor de Campo Magnético", cujo projeto estrutural foi obtido na plataforma Maker World, sob autoria de Eternity Labs através do link <[Kit Visor de Campo Magnético por Eternity Labs MakerWorld: Baixe modelos 3D gratuitos](#)>. A escolha por este modelo baseou-se em sua segurança e adequação para fins educacionais, permitindo que a limalha de ferro ou partículas magnéticas contidas no visor se alinhem conforme o fluxo do campo. A configuração experimental resultante deste processo de fabricação digital pode ser observada na

Figura 1, funcionando como um importante recurso para a transição do conceito abstrato para a observação concreta do magnetismo.

Figura 01: Visor de campo magnético.



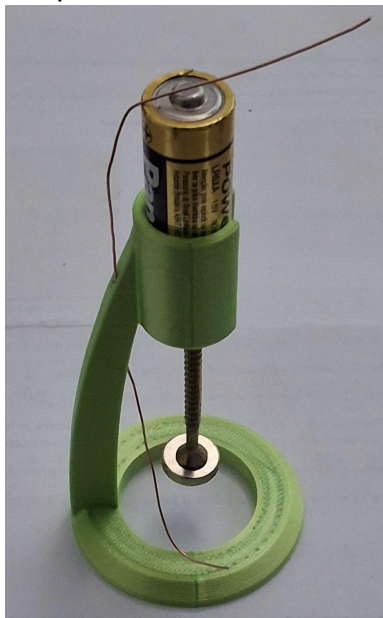
Fonte própria.

3.1.2 Motor Homopolar

O segundo experimento selecionado para abordar os conceitos de eletromagnetismo foi o motor homopolar, um dispositivo historicamente desenvolvido pelo físico e químico inglês Michael Faraday em 1821. A relevância deste aparato reside na sua capacidade de demonstrar, de forma prática e visual, a interação entre o campo magnético fixo de um ímã e o campo magnético gerado por uma corrente elétrica que percorre um condutor. O fenômeno é fundamentado na ação de uma força mecânica sobre as cargas elétricas em movimento; quando a corrente atravessa o campo magnético perpendicular do ímã, surge a chamada Força de Lorentz, que gera o torque necessário para a rotação contínua do sistema. Conforme aponta a literatura sobre o tema, uma corrente elétrica que percorre um fio retilíneo imerso em um campo magnético externo "faz com que haja uma força magnética perpendicular ao plano criado entre o campo magnético externo e o fio" (MEDEIROS e SANTOS, 2017, p. 1-8). Assim, o motor homopolar torna-se uma ferramenta pedagógica eficaz para ilustrar a conversão direta de energia elétrica em energia mecânica, sendo ideal para demonstrações em ambiente escolar. Para a viabilização técnica desta montagem, foi impressa uma base estrutural em 3D que serve como suporte para a pilha AA e garante o alinhamento dos componentes,

conforme o projeto disponibilizado no link <[Motor Homopolar Simples \(Força de Lorentz\) por CBiker MakerWorld: Baixe modelos 3D gratuitos](#)> na plataforma Maker World pelo autor CBiker. A peça finalizada, que permite a observação clara do fenômeno descrito, pode ser visualizada na figura 2.

Figura 02: Aparato experimental referente ao motor homopolar.



Fonte própria.

3.1.3 Motor de Indução Eletromagnética

O terceiro experimento desenvolvido é o motor de indução eletromagnética, frequentemente referido na literatura como motor de Faraday, um dispositivo que exemplifica os princípios fundamentais da eletrodinâmica. O funcionamento deste sistema baseia-se na interação entre campos magnéticos e correntes elétricas; ao ser alimentada por uma pilha AA, a corrente percorre a bobina de cobre, o que, de acordo com a Lei de Ampère, induz a formação de um campo magnético ao seu redor, transformando o conjunto em um eletroímã temporário. A interação entre o campo magnético gerado pela bobina e o campo magnético constante do ímã permanente posicionado na base resulta no surgimento de forças magnéticas — especificamente a Força de Lorentz — que geram um torque sobre o eixo. Esse torque é o responsável por converter a energia elétrica em movimento rotacional contínuo. Para a implementação física do experimento, utilizou-se uma estrutura de suporte fabricada via impressão 3D, cujo projeto foi obtido através do link <[Modelo de Motor CC de Física STEM por 3DLG MakerWorld: Baixe modelos 3D gratuitos](#)>. A configuração experimental completa pode ser verificada na figura 3.

Figura 03: Motor de indução eletromagnética.

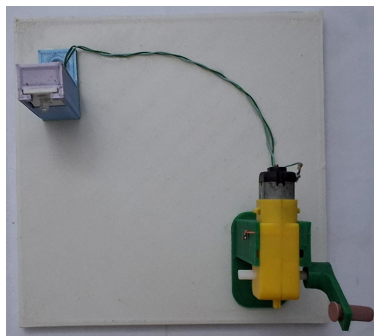


Fonte própria.

3.1.4 Gerador Elétrico a Partir de um Motor DC

O quarto experimento aplicado consistiu na construção e demonstração de um gerador elétrico operado a partir de um motor de corrente contínua (DC). O princípio fundamental deste dispositivo reside na conversão de energia mecânica, proveniente do movimento rotativo de uma manivela, em energia elétrica, capaz de promover o acendimento de LEDs acoplados ao sistema. Este processo é regido pela Lei de Indução de Faraday, que estabelece que a variação de um campo magnético em uma bobina condutora induz uma força eletromotriz. No contexto deste experimento, ao girar a manivela, o eixo do motor DC — que aqui atua inversamente como um gerador — faz com que as bobinas internas rotacionem dentro de um campo magnético estático, gerando a corrente necessária para alimentar a carga. Tal mecanismo guarda estreita semelhança com os sistemas de geração em larga escala, como os observados em usinas hidrelétricas e parques eólicos, onde turbinas convertem o movimento de fluidos em eletricidade. Para a execução prática, a estrutura de suporte e os componentes mecânicos foram fabricados via impressão 3D, utilizando arquivos de código aberto disponibilizados no endereço eletrônico <[Gerador elétrico por Nesh MakerWorld: Baixe modelos 3D gratuitos](#)> O conjunto final, composto pela base, o suporte do motor com manivela e a torre de iluminação com os LEDs, permite a visualização clara do fluxo energético e pode ser visualizado na figura 4.

Figura 04: Gerador elétrico à base do motor DC.



Fonte própria.

3.2 ESCOLHA DAS TURMAS PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A seleção do público-alvo para a aplicação do produto educacional foi delimitada por critérios de conveniência e adequação curricular, recaindo sobre turmas do 3º ano do Ensino Médio, etapa em que o conteúdo de eletromagnetismo é formalmente integrado à grade de Física. A pesquisa foi conduzida em duas instituições da rede estadual de ensino localizadas na cidade de Parnaíba, Piauí: na Escola “A”, a intervenção ocorreu em uma turma de Ensino Médio Integrado ao curso Técnico em Informática; já na Escola “B”, o produto foi aplicado em uma turma de Ensino Médio Regular em regime de tempo integral. Ambas as turmas apresentavam uma composição demográfica semelhante, com aproximadamente 25 alunos cada, na faixa etária entre 16 e 19 anos, majoritariamente oriundos de famílias de renda média-baixa residentes em diversos bairros do município.

A operacionalização da pesquisa contou com o envolvimento de dois docentes: na Escola “A”, as atividades foram conduzidas pelo Professor “X”, que também atua como pesquisador e autor deste estudo; na Escola “B”, a aplicação ficou sob a responsabilidade do Professor “Y”. Esta escolha metodológica de envolver diferentes mediadores em cenários escolares distintos visou aumentar a confiabilidade dos dados coletados, permitindo uma análise comparativa que minimizasse as subjetividades individuais. Além de buscar superar o histórico distanciamento entre a pesquisa acadêmica e a prática real de sala de aula, promovendo uma parceria que enriquece a validação do material didático produzido (REZENDE; OSTERMANN, 2005). Tal estratégia é corroborada por estudos que indicam que a compreensão do impacto de práticas pedagógicas exige o controle de variáveis de contexto e a observação de diferentes dinâmicas escolares.

A relevância da temática justifica-se pela sua recorrência em avaliações de larga escala, como o ENEM. Ao considerar as características sociais dos estudantes e o uso de tecnologias como a impressão 3D, a pesquisa buscou não apenas aplicar um recurso, mas avaliar sua eficácia em gerar engajamento. O uso de materiais inovadores em contextos de Ensino Médio tem se mostrado um diferencial para aumentar o compromisso do aluno com a aprendizagem, atuando como um elemento motivador dentro da realidade escolar (FRAZÃO; NAKAMOTO, 2020). Por fim, ao reconhecer a complexidade do ambiente escolar, a pesquisa avaliou o impacto do produto considerando que o desempenho acadêmico é indissociável da interação entre o material proposto - assim como propõe Ausubel - a subjetividade do aluno e o contexto socioeconômico (BARROSO; REIS; AMORIM, 2021).

3.3 ELABORAÇÃO DOS KITS DIDÁTICOS

A terceira etapa da metodologia consistiu na estruturação e confecção dos kits didáticos, processo que compreendeu a seleção de modelos digitais compatíveis com a unidade temática, a impressão física em 3D e a realização de testes técnicos de funcionalidade. A concepção desses materiais foi fundamentada na teoria de David Ausubel, que enfatiza a importância do contato direto do estudante com o objeto de estudo para a construção de significados. De acordo com essa perspectiva cognitivista, a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações ancoram-se em conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno, denominados subsunçores.

Nesse processo, destaca-se o papel dos subsunçores, que são conceitos, ideias ou proposições já relevantes e estáveis na estrutura cognitiva do estudante, servindo como pontos de ancoragem para o novo saber. Segundo Frazzon (1999), a estrutura cognitiva organiza-se hierarquicamente e, quando esses subsunçores estão bem definidos, eles facilitam a retenção e a estabilidade do assunto novo, evitando que o conhecimento seja perdido ou esquecido rapidamente. Assim, os kits de eletromagnetismo foram desenhados para conectar-se a esses conceitos prévios — como a noção de pólo magnético ou atração e repulsão — transformando-os em conhecimentos mais elaborados.

Para que o material cumpra sua função pedagógica, ele deve ser "potencialmente significativo", servindo como uma ponte que permite ao aprendiz

organizar o novo conhecimento de forma não arbitrária (SILVA, 2020). O uso de modelos físicos em 3D atua como uma representação multimodal concreta, essencial para que o aluno consiga traduzir conceitos abstratos para uma linguagem material e visual (ZOMPERO; LABURÚ, 2009).

Com o intuito de viabilizar essa interação prática em sala de aula, foram produzidas cinco cópias de cada kit experimental. Essa quantidade permitiu a organização das turmas em quatro grupos de trabalho, garantindo que cada equipe tivesse autonomia para manipular os dispositivos, enquanto o quinto kit permanecia em posse do professor para fins de orientação e demonstração coletiva. Essa estratégia de manipulação direta transforma o experimento em uma Atividade Experimental Problematicada (AEP), que estimula a inteligência prática ao permitir que o aluno investigue o fenômeno físico em vez de apenas observar uma demonstração passiva (SILVA; MOURA; SOUZA, 2024).

3.3.1 Visualização Das Linhas De Campo De Um Ímã

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para montagem dos kit que visualiza as linhas de campo de um ímã foram:

- 5 suporte impresso em 3D para gaveta (1);
- 5 gaveta impressa em 3D para ímãs (2);
- 5 bandeja impressa em 3D (3);
- 5 pote impresso em 3D para a preservação da limalha de ferro (4)
- 5 suporte impresso em 3D para ímãs de neodímio (5)
- 30g de limalhas de ferro (6)
- 10 ímãs de materiais eletrônicos reciclados (7);
- 20 ímãs de neodímio (8);
- 5 cópias do roteiro experimental impresso em papel A4 (9).

Figura 05: Kit experimental visor de campo magnético.



Fonte própria.

3.3.2 Motor Homopolar

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para montagem dos kit do motor homopolar foram as seguintes:

- 5 suporte impresso em 3D para pilha AA (1);
- 5 fios de cobres de 1mm de seção decapados (2);
- 5 pilhas AA (3);
- 5 ímãs de neodímio (4);
- 5 tarrachas de 4 cm de altura (5);
- 5 cópias do roteiro experimental impresso em papel A4 (6).

Figura 06: Kit experimental para montagem do motor homopolar.



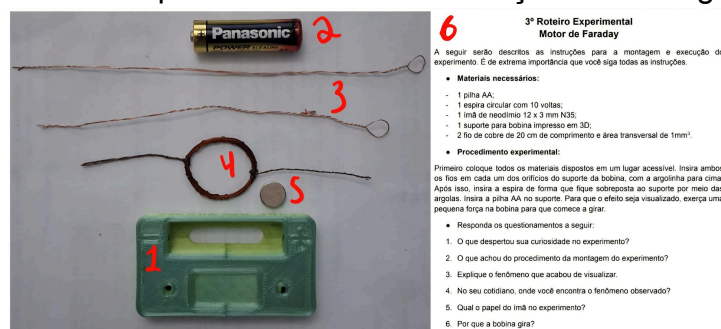
Fonte própria.

3.3.3 Motor de Indução Eletromagnética

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para montagem dos kit do motor de indução eletromagnética foram:

- 5 bases impresso em 3D (1);
- 5 pilhas AA (2);
- 10 hastes condutoras de comprimento 15 cm (3);
- 5 bobinas chatas de no mínimo 30 voltas fabricadas de fio esmaltado (4);
- 5 ímãs de neodímio (5);
- 5 cópias do roteiro impresso em papel A4.

Figura 07: Kit experimental motor de indução eletromagnética.



Fonte própria.

3.3.4 Gerador Elétrico a Partir de um Motor DC

As peças de impressão 3D e materiais utilizados para montagem dos kit do gerador elétrico a base do motor DC são:

- 5 base de 18 x 18 cm por 0,5 cm de altura impressa em 3D (1);
- 5 torres impressa em 3D para led (2);
- 5 torres impressa em 3D para motor DC (3);
- 5 manivela impressa em 3D (4);

- 5 motores DC (5);
- 20 fios de cobre de 20 cm de comprimento (6);
- 5 resistores de 100 ohm (7);
- 5 LEDs (8);
- 5 cópias do roteiro impresso em papel A4 (9).

Figura 08: kit experimental gerador elétrico à base do motor DC.



Fonte própria.

3.4 PLANEJAMENTO E CRONOGRAMA DAS INTERVENÇÕES

Após a validação técnica e montagem dos kits didáticos, a etapa seguinte consistiu no planejamento estratégico para a aplicação das intervenções pedagógicas. Esta fase foi marcada por reuniões de alinhamento entre o professor pesquisador “X” e o professor colaborador “Y”, com o intuito de padronizar a metodologia de abordagem, respeitando, contudo, as especificidades e calendários de cada instituição. Definiu-se uma carga horária de cinco aulas para a Escola “A” e quatro aulas para a Escola “B”.

Um fator determinante no planejamento foi a coincidência do período de aplicação com a preparação intensiva das unidades escolares para o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Este cenário impôs desafios logísticos significativos, uma vez que o currículo escolar foi temporariamente redirecionado para o reforço das disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática. Diante desse obstáculo institucional, adotou-se um modelo de execução flexível, no qual cada docente possuía autonomia para identificar as janelas de oportunidade mais adequadas para a introdução dos experimentos sem comprometer as diretrizes das escolas.

Na Escola “B”, o Professor “Y” concluiu o ciclo de intervenções em um intervalo de aproximadamente 40 dias, finalizando as atividades na última semana de novembro. Na Escola “A”, o Professor “X” enfrentou uma conjuntura mais restritiva devido à maior concentração de carga horária nas disciplinas avaliadas pelo SAEB. Para viabilizar a conclusão do projeto, foi necessário realizar uma articulação interdisciplinar, solicitando a cessão de horários de outros docentes. Sob essa dinâmica, a aplicação na Escola “A” estendeu-se por 60 dias, sendo concluída integralmente nas últimas aulas do ano letivo. Essa dilatação do cronograma foi desafiadora, porém a coleta de dados e a interação dos alunos com os kits ocorreu de maneira completa e satisfatória. Nas tabelas 01 e 02 estão distribuídas as datas das aulas e os assuntos na escola A e B, respectivamente.

Tabela 01: Atividades realizadas na escola “A”.

Atividade executadas na escola “A”		
Dias	Encontros	Conteúdo
17/10	1º	Aplicação de instrumento avaliativo diagnóstico (pré-teste) para aferição de conhecimentos prévios.
28/10	2º	Exposição teórica acerca das linhas de campo magnético, seguida de atividade experimental para visualização de padrões de campo.
11/11	3º	Aprofundamento teórico sobre a fenomenologia das interações entre campos magnéticos, força magnética e portadores de carga.
18/11	4º	Discussão teórica sobre a interação entre campos magnéticos e condutores percorridos por corrente elétrica, com validação experimental via motor homopolar.
20/11	5º	Estudo analítico da Lei de Faraday-Lenz e da Força de Lorentz, integrado à prática experimental de um motor de indução eletromagnética.
02/12	6º	Análise da variação do fluxo magnético e processos de conversão de energia, demonstrados através da caracterização de um gerador elétrico baseado em motor de corrente contínua (CC)

Fonte própria.

Tabela 02: Atividades realizadas na escola “B”.

Atividade executadas na escola “B”		
Dias	Encontros	Conteúdo
07/10	1º	Aplicação de instrumento avaliativo diagnóstico (pré-teste) para aferição de conhecimentos prévios.
16/10	2º	Exposição teórica acerca das linhas de campo magnético, seguida de atividade experimental para visualização de padrões de campo.
29/10	3º	Discussão teórica sobre a interação entre campos magnéticos e condutores percorridos por corrente elétrica, com validação experimental via motor homopolar.
13/11	4º	Estudo analítico da Lei de Faraday-Lenz e da Força de Lorentz, integrado à prática experimental de um motor de indução eletromagnética.
28/11	5º	Análise da variação do fluxo magnético e processos de conversão de energia, demonstrados através da caracterização de um gerador elétrico baseado em motor de corrente contínua (CC)

Fonte própria.

3.5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Embora a carga horária total tenha apresentado variações entre as instituições parceiras, o planejamento pedagógico e a sequência de conteúdos foram rigorosamente equalizados. Essa padronização garantiu que as turmas fossem submetidas aos mesmos estímulos e materiais, conferindo maior confiabilidade e consistência aos dados coletados para a análise comparativa.

3.5.1 Etapa Diagnóstica: Aplicação do Pré-Teste

A intervenção pedagógica foi iniciada com a aplicação de um pré-teste, configurando-se como um instrumento fundamental para o levantamento dos conhecimentos prévios e das percepções subjetivas dos estudantes. O questionário foi estruturado em 10 questões estrategicamente divididas: onde nove itens eram objetivas e um discursivo, além disso, sete delas voltadas especificamente aos conceitos de eletromagnetismo, e três questões dedicadas a investigar a dimensão afetiva e o pensamento dos alunos em relação à disciplina de Física. Esta abordagem multidimensional permitiu não apenas identificar o nível de familiaridade

técnica com o tema, mas também traçar um perfil atitudinal das turmas frente à ciência, servindo como base comparativa para avaliar como a introdução dos kits didáticos influenciaria o interesse e a visão dos discentes sobre a matéria.

A aplicação do instrumento seguiu protocolos idênticos em ambas as instituições para garantir a integridade da coleta de dados. Na Escola “A”, a aula ocorreu no dia 17 de outubro de 2025, no intervalo das 09h50min às 10h40min. Na Escola “B”, o procedimento foi realizado no dia 07 de outubro de 2025. Em ambos os cenários, os professores responsáveis iniciaram as sessões esclarecendo os objetivos da pesquisa e a importância da participação voluntária e sincera. Foi enfatizado aos alunos que o desempenho no questionário não teria impacto em suas notas curriculares, visando criar um ambiente de neutralidade e tranquilidade que favorecesse a obtenção de respostas autênticas. A adesão dos estudantes em ambas as escolas foi plena e sem oposições, estabelecendo o ponto de partida necessário para a mensuração da evolução da aprendizagem e da possível mudança de percepção após o uso dos kits produzidos via fabricação usando impressora 3D.

3.5.2 Aula 02: O Conceito de Campo e a Visualização das Linhas de Força

A segunda aula marcou o início da abordagem temática propriamente dita, ocorrido na Escola “A” no dia 28 de outubro de 2025, entre 11h20min e 12h20min, na escola “B” ocorreu dia 16 do mesmo mês. A estratégia pedagógica foi estruturada em três momentos distintos, fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa. No primeiro momento, o professor atuou como mediador, utilizando questionamentos para identificar os “subsunçores” dos alunos — os conhecimentos prévios que servem de ancoragem para o novo saber. Ao serem questionados sobre o eletromagnetismo, as respostas dos discentes remeteram a exemplos do cotidiano, como a atração de ímãs em portas de geladeiras, o que permitiu ao professor introduzir conceitos técnicos sobre propriedades ferromagnéticas.

Diante da curiosidade dos alunos sobre a natureza dessa atração — que gerou respostas variando entre “forças invisíveis” e explicações lúdicas como “mágica” — o professor introduziu o conceito científico de linhas de campo magnético. Conforme defende Ausubel, o uso de perguntas e exemplos práticos funciona como um “organizador prévio”, que ajuda a estruturar a mente do aprendiz

para receber conteúdos mais complexos e abstratos (FRAZZON, 1999). Explicou-se que essas linhas, embora invisíveis, delimitam a área de atuação do campo magnético e são responsáveis pela interação física entre o ímã e os materiais com propriedades ferromagnéticas.

Após a discussão teórica de 30 minutos, a aula transitou para o momento de experimentação prática. Os alunos foram organizados em quatro grupos para manipular o primeiro kit didático impresso em 3D: o "Visor de Campo Magnético". Este recurso material, classificado por Ausubel como um "material potencialmente significativo", foi essencial para que os alunos pudessem visualizar o fenômeno físico discutido, transformando o conceito abstrato em uma observação concreta (FRAZZON, 1999). Sob a orientação do professor, os grupos executaram a prática e puderam observar o alinhamento das partículas magnéticas, confirmando visualmente a existência e o formato das linhas de campo ao redor do ímã.

No encerramento da aula na escola "A", reservou-se um momento final para que os alunos expressassem suas percepções acerca da integração entre as abordagens teórica e prática. O docente propôs uma reflexão sobre como as discussões iniciais contribuíram para a compreensão dos fenômenos observados nos kits. O feedback discente revelou que a prática foi essencial para a consolidação do saber; um dos alunos destacou que a visualização concreta das linhas de campo eram bem parecidas com as representações gráficas previamente desenhadas na lousa.

Essa fala evidencia o que Ausubel define como a eficácia de um material potencialmente significativo: o kit permitiu que o aluno estabelecesse uma relação lógica entre a abstração teórica e a realidade física, fortalecendo a retenção do conceito. A interação dos grupos nas respectivas escolas, com o aparato experimental e o engajamento demonstrado durante o processo podem ser observados nas figuras 9A e 9B, que ilustram a etapa de manipulação e análise conduzida pelos estudantes.

Figura 09A: Aplicação do Visor de linhas de campo de um ímã. Escola “A”.



Fonte própria.

Figura 09B: Aplicação do Visor de linhas de campo de um ímã. Escola “B”.



Fonte própria.

3.5.3 Aula 03: Consolidação dos Conceitos e Diferenciação Progressiva

A terceira aula da sequência didática foi dedicada exclusivamente ao aprofundamento teórico, sem a aplicação de novos experimentos físicos. Essa decisão metodológica foi estratégica para garantir que os alunos compreendessem as variáveis quantitativas e as interações complexas entre campo magnético, força magnética e cargas elétricas. Segundo a teoria de Ausubel, para que a aprendizagem seja de fato significativa, é necessário que ocorra a diferenciação progressiva, processo no qual os conceitos mais amplos são detalhados e explorados em suas especificidades (FRAZZON, 1999).

Devido à densidade do conteúdo e à limitação do tempo pedagógico, optou-se por uma abordagem expositiva e dialogada, utilizando recursos visuais como slides contendo definições, equações fundamentais e ilustrações técnicas. A lousa foi utilizada como recurso complementar para traduzir a linguagem matemática em explicações mais acessíveis, adaptando-se às dúvidas imediatas manifestadas pela turma.

Durante a exposição, observou-se um elevado índice de engajamento discente. Os alunos participaram ativamente através de questionamentos e da proposição de exemplos, o que demonstra que a estrutura cognitiva dos estudantes já possuía os "subsunçores" necessários para ancorar essas novas informações mais complexas. Como registro desse processo, a figura 10 ilustra o momento da explicação teórica, capturando o docente no exercício de mediação do conhecimento, essencial para a estabilização dos conceitos antes da retomada das atividades práticas. Essa etapa garantiu que a manipulação dos kits futuros fosse acompanhada de uma compreensão conceitual sólida e não apenas de uma observação superficial do fenômeno.

Figura 10: Aula de aprofundamento conceituais. Escola "A".



Fonte própria.

3.5.4 Aula 04: O Motor Homopolar e a Força de Lorentz

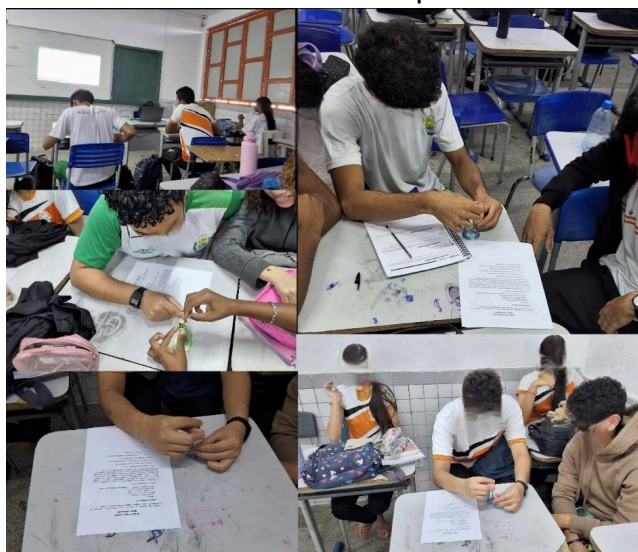
A quarta aula iniciou-se com uma revisão dos conceitos discutidos na sessão anterior, servindo como nivelamento para a introdução da Lei de Faraday e da Força de Lorentz. O foco central foi a interação entre campos magnéticos e

correntes elétricas, fenômeno essencial para a compreensão do Motor Homopolar. Este dispositivo consiste em um motor de corrente contínua com um campo magnético constante, onde a rotação é produzida pela força exercida sobre um condutor percorrido por corrente elétrica dentro de um campo magnético. Conforme a literatura, esse tipo de montagem experimental permite ilustrar como a energia elétrica é convertida em energia mecânica através da interação de campos (HESSEL, 1999).

Durante a exposição teórica, o professor buscou conectar o conteúdo ao cotidiano dos discentes através de perguntas norteadoras, tais como: "Como vocês acham que o motor de um ventilador ou de um carrinho de controle remoto consegue girar apenas recebendo energia?" ou "O que aconteceria se invertêssemos os polos da bateria no motor?". Essas indagações visavam estimular o raciocínio clínico e a associação prática, facilitando a transição para a etapa de manipulação.

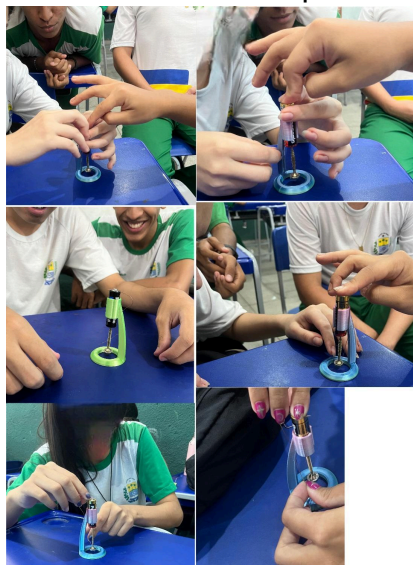
No segundo momento, os kits didáticos foram distribuídos aos quatro grupos. Embora cada kit contivesse um roteiro instrutivo, observaram-se dificuldades pontuais na montagem, exigindo a intervenção direta do docente para orientar o ajuste dos contatos elétricos. As figuras 11A e 11B registram os estudantes durante esse processo de construção e investigação em ambas as escolas.

Figura 11A: Alunos executando a prática na escola "A".



Fonte própria.

Figura 11B: Alunos executando a prática na escola “B”.



Fonte própria.

Um aspecto relevante dessa aula na escola “A” foi a ocorrência de limitações técnicas: devido à baixa tensão em algumas pilhas, dois dos quatro grupos não conseguiram observar a rotação inicial em seus próprios materiais. No entanto, esse imprevisto foi integrado à discussão científica, explicando-se que a intensidade da força magnética é proporcional à corrente elétrica que percorre o condutor (HESSEL, 1999). Para contornar a situação e garantir o alcance dos objetivos pedagógicos, os alunos dos grupos afetados integraram-se aos demais, permitindo a visualização coletiva do fenômeno e garantindo que todos compreendessem a aplicação prática da Lei de Faraday e da Força de Lorentz (HESSEL, 1999).

3.5.5 Aula 05: O Motor de Indução e as Correntes de Foucault

A quinta aula foi iniciada com uma revisão estratégica de dez minutos, visando a consolidação dos subsunçores necessários para a compreensão do Motor de Indução Eletromagnética. Esta etapa foi fundamental para que os discentes pudessem aprofundar-se no próximo experimento, uma vez que o motor de indução é considerado uma das maiores invenções tecnológicas da história, sendo essencial para ilustrar de forma prática a Lei de Faraday-Lenz (Silveira; Marques, 2012).

Nos trinta minutos subsequentes, o docente abordou conceitos densos, porém cruciais: o Fluxo Magnético, que representa a medida do campo magnético que atravessa uma área; a Força Eletromotriz Induzida, gerada pela variação desse

fluxo; e as Correntes de Foucault (ou correntes parasitas), que são correntes induzidas em condutores maciços quando expostos a campos magnéticos variáveis. A compreensão da robustez desses fenômenos é o que permite, na engenharia moderna, o controle preciso do torque e do fluxo em máquinas industriais (Santos et al., 2022).

Após a fundamentação teórica, os kits foram distribuídos. O docente apresentou o protótipo montado, funcionando como um guia visual para facilitar a aprendizagem, técnica que reforça a eficácia de recursos didáticos manipuláveis na transição da teoria para a prática (Moura; Moura; Lemos, 2020). Durante a montagem, na escola “A”, um questionamento relevante surgiu sobre o papel do ímã no aparato experimental. O professor esclareceu que ele fornece o campo magnético externo necessário para interagir com o campo gerado pela bobina percorrida por corrente.

Nesse contexto, explicou-se que a eficiência do motor depende de um alinhamento estratégico, pois o torque surge da tendência do sistema em buscar o caminho de menor resistência magnética para o fluxo (Machado et al., 2022). As figuras 12A e 12B ilustram o engajamento dos alunos durante a execução da prática, evidenciando o momento em que os conceitos de indução deixaram de ser abstrações matemáticas e tornaram-se fenômenos físicos observáveis.

Figura 12A: Alunos executando a montagem do experimento motor de indução eletromagnético na escola “A”.



Fonte própria.

Figura 12B: Alunos executando a montagem do experimento motor de indução eletromagnético na escola “B”.



Fonte própria.

3.5.6 Aula 06: Geradores, Transformação de Energia e a Tecnologia 3D

A última aula do cronograma ocorreu no dia 5 de dezembro de 2025, das 8h às 9h na escola “A” e dia 20 de novembro na escola “B”. Devido à limitação de tempo, na escola “A” a aula foi viabilizada mediante uma articulação pedagógica entre o corpo docente. Os primeiros 30 minutos foram dedicados a uma revisão integral dos conceitos de eletromagnetismo, culminando na explicação sobre correntes induzidas por variação de fluxo magnético. O foco principal foi a transformação de energia mecânica em elétrica, demonstrando como o movimento relativo entre condutores e campos magnéticos é a base da geração de energia em larga escala. Complementarmente, discutiu-se como essa indução pode ocorrer em diferentes contextos, desde sistemas biológicos até grandes estruturas metálicas industriais, onde a variação do campo pode induzir tensões consideráveis em condutores próximos (Moura; Moura; Lemos, 2020).

Dada a complexidade técnica e o tempo reduzido, o docente optou por entregar os kits experimentais pré-montados. Esta decisão visou garantir a segurança dos discentes, evitando o manuseio direto de ferramentas como o ferro de solda, sem comprometer a análise experimental. A utilização de materiais didáticos que facilitam a interação imediata com o fenômeno é essencial em contextos de curta duração, permitindo que o foco permaneça na compreensão das

variáveis físicas e na observação dos efeitos do torque e do fluxo magnético (Santos et al., 2022).

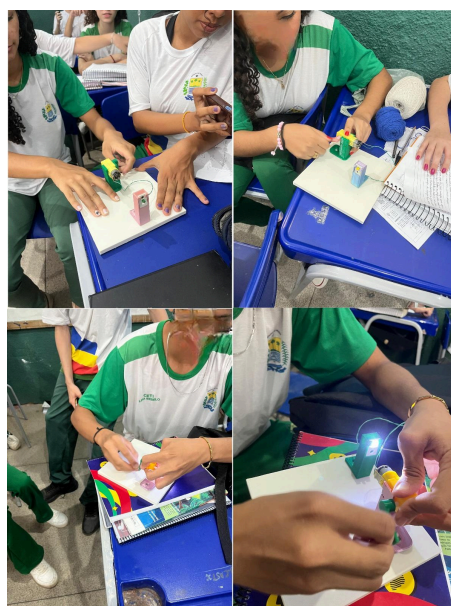
Todos os grupos realizaram a prática com êxito, conforme ilustra as figuras 13A e 13B. Um ponto de destaque foi o interesse despertado pela fabricação por meio de impressoras 3D; os alunos demonstraram curiosidade sobre o filamento utilizado e o funcionamento da impressora 3D. Essa interação revela que o uso de recursos tecnológicos inovadores no ensino de física atua como um catalisador de interesse, não apenas pelo conteúdo científico, mas pelas ferramentas de engenharia envolvidas (Silveira; Marques, 2012). O impacto da intervenção foi além da sala de aula: um dos discentes, motivado pela experiência, adquiriu sua própria impressora 3D após consultar o professor sobre os modelos ideais, demonstrando que a prática pedagógica foi capaz de gerar um engajamento tecnológico duradouro e uma aplicação prática na realidade do aluno.

Figura 13A: Execução do gerador de energia elétrica à base do motor CC. Escola “A”.



Fonte própria.

Figura 13B: Execução do gerador de energia elétrica à base do motor CC. Escola “B”.



Fonte própria.

3.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação dos resultados desta intervenção pedagógica foi estruturada de forma processual e multidimensional, ocorrendo em quatro frentes principais para garantir uma análise holística do processo de ensino-aprendizagem.

A primeira frente consistiu na aplicação de um pré-teste, instrumento fundamental para identificar os conhecimentos prévios e os subsunçores dos alunos antes do contato com o conteúdo formal. Em seguida, a segunda frente baseou-se na observação participante do docente. Este acompanhamento permitiu monitorar o comportamento dos alunos, a manipulação técnica dos kits e o nível de engajamento. Conforme apontam Barroso, Reis e Amorim (2021), essa modalidade avaliativa reconhece que a aprendizagem envolve a subjetividade e a singularidade do estudante, captando nuances que provas tradicionais costumam ignorar.

A terceira frente focou na coleta de dados sobre as percepções dos alunos quanto à disciplina de Física e o domínio dos conceitos de eletromagnetismo. Entende-se que a avaliação deve atuar como mediadora, funcionando como um mecanismo de reflexão sobre a própria construção do conhecimento, indo além da simples atribuição de notas (BARROSO; REIS; AMORIM, 2021).

Como quarta frente estratégica, realizou-se uma entrevista semiestruturada com o Professor “Y”, da Escola “B”. O objetivo foi coletar a percepção docente sobre a praticidade, conveniência e eficácia dos kits no cotidiano escolar, além de colher sugestões de melhoria. A escolha por este modelo de entrevista justifica-se pela sua flexibilidade, pois, ao não se prender a um roteiro rígido, permite que o investigador explore profundamente os relatos e as experiências do entrevistado, promovendo uma interação dialógica que enriquece a base de dados da pesquisa (CASTRO; OLIVEIRA, 2022).

Os instrumentos de coleta foram divididos entre o pré-teste e o pós-teste. O pré-teste ocorreu de forma presencial e impressa. Já o pós-teste foi aplicado remotamente via Google Forms, devido à escassez de tempo no calendário escolar e às dificuldades logísticas de final de ano letivo. Essa adaptação reflete os desafios comuns enfrentados por pesquisadores que tentam implementar inovações no ensino dentro da realidade complexa das escolas (REZENDE; OSTERMANN, 2005).

Embora tenha havido uma redução na amostra de respondentes no pós-teste — por ser uma atividade facultativa e não vinculada à nota formal — a transição para o formato remoto exigiu dos alunos maior autonomia e planejamento (RAMOS; HAMDAN, 2016). Apesar dessa redução, os dados obtidos foram qualitativamente robustos e suficientes para traçar um comparativo sobre a evolução do pensamento científico do grupo diante dos fenômenos de indução e magnetismo.

3.7 ESCRITA DA MONOGRAFIA

A elaboração desta monografia estruturou-se em dois momentos distintos e complementares. O primeiro momento, de caráter exploratório e documental, ocorreu antes da intervenção prática, dedicando-se à definição dos objetivos, construção da justificativa e fundamentação do referencial teórico. Esta etapa foi essencial para estabelecer o suporte científico necessário sobre eletromagnetismo e metodologias de ensino.

Em um segundo momento, após a aplicação dos kits didáticos em sala de aula, a escrita concentrou-se na análise da metodologia aplicada, na discussão dos

resultados e nas conclusões. Esta fase não se limitou ao registro de dados, mas envolveu uma reflexão crítica sobre a prática docente, confrontando a teoria previamente estudada com a realidade observada em sala (Rezende; Ostermann, 2005). Além disso, a redação final permitiu integrar a análise da subjetividade dos alunos e o impacto motivacional gerado pelo uso da tecnologia 3D no Ensino de Física, garantindo que a avaliação da aprendizagem fosse compreendida como um processo contínuo e qualitativo (Barroso; Reis; Amorim, 2021)."

3.8 ALINHAMENTO CURRICULAR: BNCC E O ENSINO DE FÍSICA

A estruturação deste produto educacional está em total consonância com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio. Nesta etapa, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias prioriza o desenvolvimento de competências que permitam aos estudantes interpretar o mundo e atuar nele com base em conhecimentos científicos, unindo a teoria à investigação de processos tecnológicos (BRASIL, 2017).

Ao utilizar kits didáticos impressos em 3D para o estudo do eletromagnetismo, o projeto promove uma educação científica ativa e investigativa. Segundo Lopes e Araújo (2020), o contato com experimentos práticos no Ensino Médio é essencial para que os alunos desenvolvam habilidades de análise, deixando de ser meros receptores de informação para se tornarem sujeitos que pensam e fazem ciência. Essa prática permite a mobilização de conhecimentos para a resolução de problemas reais, integrando a física às tecnologias contemporâneas.

Abaixo, apresentam-se na tabela 3 as competências específicas da área de Ciências da Natureza (CNT) e as habilidades de referência do Ensino Médio que fundamentam a aplicação dos kits didáticos:

Tabela 3: Competências e Habilidades da BNCC (Ensino Médio) mobilizadas no projeto.

Código	Descrição da Competência / Habilidade	Aplicação Prática no Projeto
EM13CNT103	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as aplicações e as implicações de sua inserção em dispositivos tecnológicos.	O aluno analisa como a interação entre correntes e campos magnéticos gera movimento em motores e dispositivos

		do cotidiano.
EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição, representar e interpretar modelos explicativos.	O kit funciona como um modelo explicativo onde o aluno testa hipóteses sobre o porquê do motor girar e como as variáveis influenciam o fenômeno.
EM13CNT308	Investigar e explicar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos para avaliar as implicações de seu uso.	Aplicação direta no estudo do motor de indução, permitindo que o aluno explique fisicamente o funcionamento de equipamentos rotativos.

Fonte: BNCC 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

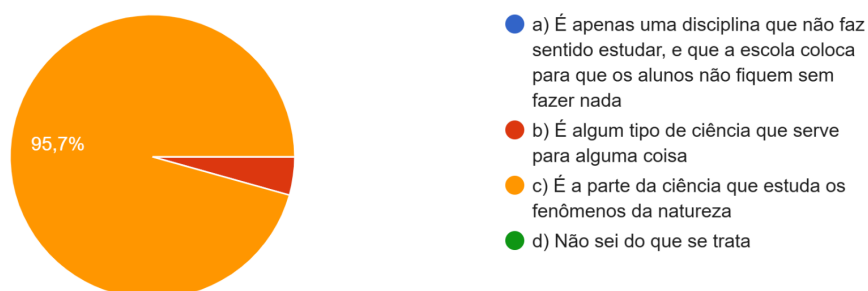
Nesta seção, procedemos à exposição e análise crítica dos dados obtidos ao longo das diferentes etapas da intervenção pedagógica: as fases diagnóstica (pré-teste), processual (observação participante) e somativa (pós-teste e entrevistas). O propósito central reside em investigar a eficácia do uso de aparatos experimentais manufaturados via fabricação digital (impressão 3D) como estratégia facilitadora no ensino de Física.

4.1 Análise Diagnóstica: O Perfil dos Conhecimentos Prévios (Pré-teste)

Nesta etapa inicial da investigação, aplicou-se um pré-teste estruturado com o objetivo de identificar os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, elementos que, segundo a teoria de Ausubel, são essenciais para a possível ancoragem de novos conceitos científicos. A primeira questão do instrumento buscou sondar a concepção epistemológica dos discentes ao indagar sobre o que a Física representa para eles. Ao analisar os dados coletados na Escola A, observa-se um cenário de prontidão cognitiva em que a expressiva maioria de 95,7% dos alunos identificou a disciplina como a parte da ciência dedicada ao estudo dos fenômenos da natureza, como mostra o gráfico 1. Apenas uma parcela residual de alunos nessa instituição optou por uma definição mais vaga, descrevendo-a como um tipo de ciência utilitária, não tendo sido registrados índices de desinteresse total ou desconhecimento do campo nesta unidade específica.

Gráfico 1: Dados coletados do pré-teste na escola A.

1) O que é física para você?
23 respostas



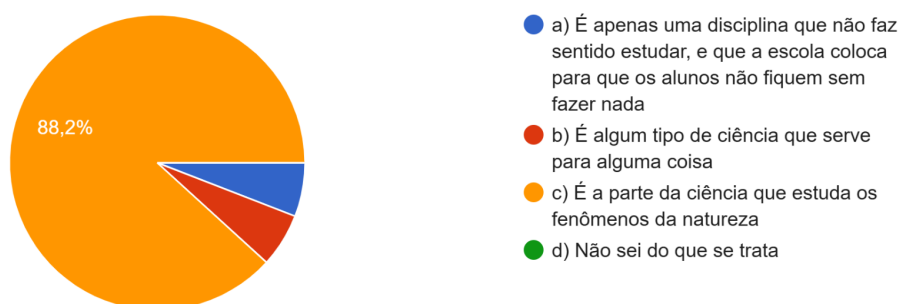
Fonte própria.

Por outro lado, os dados obtidos na Escola B (gráfico 2), revelam uma estrutura cognitiva mais heterogênea no que diz respeito à percepção da disciplina. Embora a maioria (88,2%) também associe a Física ao estudo dos fenômenos naturais, este índice é inferior ao registrado na Escola A. Um ponto de distinção relevante na Escola B reside na presença de respostas que indicam uma visão mais cética ou burocrática sobre a disciplina, com alunos que a classificam como uma obrigatoriedade escolar sem sentido prático ou como uma ciência puramente utilitarista.

Gráfico 2: Dados coletados no pré-teste na escola B.

1) O que é física para você?

17 respostas



Fonte própria.

Ao realizar o confronto entre as duas realidades escolares, percebe-se que, embora ambos os grupos possuam o subsunçor básico necessário para o estudo da natureza, a Escola B apresenta variáveis motivacionais e conceituais distintas da Escola A. Sob a ótica de Ausubel, a identificação dessas diferentes percepções iniciais é fundamental, pois o processo de aprendizagem depende da interação entre o novo material e as ideias especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. Portanto, os dados indicam que a recepção dos conceitos de eletromagnetismo e a interação com os kits experimentais poderão ocorrer de formas distintas em cada contexto, uma vez que o sentido atribuído à Ciência Física não é uniforme entre os dois grupos estudados.

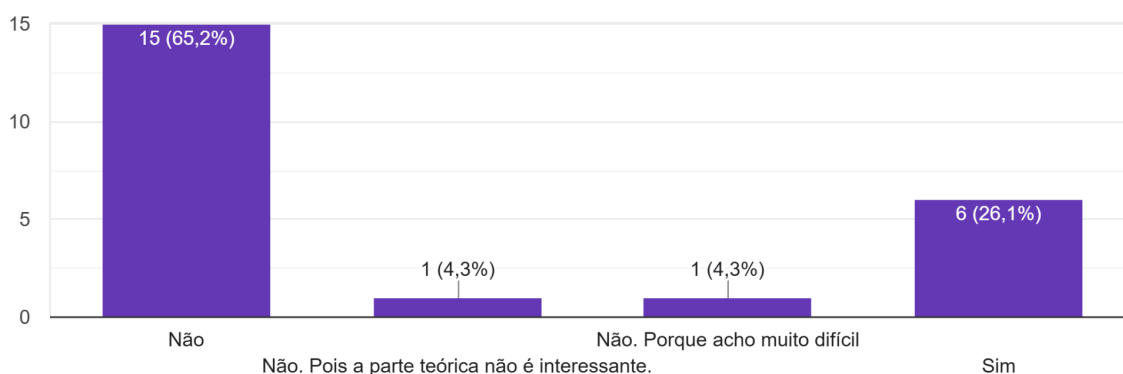
A segunda questão do pré-teste buscou aprofundar o diagnóstico motivacional, interrogando os estudantes sobre sua afinidade com o estudo da Física. Na Escola A (gráfico 3), os dados revelam um desafio acentuado no que diz

respeito ao interesse pela disciplina, uma vez que a maioria expressiva de 65,2% dos alunos afirmou não gostar de estudar Física de forma direta, assim como mostra a figura 3. Quando somadas as justificativas de cunho qualitativo, observa-se que 4,3% dos discentes consideram a parte teórica desinteressante e outros 4,3% apontam a dificuldade do conteúdo como fator impeditivo, totalizando um índice de resistência ou desinteresse de 73,8%. Em contrapartida, apenas 26,1% dos estudantes desta unidade afirmaram possuir afinidade com a matéria.

Gráfico 3: Dados em relação a afinidade dos alunos em relação a disciplina na escola A.

2) Baseada em sua resposta anterior, responda. Você gosta de estudar física?

23 respostas



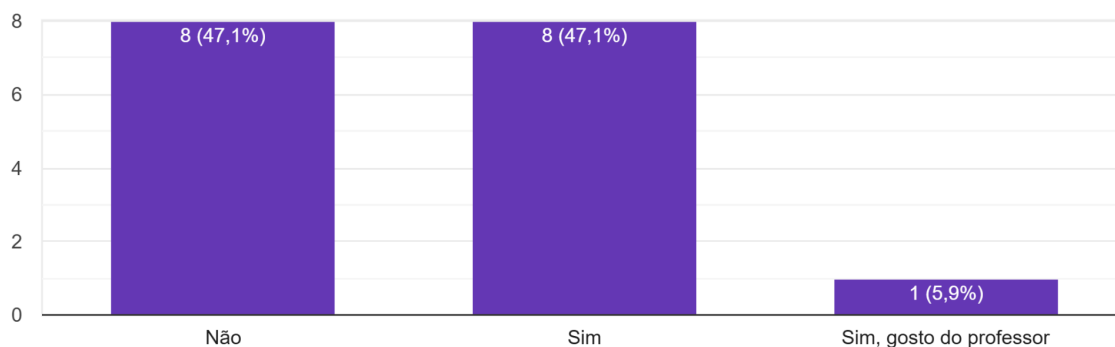
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 4), o cenário apresenta uma distribuição significativamente distinta e mais equilibrada. Diferente do padrão de rejeição observado na instituição anterior, 47,1% dos alunos afirmaram gostar de estudar Física, índice que é complementado por 5,9% de estudantes que condicionam esse gosto à figura do professor. Somados, esses valores indicam que mais da metade da turma (53%) possui uma relação positiva com a disciplina. O índice de respostas negativas na Escola B foi de 47,1%, um valor consideravelmente inferior ao registrado na Escola A, o que aponta para contextos motivacionais diversos entre os dois grupos pesquisados.

Gráfico 4: Dados coletados em relação a afinidade dos alunos com a disciplina na escola B.

2) Baseada em sua resposta anterior, responda. Você gosta de estudar física?

17 respostas



Fonte própria.

Ao confrontar os resultados, percebe-se que as duas escolas iniciam o processo de pesquisa em patamares distintos de engajamento prévio. Enquanto a Escola A demonstra uma barreira mais consolidada em relação ao estudo da Física, pautada na percepção de dificuldade e falta de interesse teórico, a Escola B apresenta um grupo mais dividido e, em certa medida, mais receptivo. Sob a ótica de Ausubel, essas disposições afetivas são componentes fundamentais do processo de aprendizagem, pois a predisposição para aprender é um dos requisitos para que a nova informação interaja com os subsunçores de forma não arbitrária. Portanto, a análise do pré-teste indica que a recepção da proposta experimental poderá encontrar diferentes níveis de abertura inicial em cada instituição, dependendo de como os estudantes de cada perfil percebem a utilidade e a viabilidade dos conceitos que serão abordados.

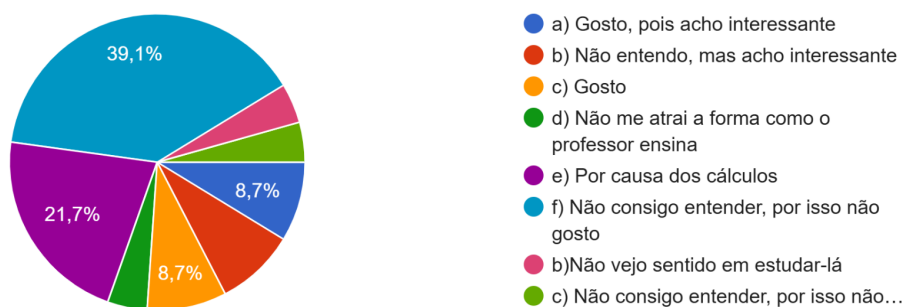
A terceira questão buscou identificar os fatores que fundamentam as percepções dos estudantes em relação à disciplina, permitindo um mapeamento mais detalhado dos obstáculos ao aprendizado. Na Escola A (gráfico 5), os resultados reforçam a existência de uma barreira compreensiva significativa, visto que 39,1% dos alunos declararam explicitamente que não gostam da disciplina por não conseguirem entendê-la. Somado a isso, os cálculos matemáticos aparecem como o segundo maior entrave para 21,7% dos discentes desta unidade. Em termos de recepção positiva, apenas uma pequena parcela (8,7% para "Gosto" e 8,7% para "Acho interessante") demonstrou uma conexão genuína com a matéria, enquanto o

restante dos dados se dispersou entre a falta de sentido prático no conteúdo e críticas à metodologia de ensino.

Gráfico 5: Dados relacionados às dificuldades enfrentadas pelos alunos da escola A.

3) Pensando no que você estuda nas aulas de física. O que faz surgir esse pensamento em relação ao estudo da física?

23 respostas



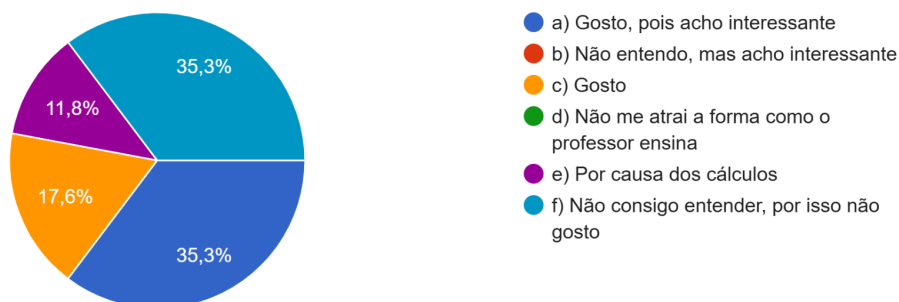
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 6), embora a dificuldade de compreensão também se apresenta como um fator relevante para 35,3% da turma, observa-se uma inclinação positiva muito mais expressiva do que na unidade anterior. Coincidentemente, outros 35,3% dos alunos afirmaram gostar da disciplina por considerá-la interessante, e 17,6% marcaram a opção "Gosto" de forma simples. Outro diferencial relevante na Escola B é o peso atribuído aos cálculos, que foi citado por apenas 11,8% dos alunos — praticamente a metade do índice registrado na Escola A.

Gráfico 6: Dados relacionados às dificuldades enfrentadas pelos alunos da escola B na disciplina.

3) Pensando no que você estuda nas aulas de física. O que faz surgir esse pensamento em relação ao estudo da física?

17 respostas



Fonte própria.

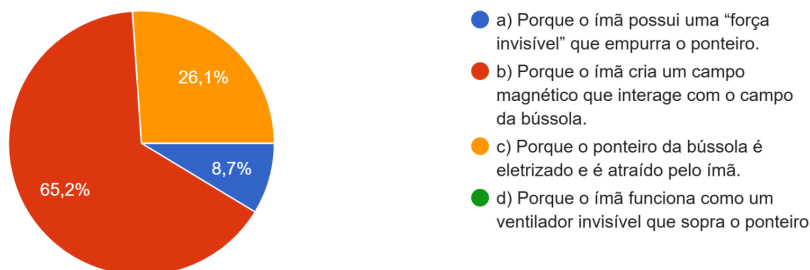
Ao comparar os dois cenários, fica evidente que o obstáculo da "não compreensão" é um elemento comum a ambos os grupos, porém com impactos diferentes na percepção geral da disciplina. Enquanto na Escola A esse sentimento de incompreensão, aliado à barreira dos cálculos, gera um quadro majoritário de distanciamento, na Escola B ele coexiste com um grupo robusto de alunos que conseguem identificar interesse e valor no estudo da Física. Do ponto de vista da Teoria da Aprendizagem Significativa, esses dados sugerem que, em ambas as escolas, há uma carência de subsunçores que permitam a transformação de conceitos abstratos e fórmulas em conhecimentos compreensíveis. No entanto, o diagnóstico inicial aponta que a Escola B possui uma disposição afetiva mais favorável para a recepção de novas estratégias didáticas, enquanto na Escola A o desafio diagnóstico reside em superar uma percepção de incapacidade de compreensão já instalada em grande parte dos discentes.

A quarta questão do pré-teste avançou para a investigação de conceitos específicos de eletromagnetismo, abordando a interação física entre um ímã em forma de barra e uma bússola. Na Escola A (gráfico 7), os resultados indicam que 65,2% dos alunos possuem o subsunçor científico adequado ao identificarem que o movimento do ponteiro ocorre devido à interação entre campos magnéticos. Entretanto, uma parcela significativa de 26,1% demonstrou uma confusão conceitual comum na literatura de ensino de física, ao atribuir o fenômeno à eletrização do ponteiro da bússola. Além disso, 8,7% dos estudantes descreveram a interação como uma "força invisível" genérica que empurra o objeto, evidenciando uma compreensão mais rudimentar e menos fundamentada em conceitos formais de campo, como mostra a figura 7.

Gráfico 7: Dados da escola A relacionados ao fenômeno de interação entre ímã e bússola.

4) Quando aproximamos uma bússola de um ímã em forma de barra, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

23 respostas



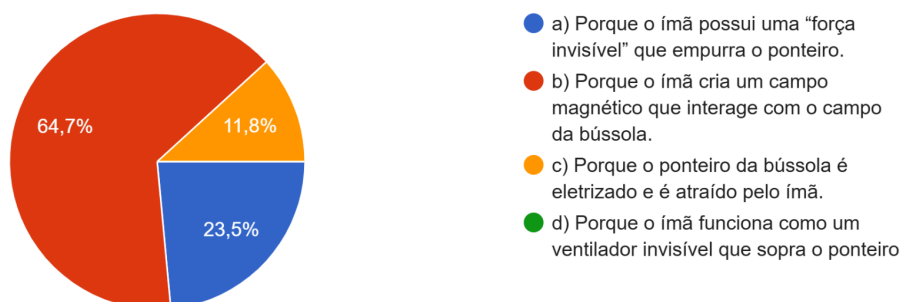
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 8), o índice de acerto técnico foi muito semelhante ao da primeira instituição, com 64,7% dos discentes reconhecendo a interação via campos magnéticos. Todavia, a distribuição dos erros apresentou nuances distintas. Enquanto na Escola A a principal confusão se deu com fenômenos eletrostáticos, na Escola B uma parcela maior de alunos (23,5%) utilizou a definição de "força invisível que empurra o ponteiro", sugerindo uma visão mais fenomenológica e menos abstrata do evento. A atribuição do movimento a cargas elétricas (eletrização) foi menor nesta unidade, atingindo 11,8% dos respondentes.

Gráfico 8: Dados da escola B relacionados ao fenômeno de interação entre ímã e bússola.

4) Quando aproximamos uma bússola de um ímã em forma de barra, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

17 respostas



Fonte própria.

Ao confrontar os dados das duas escolas, observa-se que o conceito de campo magnético como mediador de forças à distância já está presente na estrutura cognitiva da maioria dos estudantes de ambos os contextos. Contudo, o diagnóstico revela zonas de instabilidade conceitual importantes. Na Escola A, há uma

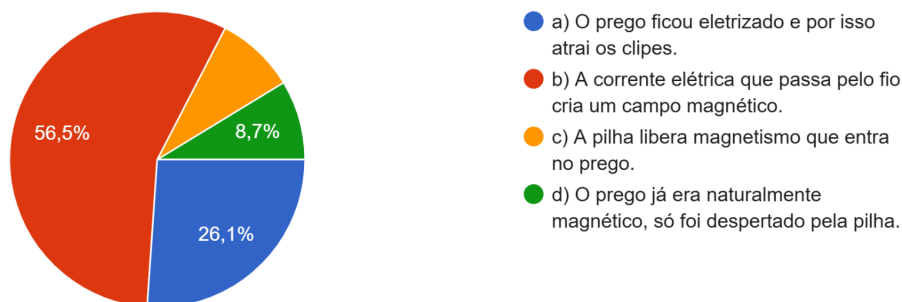
tendência maior em confundir fenômenos magnéticos com elétricos, enquanto na Escola B prevalece uma descrição mais intuitiva e menos técnica do fenômeno. Sob a ótica de Ausubel, esses conhecimentos prévios — tanto os acertos quanto às concepções alternativas — são os pontos de ancoragem sobre os quais novos conceitos, como o eletromagnetismo produzido por corrente elétrica, serão construídos. A identificação dessas lacunas permite prever que a futura intervenção experimental poderá ter papéis distintos em cada grupo, ora clarificando a distinção entre eletricidade e magnetismo, ora formalizando conceitos que hoje são percebidos de maneira puramente intuitiva.

A quinta questão do pré-teste buscou investigar a compreensão dos alunos sobre o princípio fundamental do eletromagnetismo: a geração de um campo magnético a partir de uma corrente elétrica. Ao serem questionados sobre o motivo de um prego envolto em um fio conectado a uma pilha passar a atrair cliques, os resultados na Escola A (gráfico 9), revelaram que 56,5% dos estudantes identificaram corretamente que a corrente elétrica ao percorrer o fio cria um campo magnético. No entanto, uma parcela expressiva de 26,1% dos alunos atribuiu o fenômeno à eletrização do prego, evidenciando a persistência da confusão entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Além disso, registrou-se que 8,7% dos respondentes acreditam que a pilha libera magnetismo que penetra no prego, enquanto outros 8,7% sugeriram que o objeto já possuía propriedades magnéticas naturais que foram apenas despertadas pela energia da pilha.

Gráfico 9: Dados da escola A, relacionando corrente elétrica em movimento e campo magnético.

5) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:

23 respostas



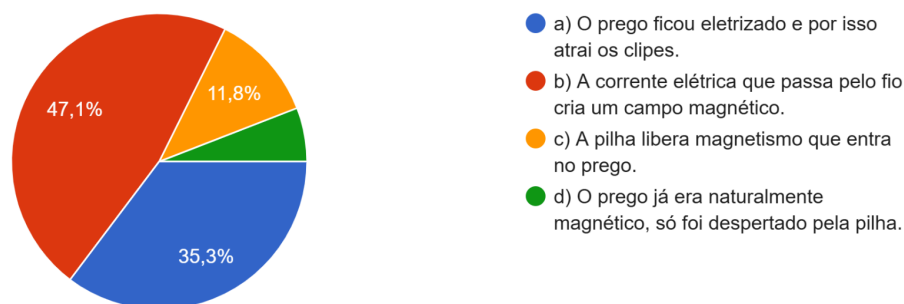
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 10), o cenário de acertos foi numericamente inferior, com 47,1% dos discentes apontando a corrente elétrica como a causa do campo magnético. Em contrapartida, a concepção alternativa de que o prego teria ficado "eletrizado" (opção A) foi mais acentuada nesta unidade, atingindo 35,3% da turma. As demais respostas dividiram-se entre a ideia de liberação de magnetismo pela pilha (11,8%) e a ativação de um magnetismo natural do prego (5,9%), como mostra o gráfico 10.

Gráfico 10: Dados da escola B, relacionando corrente elétrica em movimento e campo magnético.

5) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:

17 respostas



Fonte própria.

Ao confrontar os dados das duas escolas, percebe-se que a dificuldade em distinguir o magnetismo induzido da eletrostática é um traço comum em ambos os grupos, sendo ligeiramente mais acentuado na Escola B. Sob a perspectiva de Ausubel, esses dados diagnosticam que, embora parte dos alunos possua o subsunçor científico adequado para a compreensão do eletroímã, existe um grupo considerável cujas âncoras conceituais estão fundamentadas em explicações intuitivas. Para esses estudantes, o fenômeno observado é interpretado como um fluxo de substância ou uma ativação de propriedades latentes. Esse diagnóstico inicial indica que a futura abordagem dos conceitos de eletromagnetismo precisará lidar com essas zonas de instabilidade conceitual, buscando promover uma diferenciação progressiva entre carga elétrica e campo magnético induzido.

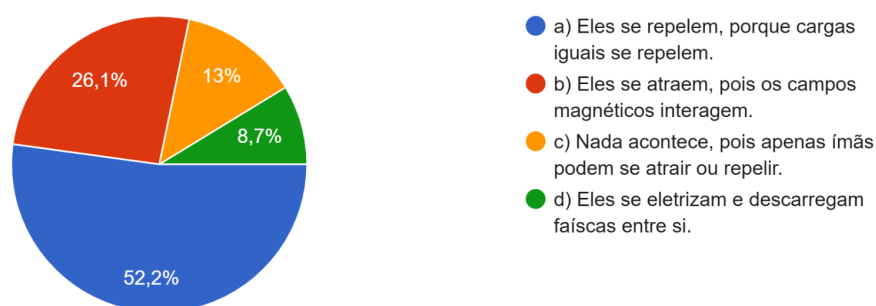
A sexta questão do pré-teste propôs um desafio de maior complexidade conceitual ao investigar a percepção dos discentes sobre a interação entre dois fios paralelos que conduzem corrente elétrica no mesmo sentido. Na Escola A (gráfico 11), os resultados evidenciaram uma forte predominância de uma concepção

alternativa baseada na eletrostática, visto que 52,2% dos alunos afirmaram que os fios se repelem sob a justificativa de que "cargas iguais se repelem". Apenas 26,1% da turma identificou o comportamento correto de atração mediado pela interação dos campos magnéticos. O restante dos dados distribuiu-se entre a crença de que nada ocorreria por falta de ímãs (13%) e a ideia de que haveria descargas elétricas entre os fios (8,7%).

Gráfico 11: Dados coletados na escola A onde são relacionados eletricidade estática e eletromagnetismo dinâmico.

6) Se dois fios paralelos conduzem corrente elétrica no mesmo sentido, o que acontece entre eles?

23 respostas



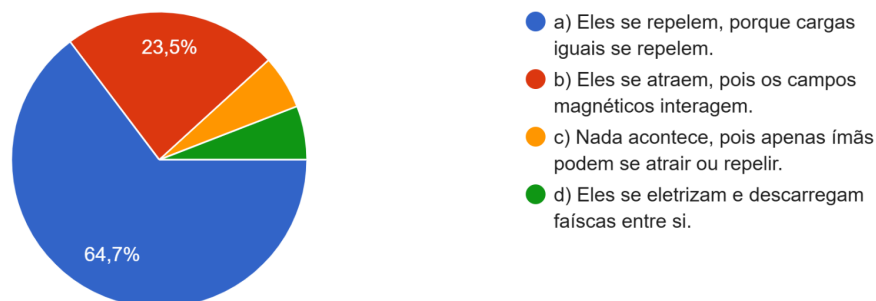
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 12), a tendência de ancorar o fenômeno em conceitos de eletrostática foi ainda mais acentuada. Observou-se que 64,7% dos estudantes optaram pela resposta de que os fios se repelem devido à polaridade das cargas, um índice superior ao da primeira escola. Consequentemente, o percentual de acerto técnico nesta unidade foi menor, com apenas 23,5% dos alunos reconhecendo a atração magnética entre os condutores. Assim como na Escola A, parcelas menores da turma demonstraram visões limitadas ao magnetismo de ímãs permanentes ou a processos de eletrização por faíscas.

Gráfico 12: Dados coletados na escola B onde são relacionados eletricidade estática e eletromagnetismo dinâmico.

6) Se dois fios paralelos conduzem corrente elétrica no mesmo sentido, o que acontece entre eles?

17 respostas



Fonte própria.

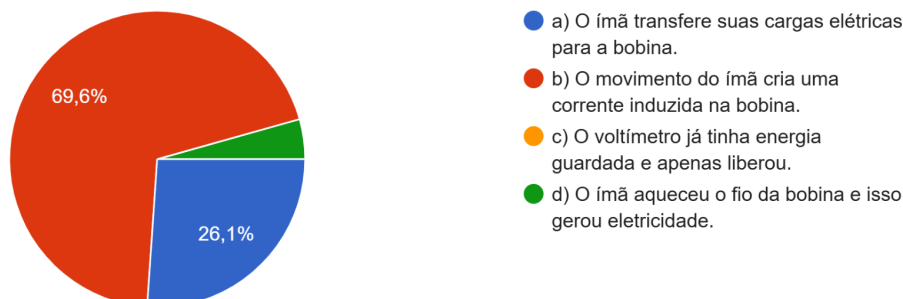
O confronto entre as duas escolas revela um diagnóstico fundamental para a teoria de Ausubel: a presença de um subsunçor "instável" ou indevidamente generalizado. Em ambos os contextos, a maioria dos alunos tenta explicar fenômenos eletromagnéticos dinâmicos utilizando leis da eletrostática (atração e repulsão de cargas em repouso). Esse padrão indica que a estrutura cognitiva dos estudantes ainda não diferencia claramente as forças de origem elétrica das forças de origem magnética resultantes de cargas em movimento. Portanto, o diagnóstico aponta que o material didático e os experimentos futuros terão o papel de atuar como organizadores prévios para ajudar na diferenciação progressiva desses conceitos, permitindo que os alunos compreendam que correntes elétricas geram efeitos magnéticos que seguem leis distintas da simples interação entre cargas estáticas.

A sétima questão do pré-teste investigou o fenômeno da indução eletromagnética ao questionar o significado do movimento da agulha de um voltímetro quando um ímã é aproximado e afastado rapidamente de uma bobina. Na Escola A (gráfico 13), os dados indicam que a maioria dos estudantes possui o subsunçor técnico para este fenômeno, com 69,6% dos alunos identificando corretamente que o movimento do ímã cria uma corrente induzida na bobina. Todavia, observou-se a persistência de concepções alternativas em 26,1% dos respondentes, que acreditam que o ímã transfere suas próprias cargas elétricas para a bobina, enquanto uma pequena fração (4,3%) atribuiu a geração de eletricidade ao aquecimento do fio.

Gráfico 13: Dados coletados na escola A que se trata da corrente induzida em bobinas com variação de campo magnético.

7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:

23 respostas



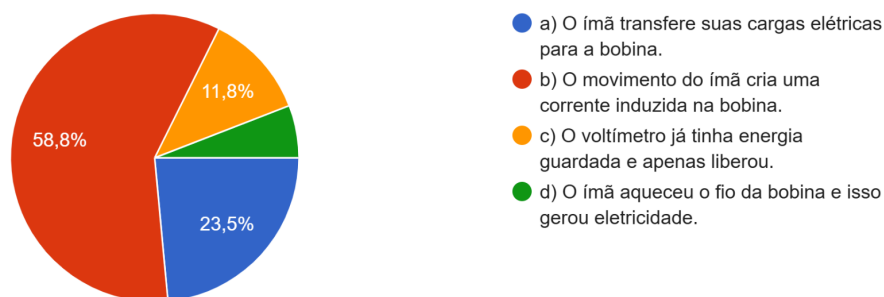
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 14), o índice de acerto técnico para o mesmo fenômeno foi de 58,8%, revelando uma compreensão majoritária, porém menos expressiva do que na instituição anterior. Nesta unidade, a dispersão das concepções alternativas apresentou-se mais variada: 23,5% dos discentes mantêm a visão de transferência de cargas do ímã para a bobina e 11,8% acreditam que o voltímetro apenas liberou uma energia que já estava previamente guardada no aparelho. Assim como na Escola A, uma parcela residual (5,9%) indicou o aquecimento do fio como a causa do surgimento da eletricidade.

Gráfico 14: Dados coletados na escola B que se trata da corrente induzida em bobinas com variação de campo magnético.

7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:

17 respostas



Fonte própria.

Ao confrontar os resultados das duas escolas, percebe-se que o conceito de indução eletromagnética é reconhecido pela maioria em ambos os contextos, embora com diferentes níveis de consolidação. Sob a ótica de Ausubel, o

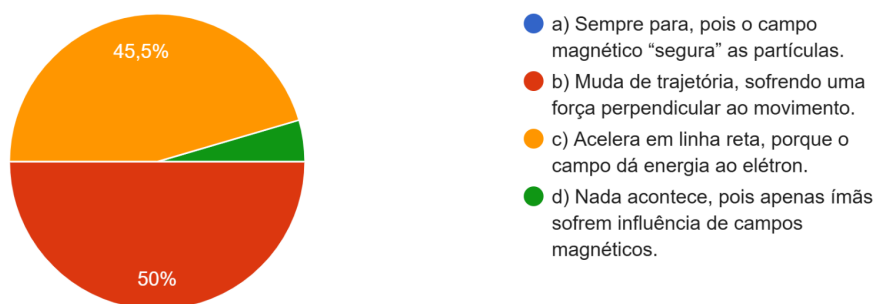
diagnóstico revela que, para uma parcela significativa de alunos de ambos os grupos, o magnetismo ainda é interpretado como um reservatório de partículas elétricas em trânsito ou como um agente térmico, em vez de ser percebido como um campo cuja variação de fluxo gera força eletromotriz. A identificação dessas âncoras conceituais instáveis é crucial, pois indica que a compreensão plena de como um gerador ou transformador funciona — conceitos centrais para o uso de kits experimentais — exigirá a superação da ideia de "transferência de substância" em favor do conceito de indução por movimento.

A oitava questão do pré-teste elevou o nível de abstração ao tratar do comportamento de um elétron em movimento dentro de um campo magnético uniforme. Na Escola A (gráfico 15), os dados revelaram uma divisão nítida: 50% dos alunos identificaram corretamente que o elétron muda de trajetória ao sofrer uma força perpendicular ao seu movimento. Contudo, uma parcela expressiva de 45,5% demonstrou uma concepção alternativa comum ao afirmar que o elétron "acelera em linha reta", indicando uma tentativa de aplicar a lógica da força elétrica ao campo magnético. Apenas 4,5% acreditaram que nada aconteceria.

Gráfico 15: Dados coletados na escola A relacionando a interação entre campo magnético e um elétron.

8) Um elétron em movimento dentro de um campo magnético:

22 respostas



Fonte própria.

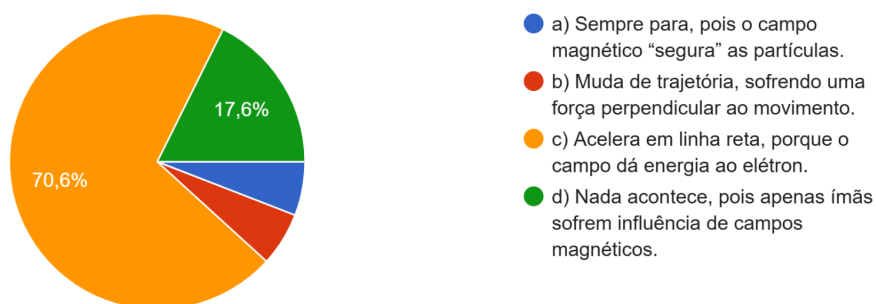
Na Escola B (gráfico 16), o cenário diagnóstico revelou-se consideravelmente mais desafiador. Apenas 5,9% dos estudantes conseguiram identificar a mudança de trajetória correta. A grande maioria da turma (70,6%) ancorou sua resposta na ideia de que o elétron aceleraria em linha reta porque o "campo dá energia" à partícula. Além disso, 17,6% afirmaram que nada aconteceria por acreditarem que

apenas ímãs sofrem influência magnética, e 5,9% sugeriram que o campo magnético "seguraria" ou pararia a partícula.

Gráfico 16: Dados coletados na escola B relacionando a interação entre campo magnético e um elétron.

8) Um elétron em movimento dentro de um campo magnético:

17 respostas



Fonte própria.

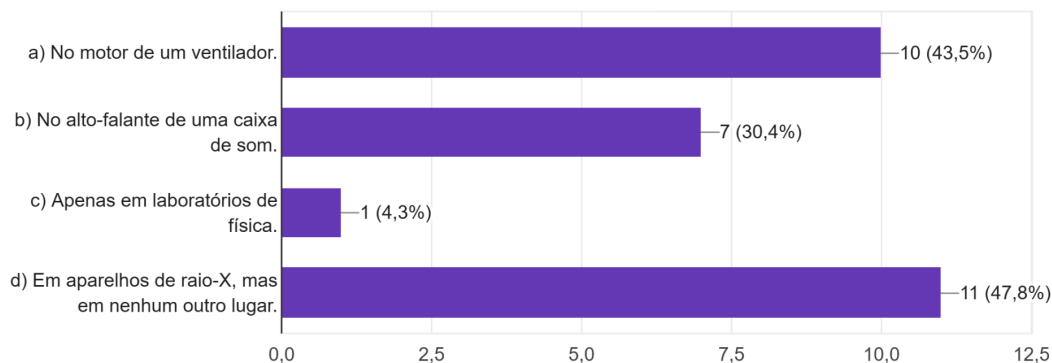
Ao confrontar os dados, percebe-se que a Escola B apresenta uma lacuna conceitual muito mais profunda em relação à natureza vetorial das forças magnéticas. Enquanto na Escola A metade da turma já possui o subsunçor necessário para entender que a força magnética é defletora (e não aceleradora), na Escola B predomina uma visão linear e intuitiva da física, onde campos sempre "empurram" objetos em sua própria direção. Sob a ótica de Ausubel, esses resultados indicam que a intervenção pedagógica na Escola B precisará de um esforço maior de "desestabilização" dessa lógica linear antes que o conceito de força perpendicular possa ser assimilado. O diagnóstico aponta que, para esses alunos, o magnetismo é percebido como uma força propulsora comum, ignorando a característica fundamental do produto vetorial que define a Força de Lorentz.

A nona questão investigou a capacidade dos estudantes de identificar aplicações práticas do eletromagnetismo no cotidiano, permitindo avaliar o nível de contextualização do conhecimento prévio. Na Escola A (gráfico 17), observou-se uma percepção ampla das tecnologias associadas à disciplina: 47,8% dos alunos identificaram o uso em aparelhos de raio-X, 43,5% em motores de ventiladores e 30,4% em alto-falantes. Apenas uma parcela mínima de 4,3% restringiu a existência do fenômeno aos laboratórios de física, indicando que a grande maioria reconhece a relevância da matéria no mundo real.

Gráfico 17: Dados da escola A que revelam a identificação do magnetismo no cotidiano dos alunos.

9) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação.

23 respostas



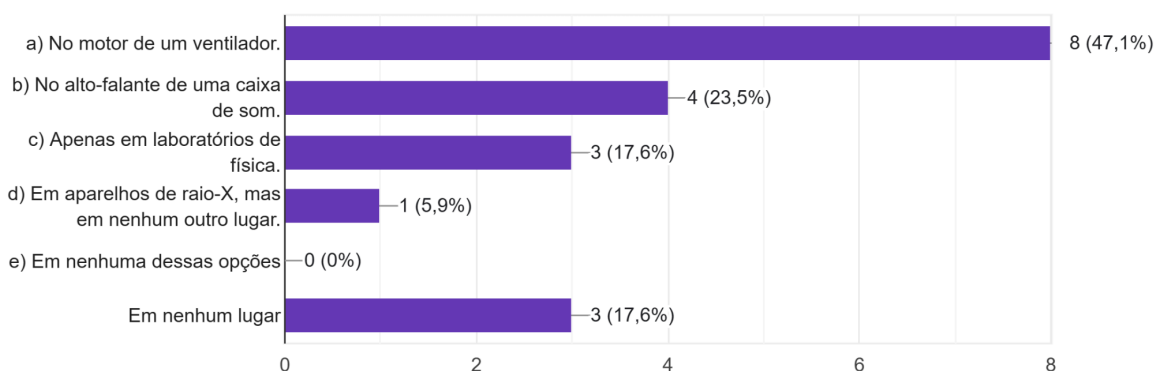
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 18), embora o motor de ventilador tenha sido a aplicação mais reconhecida (47,1%), os resultados apontaram para uma visão mais limitada da presença do eletromagnetismo no dia a dia. A identificação de alto-falantes caiu para 23,5% e a de aparelhos de raio-X para apenas 5,9%. Um dado relevante nesta unidade foi que 17,6% dos discentes afirmaram que o eletromagnetismo não é visto em "nenhum lugar", e outros 17,6% acreditaram que ele se restringe apenas a laboratórios de física.

Gráfico 18: Dados da escola B que revelam a identificação do magnetismo no cotidiano dos alunos.

9) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação.

17 respostas



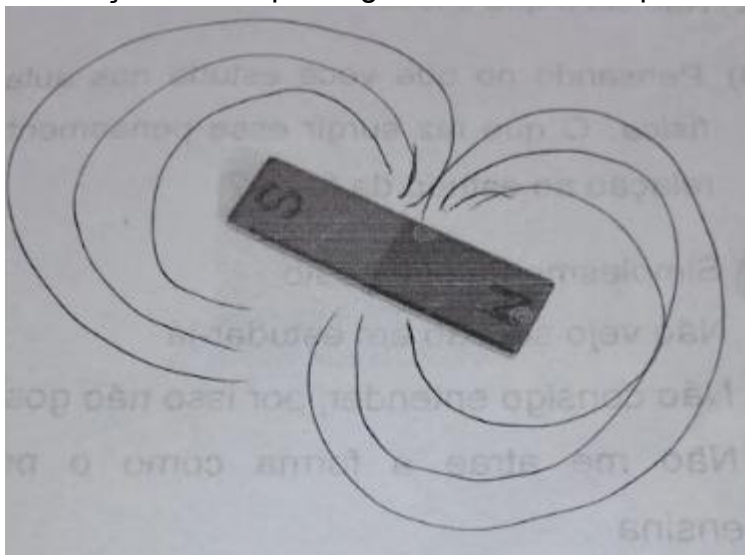
Fonte própria.

Ao confrontar os dados das duas instituições, nota-se que os alunos da Escola A possuem uma rede de associações práticas mais diversa, enquanto na Escola B há uma resistência maior em transpor o conteúdo da sala de aula para o

ambiente externo. Sob a ótica de Ausubel, a contextualização funciona como um "organizador prévio" natural; quando o aluno não consegue enxergar a aplicação do que estuda, a aprendizagem tende a ser mecânica por falta de sentido. Portanto, o diagnóstico final revela que a Escola B demanda uma intervenção que não apenas ensine os conceitos, mas que recupere urgentemente o sentido prático da disciplina, combatendo a percepção de que a física é um saber isolado e sem utilidade cotidiana.

A questão 10, por possuir natureza gráfica e solicitar que o aluno materialize seu modelo mental através do desenho, permitiu identificar representações que as questões de múltipla escolha muitas vezes mascaram. Na análise dos resultados da Escola A, percebe-se que a maioria dos alunos possui um subsunçor básico sobre a existência de uma zona de influência ao redor do ímã, embora enfrentam dificuldades na formalização do campo como um sistema vetorial contínuo. Um ponto relevante é a percepção de que o magnetismo é um fenômeno de conexão, o que fica evidente na figura 14, onde o estudante desenha arcos que buscam unir as extremidades ao centro, demonstrando uma noção de circuito magnético.

Figura 14: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola A.

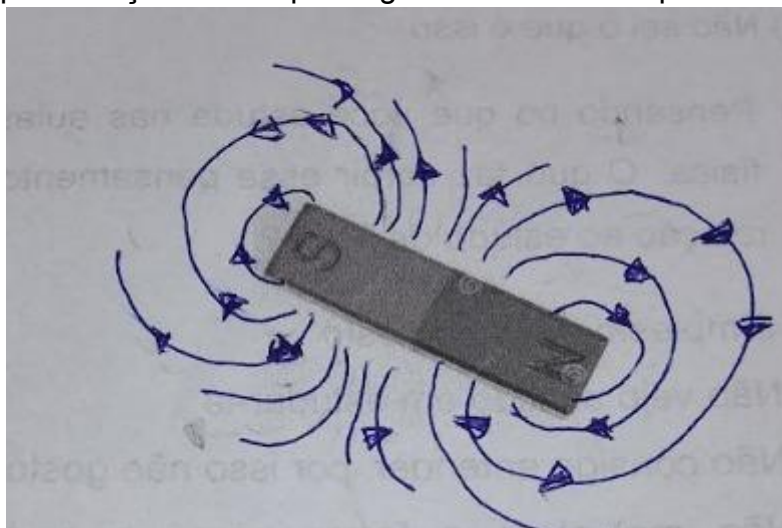


Fonte própria.

Entretanto, surge também uma distorção conceitual interessante, assim como na figura 15, em que uma das respostas mostra que o aluno tinha uma ideia do que seria o campo magnético, porém não sabia representar a continuidade externa de forma correta; neste caso, ele utiliza setas, mas faz o fluxo convergir dos polos para

o centro do ímã, como se o corpo do objeto funcionasse como um sumidouro central.

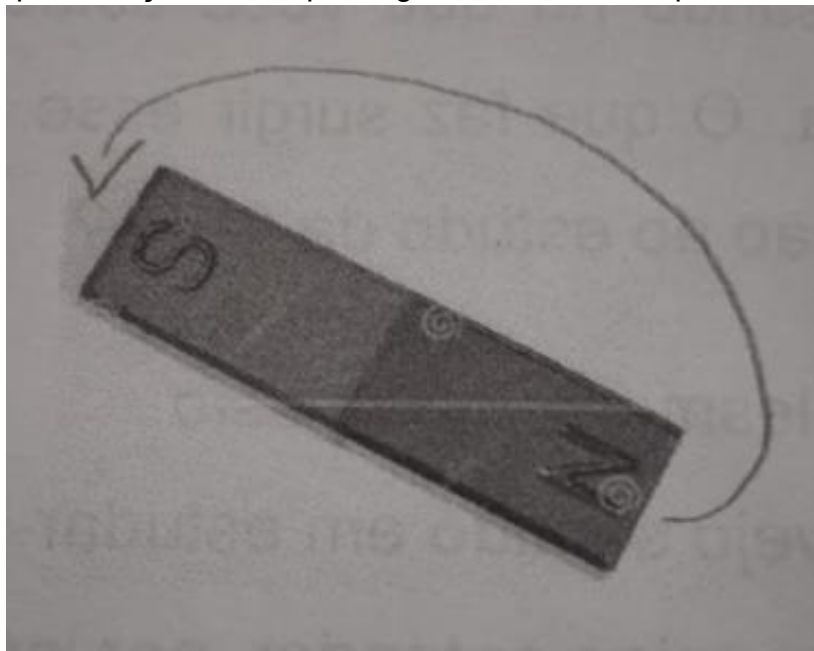
Figura 15: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola A.



Fonte própria.

Outras variações indicam que alguns alunos já integraram o conceito de fluxo, mas falham na memorização da convenção física, como mostra a figura 16, onde o aluno desenha uma linha de conexão, mas inverte o sentido ao indicar a saída do campo pelo polo Sul.

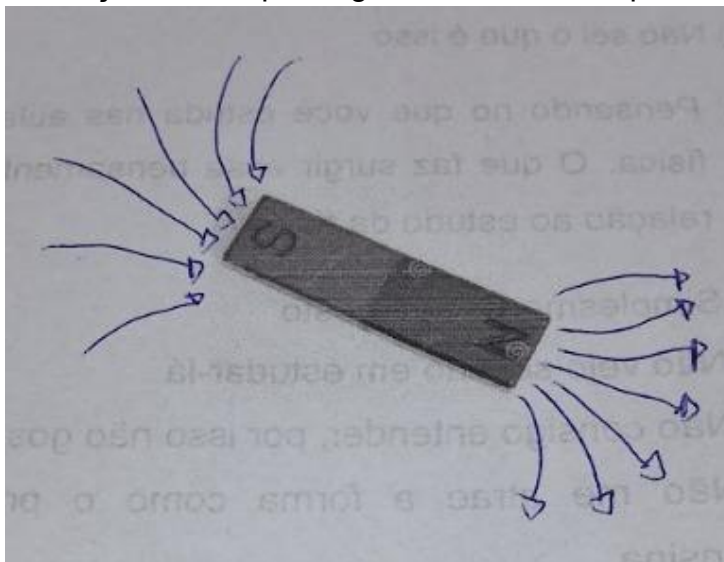
Figura 16: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola A.



Fonte própria.

Há ainda aqueles que visualizam os pólos como entidades isoladas, como mostra a figura 17, na qual as linhas partem para o infinito sem formar os arcos que caracterizam o dipolo.

Figura 17: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola A.



Fonte própria.

No caso da Escola B, os registros indicam uma fragmentação conceitual mais acentuada e uma tendência a utilizar analogias espontâneas com outros fenômenos físicos. Um padrão identificado é o tratamento do campo como uma espécie de aura ou atmosfera que envolve o objeto sem partir dele, como mostra a figura 18, na qual o aluno desenha elipses concêntricas que orbitam o ímã de forma externa, sem tocar as extremidades.

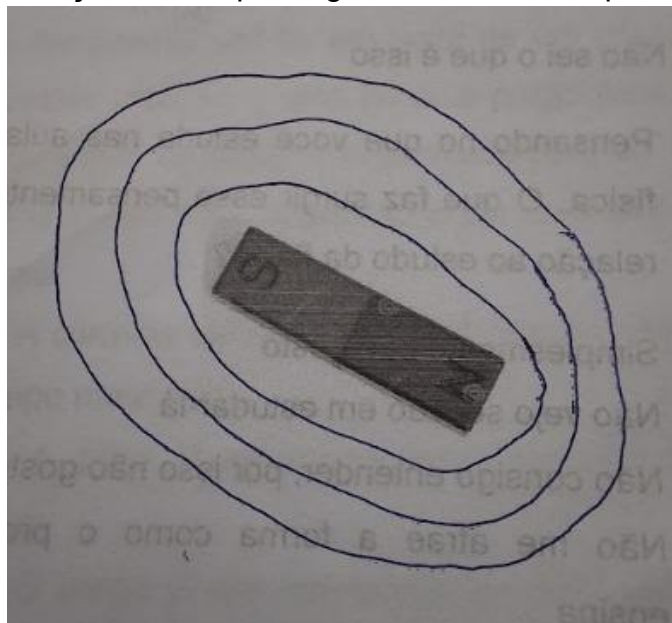
Figura 18: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola B.



Fonte própria.

Outro erro estrutural aparece quando o aluno confunde o magnetismo com forças de atração central simplificadas, como na figura 19, onde o estudante desenha também elipse.

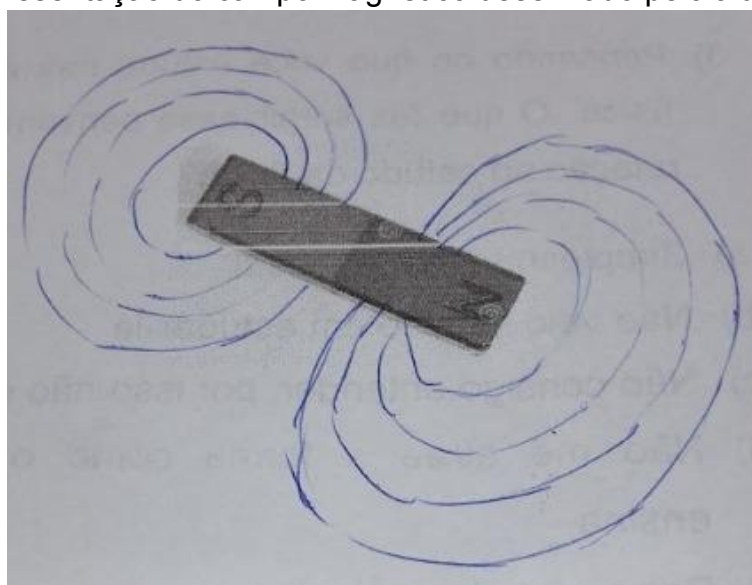
Figura 19: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola B.



Fonte própria.

Além disso, a visão de pólos independentes é reforçada em registros como o da figura 20, onde o aluno desenha padrões de redemoinhos ou círculos isolados em cada extremidade, demonstrando que não compreende o ímã como um sistema unificado.

Figura 20: Representação do campo magnético desenhado pelo aluno da escola B.



Fonte própria.

Ao compararmos as duas instituições, fica claro que a Escola A apresenta uma estrutura cognitiva mais próxima do modelo científico aceito, pois há uma tentativa predominante de representar a interação entre os polos. Mesmo com erros de sentido e convenção, os alunos da Escola A demonstram possuir subsunções relacionados ao fluxo entre as extremidades. Por outro lado, a Escola B revela modelos muito mais desconexos, baseados em representações de nuvens ou sucção, o que, sob a ótica da Teoria de Ausubel, indica uma aprendizagem menos significativa e mais mecânica, onde a geometria do campo não foi ancorada à lógica dipolar. Enquanto a dificuldade na Escola A reside em acertar o sentido vetorial, na Escola B a lacuna está na própria compreensão da forma e da continuidade da existência do campo magnético no espaço.

4.1.1 Apanhado Geral do Diagnóstico Inicial (Pré-teste)

O início da análise diagnóstica, focado nas três primeiras questões, revela o perfil e a postura dos estudantes diante da disciplina de Física. Na Escola A, observa-se uma prontidão cognitiva elevada, onde quase a totalidade dos alunos (95,7%) identifica a disciplina corretamente como o estudo dos fenômenos da natureza. No entanto, ao cruzar esses dados com a percepção de afinidade e dificuldade, nota-se que, embora saibam definir a matéria, muitos ainda a enxergam como um campo complexo e de difícil acesso. Esse cenário inicial é fundamental para entender que os alunos chegam ao estudo do eletromagnetismo com uma visão respeitosa, mas cautelosa, indicando que a mediação pedagógica precisará trabalhar não apenas o conteúdo, mas a confiança dos discentes na resolução de problemas físicos.

No segundo bloco de análise, que compreende as questões 5, 6 e 7, o foco recai sobre a relação entre eletricidade e magnetismo. Os dados mostram que, na questão 5, embora uma parcela dos alunos identifique que a corrente elétrica gera magnetismo em um eletroímã, muitos confundem o processo com uma eletrização comum. Essa confusão entre fenômenos elétricos e magnéticos torna-se ainda mais evidente na questão 6, onde a maioria dos estudantes acredita que dois fios paralelos com correntes no mesmo sentido se repelem, aplicando erroneamente a lei das cargas elétricas ("iguais se repelem") em um contexto que deveria ser de atração magnética. Já na questão 7, sobre indução, nota-se que os alunos

reconhecem que o movimento de um ímã gera corrente, mas ainda possuem dúvidas se isso ocorre por uma transferência física de cargas ou pela influência do campo.

Por fim, ao analisarmos as questões 8, 9 e 10, entramos no campo da definição teórica e da representação visual do campo magnético. Nas questões 8 e 9, as respostas revelam que o conceito de "campo" ainda é algo abstrato e de difícil definição verbal para os alunos, que muitas vezes não conseguem explicar a natureza dessa região de influência. Essa fragilidade materializa-se na questão 10, através dos desenhos das linhas de campo. Como demonstrado nas análises individuais, os alunos apresentam modelos fragmentados, como a visão de pólos isolados que não se comunicam, fluxos que convergem erroneamente para o centro do ímã ou representações que ignoram a direcionalidade correta. O diagnóstico final deste tópico revela que, embora os alunos consigam identificar efeitos práticos do eletromagnetismo, eles ainda carecem de uma estrutura que conecte eletricidade e magnetismo de forma unificada e geométrica.

4.2 Análise da Intervenção Pedagógica: A Experimentação e a Observação Participante na Escola “A”

A aplicação da sequência didática revelou, inicialmente, um engajamento dos discentes superior ao esperado. É relevante destacar que a participação foi voluntária e sem a obrigatoriedade vinculada a notas, um dos principais atrativos no sistema escolar tradicional. Observou-se que o sucesso na adesão dos estudantes ocorreu pelo interesse genuíno na aquisição de conhecimento. Esse comprometimento manifestou-se desde a aplicação do pré-teste, momento em que os alunos demonstraram preocupação com a aprendizagem ao solicitarem explicações sobre as questões. Na ocasião, o professor pesquisador esclareceu que se tratava de coleta de dados iniciais sobre a "bagagem" de cada um e que poderiam responder sem receio de erro.

Após o pré-teste, os minutos finais da aula foram dedicados a uma conversa gravada e posteriormente transcrita, visando aprofundar temas específicos. Ao serem questionados se conheciam o termo “campo magnético”, a maioria afirmou positivamente. Investigando a origem desse conhecimento, os alunos citaram exemplos cotidianos semelhantes aos do questionário: “no motor do

ventilador, no ímã de geladeira, nos alto-falantes de fones de ouvido ou caixa amplificadora”. Prosseguindo com a discussão, o docente indagou: “você sabem por que o ímã atrai alguns materiais?”, ao que um aluno respondeu que “ele gera corrente”. Diante disso, o professor explicou que a atração ocorre em materiais com propriedades ferromagnéticas, exemplificando com objetos da própria sala, como as pernas de ferro das mesas e cadeiras. Esclareceu-se que tal interação só é possível quando o material adentra a região de atuação das linhas de campo magnético, ilustrando o conceito na lousa e reforçando a natureza dipolar e indivisível dos polos.

Nesse contexto de discussão, emergiu um componente afetivo significativo quando uma aluna relatou que a Física “foi a única disciplina que já fez ela chorar em um dia de prova por não saber de nada”. O docente utilizou esse desabafo como um momento de incentivo, explicando que a disciplina exige interpretação e imaginação dos fenômenos. Ressaltou-se a importância do estudo extraclasse e do esforço individual, mas ponderou-se que cada estudante deve respeitar seu próprio tempo de aprendizagem, sem cobranças excessivas. Nas aulas subsequentes, notou-se um comportamento heterogêneo na turma: enquanto metade dos alunos mantinha atenção constante e ativa, um grupo de aproximadamente sete estudantes apresentava resistência, mantendo conversas paralelas. O professor buscava retomar o foco por meio de perguntas direcionadas e, quando necessário, exercia autoridade para restabelecer o silêncio necessário ao ambiente de estudo.

A introdução dos aparatos experimentais gerou imediata curiosidade. Durante a prática de visualização das linhas de campo, o entusiasmo foi notório, com alunos solicitando autorização para registrar o momento com celulares para divulgação em redes sociais. O interesse pelas atividades práticas foi tamanho que houve demonstrações de desapontamento na única aula destinada exclusivamente ao aprofundamento teórico. Contudo, a maior dificuldade técnica foi observada no experimento do motor homopolar. Alguns alunos consideraram o kit de difícil montagem, definindo-o como “esquisito” e afirmando que “nunca tinham visto algo semelhante”. Como resultado, apenas dois grupos concluíram a prática com sucesso, desfecho atribuído em parte a problemas técnicos, conforme detalhado na metodologia.

Ao longo de cada intervenção, buscou-se promover a ancoragem de novos conceitos, interligando a teoria visualizada nas práticas com o conhecimento prévio acumulado no cotidiano, conforme preconiza a Teoria de Ausubel. Na etapa final, a coleta de dados enfrentou desafios externos, como a baixa frequência devido aos jogos escolares, que motivaram a saída de alunos da sala, e o cansaço visível decorrente das aulas de reforço para o SAEB (Português e Matemática). Esse desgaste ficou evidente na comemoração coletiva da turma ao serem informados de que o pós-teste seria realizado via Google Formulários, facilitando a etapa final da avaliação.

4.3 Análise Comparativa e Evolução Conceitual (Pós-teste)

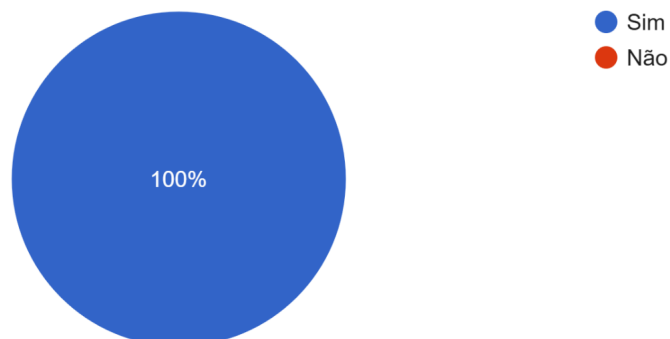
Após a conclusão do ciclo de intervenções pedagógicas mediadas pelos kits experimentais em impressão 3D, aplicou-se um pós-teste estruturado com o intuito de mensurar o impacto da metodologia na estrutura cognitiva dos estudantes. Esta etapa da pesquisa busca identificar se a transição do conhecimento espontâneo para o conhecimento científico ocorreu de forma efetiva, observando não apenas o ganho quantitativo de acertos, mas principalmente a evolução qualitativa na percepção dos fenômenos eletromagnéticos.

Na Escola A (gráfico 19), a primeira questão do pós-teste buscou verificar a receptividade dos alunos em relação aos experimentos realizados durante a intervenção. O resultado foi de 100% de aprovação, com todos os 12 alunos respondentes afirmando que gostaram das práticas. Esse dado é fundamental, pois indica que, para este grupo, o uso dos kits em 3D e a abordagem prática foram capazes de gerar um engajamento total, criando um ambiente favorável para o aprendizado que anteriormente era marcado por insegurança e distanciamento.

Gráfico 19: Dados do pós-teste que mostram a satisfação dos alunos com os experimentos na escola A.

1) Você gostou dos experimentos?

12 respostas



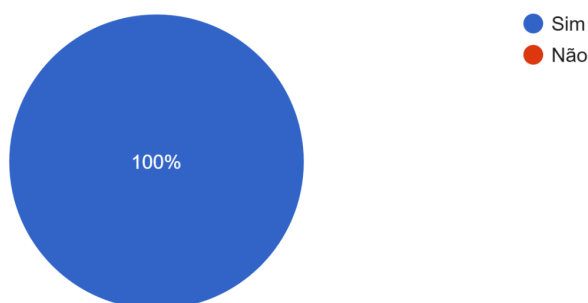
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 20), o cenário de aceitação foi idêntico, registrando-se também 100% de respostas positivas entre os 13 alunos participantes. Mesmo em uma realidade escolar distinta, a metodologia aplicada manteve o mesmo nível de eficácia no que diz respeito ao interesse dos discentes. A unanimidade nas respostas demonstra que a estratégia didática baseada em experimentos manuais e visualmente atrativos (impressão 3D) possui um apelo universal, conseguindo capturar a atenção de todos os estudantes envolvidos no processo.

Gráfico 20: Dados do pós-teste que mostram a satisfação dos alunos com os experimentos na escola B.

1) Você gostou dos experimentos?

13 respostas



Fonte própria.

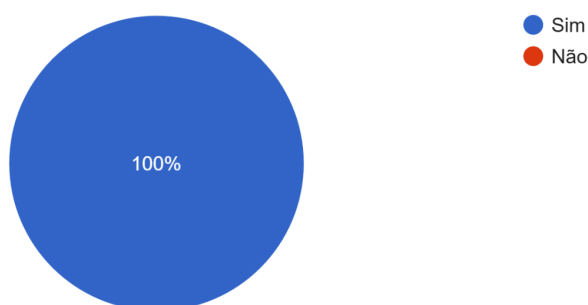
Ao compararmos as duas unidades escolares nesta primeira questão, observa-se uma convergência absoluta de resultados. Não houve qualquer distinção entre os perfis das escolas no que tange à satisfação com as atividades práticas; ambas atingiram o teto máximo de aprovação. Esse nivelamento por cima prova que

a intervenção pedagógica foi igualmente atrativa para ambos os grupos, estabelecendo uma base motivacional sólida e uniforme. Essa concordância de 100% em ambas as frentes é o primeiro indicador de que o método experimental cumpriu sua função de despertar o interesse dos alunos, preparando o caminho para as questões de conhecimento técnico que seguem.

A segunda questão investigou a percepção dos discentes sobre a utilidade pedagógica dos experimentos para a sua própria aprendizagem. Na Escola A (gráfico 21), os resultados foram absolutos: 100% dos alunos (12 respondentes) declararam ter conseguido aprender novos conceitos por meio da utilização dos aparatos experimentais. Esse dado é um forte indicador de que a metodologia de ensino baseada em kits físicos funcionou como um facilitador cognitivo eficiente para este grupo. Para esses estudantes, a transição da teoria abstrata para a visualização prática foi percebida como um processo de sucesso total, validando a eficácia da intervenção nesta unidade.

Gráfico 21: Dados da escola A onde todos os alunos dizem ter aprendido algo na manipulação dos experimentos.

2) Você conseguiu aprender algo na utilização dos experimentos?
12 respostas



Fonte própria.

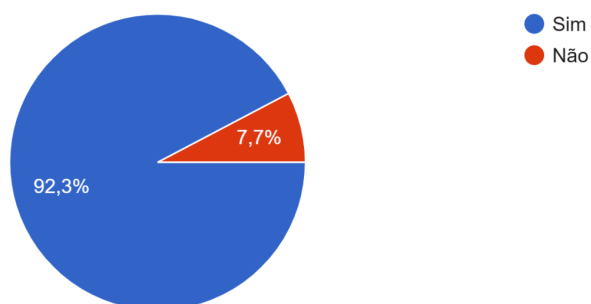
Na Escola B (gráfico 22), a resposta à mesma indagação apresentou um índice de 92,3% de percepção positiva, com a grande maioria dos 13 alunos afirmando ter aprendido com as práticas. Houve, no entanto, uma divergência residual de 7,7%, representada por um aluno que não sentiu ter agregado conhecimento por meio dos experimentos. Embora o resultado continue sendo expressivamente positivo e demonstre a eficiência da proposta, essa pequena margem sugere que, para perfis específicos de estudantes, a experimentação

isolada pode demandar um tempo maior de exposição ou um reforço teórico complementar para que a sensação de aprendizado seja plenamente consolidada.

Gráfico 22: Dados da escola A onde todos os alunos dizem ter aprendido algo na manipulação dos experimentos.

2) Você conseguiu aprender algo na utilização dos experimentos?

13 respostas



Fonte própria.

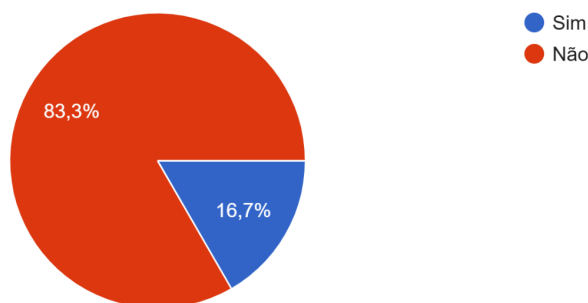
Ao confrontarmos as duas realidades escolares, percebe-se que a intervenção atingiu níveis de sucesso muito próximos, com uma ligeira vantagem estatística para a Escola A, que obteve unanimidade. Enquanto na Escola A o sentimento de "descoberta" e aprendizado foi unânime, na Escola B o processo foi quase total, restando apenas uma pequena parcela que não se sentiu contemplada pelo método. Em termos gerais, o comparativo reforça que a utilização de aparatos manufaturados via impressão 3D é uma estratégia facilitadora robusta em ambos os contextos. Sob a ótica de Ausubel, esses altos índices de percepção de aprendizado em ambas as escolas comprovam que os experimentos serviram como "organizadores prévios" eficazes, permitindo que a nova informação fosse ancorada de forma significativa pela vasta maioria dos discentes.

Em relação à terceira questão, na Escola A (gráfico 23), os dados revelam que, para a vasta maioria, a utilização de kits físicos é uma vivência escassa: 83,3% dos discentes afirmaram nunca ter visto outro experimento de Física nas aulas em geral. Apenas uma parcela reduzida de 16,7% indicou já ter tido algum contato anterior com práticas dessa natureza. Esse cenário evidencia que a intervenção pedagógica com aparatos em 3D não apenas supriu uma lacuna de conteúdo, mas preencheu um vazio metodológico crônico, apresentando-se como uma novidade didática impactante para quase toda a turma.

Gráfico 23: Dados coletados onde os alunos da escola A expressam sua familiaridade com kits experimentais de física.

3) Você já tinha visto algum outro experimento de física nas aulas de física em geral?

12 respostas



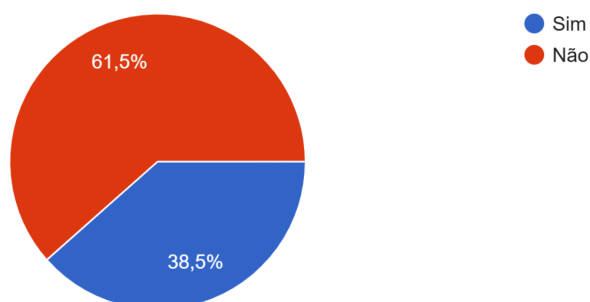
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 24), os resultados indicam uma exposição ligeiramente maior a atividades práticas, embora a carência ainda seja o fator predominante. Dos 13 alunos respondentes, 61,5% afirmaram nunca ter tido contato com experimentos de Física anteriormente, enquanto 38,5% relataram já ter visto alguma prática em suas aulas. Embora o índice de "ineditismo" seja menor do que o registrado na Escola A, ele ainda atinge mais da metade da turma. Isso reforça que, mesmo em ambientes onde a experimentação já ocorreu de forma pontual, a introdução de materiais específicos e manipuláveis, como os desenvolvidos nesta pesquisa, mantém um caráter inovador e necessário.

Gráfico 24: Dados coletados onde os alunos da escola B expressam sua familiaridade com kits experimentais de física.

3) Você já tinha visto algum outro experimento de física nas aulas de física em geral?

13 respostas



Fonte própria.

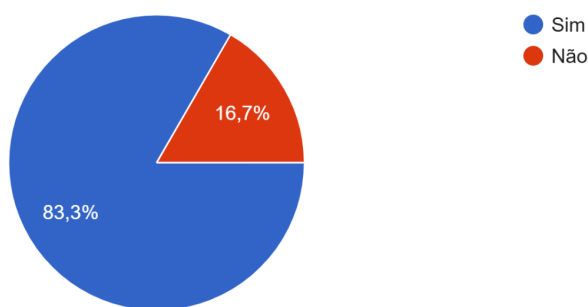
O confronto entre as duas instituições revela um denominador comum: o déficit de aulas práticas no ensino de Física. A Escola A apresenta uma carência mais profunda (83,3% sem contato prévio) em comparação à Escola B (61,5%). Essa diferença sugere que a Escola B pode possuir um histórico de atividades

laboratoriais ou demonstrativas um pouco mais ativo, mas insuficiente para atingir a totalidade dos alunos de forma marcante. O ponto crucial do comparativo é que, em ambas as realidades, a intervenção com os kits de impressão 3D foi recebida por um público que, em sua maioria, não está habituado a "fazer ciência" de forma tátil. Essa "fome de experimentação" explica a alta taxa de engajamento e satisfação observada nas questões anteriores, uma vez que a novidade metodológica atua como um forte estímulo motivacional.

A quarta questão do pós-teste revelou um impacto profundo na relação dos alunos com a matéria. Na Escola A (gráfico 25), dos 12 alunos respondentes, 83,3% (10 alunos) afirmaram que agora gostam de estudar Física, enquanto apenas 16,7% (2 alunos) mantiveram uma postura negativa. Se compararmos esse dado com o diagnóstico inicial, onde o medo e a sensação de incapacidade eram predominantes, percebe-se que a intervenção com os kits em 3D não apenas ensinou conceitos, mas resgatou a autoestima desses estudantes. O "gostar" aqui relatado é o resultado direto de uma aula onde eles deixaram de ser espectadores de fórmulas para se tornarem protagonistas da experimentação.

Gráfico 25: Dados coletados na escola A para entender interesse dos alunos pela disciplina.

4) Você gosta de estudar a disciplina de física ?
12 respostas



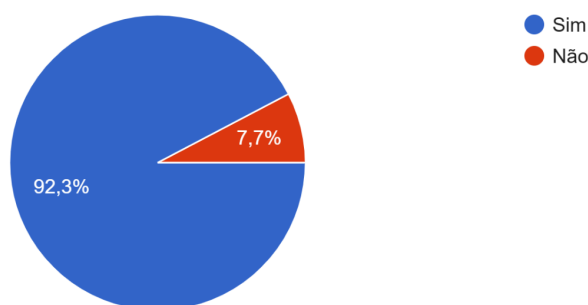
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 26), o índice de satisfação com o estudo da disciplina foi ainda mais expressivo, atingindo 92,3% (12 dos 13 alunos). Apenas um aluno (7,7%) indicou não gostar da disciplina. Esse resultado demonstra que a metodologia ativa e manipulável encontrou um solo fértil nesta unidade escolar, consolidando um interesse que já era latente em alguns, mas que se tornou quase unânime após as práticas. A alta taxa de aprovação reforça que a visualização

concreta dos fenômenos eletromagnéticos retira o peso da abstração excessiva, tornando o estudo mais prazeroso e menos cansativo.

Gráfico 26: Dados coletados na escola B para entender interesse dos alunos pela disciplina.

4) Você gosta de estudar a disciplina de física
13 respostas



Fonte própria.

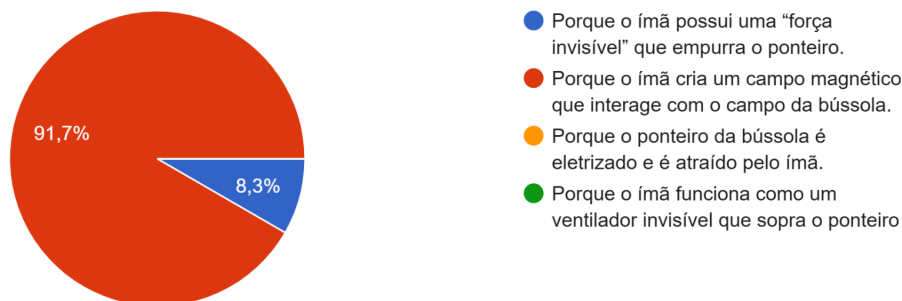
Ao confrontarmos as duas instituições, observamos que o "gosto pela Física" atingiu patamares altíssimos em ambos os contextos, com uma ligeira vantagem estatística para a Escola B (92,3% contra 83,3%). O ponto fundamental deste comparativo é a mudança de clima escolar: em ambas as escolas, a esmagadora maioria dos alunos agora se declara favorável ao estudo da disciplina. Sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa, essa "predisposição para aprender" é o requisito básico para que o conhecimento não seja apenas memorizado para uma prova, mas incorporado à estrutura cognitiva do aluno de forma duradoura. A tecnologia da impressão 3D, portanto, provou ser um catalisador de interesse tanto na escola com histórico de maior trauma (A) quanto na de maior engajamento prévio (B).

Os resultados da quinta questão demonstram um alto índice de acerto técnico após a intervenção. Na Escola A (gráfico 27), dos 12 alunos respondentes, 91,7% (11 alunos) identificaram corretamente que o movimento do ponteiro da bússola ocorre porque o ímã cria um campo magnético que interage com o campo da própria bússola. Apenas um aluno (8,3%) optou pela resposta baseada no senso comum de uma "força invisível" que empurra o ponteiro. Esse dado revela que a visualização prática permitida pelos kits em 3D foi eficaz para substituir explicações abstratas por conceitos científicos sólidos na quase totalidade da turma.

Gráfico 27: Dados da escola A, onde os alunos expressam seus conhecimentos técnicos sobre o tema.

5) Quando aproximamos uma bússola de um ímã, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

12 respostas



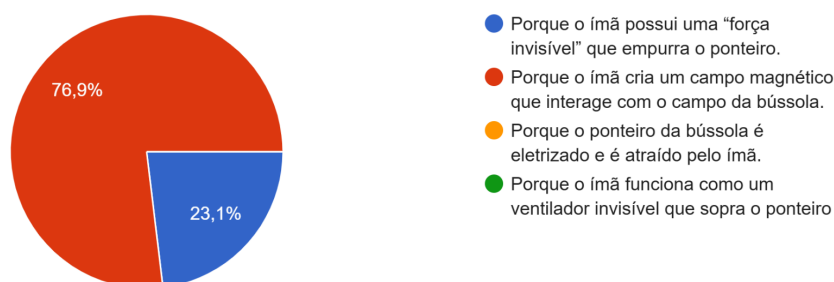
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 28), a maioria dos discentes também demonstrou compreensão do fenômeno, com 76,9% (10 dos 13 alunos) escolhendo a alternativa correta sobre a interação de campos magnéticos. Entretanto, observou-se uma resistência maior do senso comum nesta unidade, onde 23,1% (3 alunos) ainda atribuíram o movimento a uma "força invisível" que empurra o objeto. Apesar de ser um resultado positivo, ele indica que, para uma parcela da turma, a transição do pensamento intuitivo para o científico ainda estava em processo de maturação no momento do pós-teste.

Gráfico 28: dados da escola B, onde os alunos expressam seus conhecimentos técnicos sobre o tema.

5) Quando aproximamos uma bússola de um ímã, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

13 respostas



Fonte própria.

Ao confrontarmos os dados, percebe-se que a Escola A obteve um desempenho superior na consolidação do conceito de campo magnético (91,7% contra 76,9%). Enquanto na Escola A o erro foi residual, na Escola B quase um quarto da turma ainda não havia abandonado totalmente a ideia de uma "força de contato invisível". Essa diferença pode refletir as disparidades de base identificadas

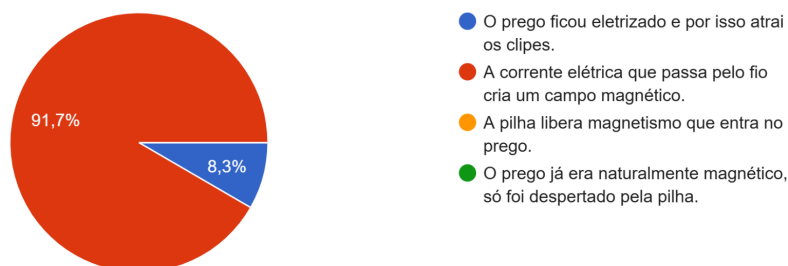
no pré-teste, sugerindo que a Escola A conseguiu uma ancoragem mais uniforme do conteúdo. No entanto, o ponto crucial é que, em ambas as instituições, a explicação científica tornou-se a visão predominante, validando o uso dos experimentos como ferramentas de correção conceitual.

Quando se trata da sexta questão, na Escola A (gráfico 29), os resultados demonstram uma sólida assimilação da relação entre eletricidade e magnetismo. Dos 12 alunos que participaram do pós-teste, 91,7% (11 alunos) identificaram corretamente que o prego passa a atrair cliques porque a corrente elétrica que percorre o fio cria um campo magnético ao seu redor. Apenas um aluno (8,3%) apresentou a concepção errônea de que o prego teria ficado apenas "eletrizado". Este alto índice de acerto sugere que a manipulação direta do eletroímã permitiu ao grupo visualizar a causalidade do fenômeno de forma clara, superando confusões conceituais comuns.

Gráfico 29: Dados da escola A relacionando corrente elétrica e campo magnético.

6) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:

12 respostas



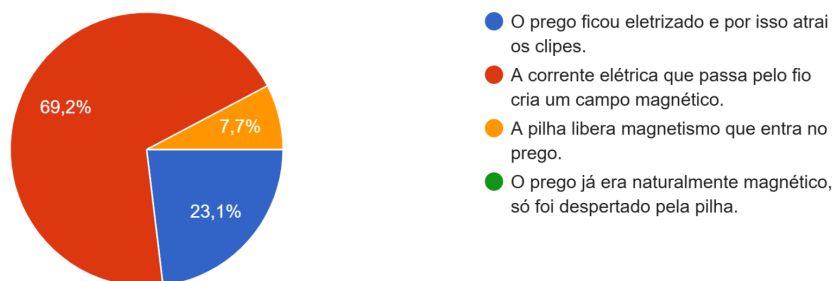
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 30), o cenário técnico da sexta questão revelou-se mais complexo. Embora a maioria, 69,2% (9 dos 13 alunos), tenha assinalado a alternativa correta sobre a criação de um campo magnético via corrente elétrica, houve uma fragmentação considerável nas demais respostas. Um grupo de 23,1% (3 alunos) afirmou que o prego ficou apenas "eletrizado", evidenciando uma persistência na confusão entre fenômenos elétricos e magnéticos. Além disso, 7,7% (1 aluno) atribuiu o efeito ao fato de a pilha "liberar magnetismo" que entra no prego. Esses dados indicam que, apesar do engajamento prático, as barreiras conceituais nesta unidade foram mais resistentes, exigindo uma mediação teórica ainda mais pontual.

Gráfico 30: Dados coletados na escola B em que os alunos relacionam corrente elétrica com campo magnético.

6) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:

13 respostas



Fonte própria.

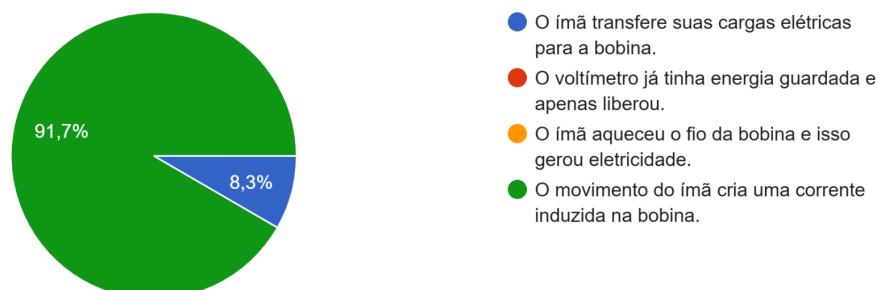
O confronto entre as unidades revela uma disparidade notável no rendimento técnico: a Escola A atingiu 91,7% de acertos, contra 69,2% na Escola B. Enquanto na Escola A o conceito de campo magnético gerado por corrente foi quase unânime, na Escola B quase um terço da turma ainda manteve explicações alternativas ou baseadas em eletrostática. Essa diferença sugere que o experimento do eletroímã teve um impacto de "correção conceitual" mais imediato na Escola A. Na Escola B, o resultado aponta que a transição do senso comum para o saber científico é um processo mais gradual, reforçando a importância de ciclos de experimentação repetidos para consolidar a ancoragem de conceitos físicos complexos.

Os resultados da sétima questão, na Escola A (gráfico 31), demonstram que a grande maioria dos discentes conseguiu transpor a observação prática para o conceito científico formal. Dos 12 alunos, 91,7% (11 alunos) acertaram a questão, identificando que o movimento relativo entre o ímã e a bobina cria uma corrente induzida. Apenas um aluno (8,3%) manteve a concepção errônea de que haveria uma "transferência de cargas" do ímã para o fio. Esse alto índice de aproveitamento indica que a visualização do galvanômetro/voltímetro reagindo ao movimento do ímã foi um subsunçor extremamente eficiente para a aprendizagem significativa nesta unidade.

Gráfico 31: Dados coletados na escola A, onde os alunos expressam seu conhecimento em relação às leis de Faraday.

7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:

12 respostas



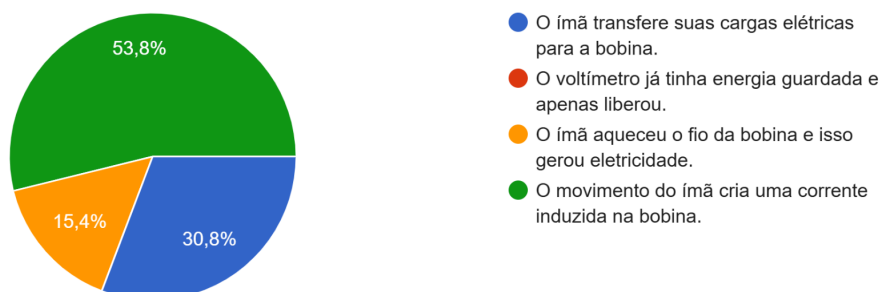
Fonte própria.

Na Escola B (gráfico 32), revelou um cenário de maior dificuldade técnica. Apenas 53,8% dos alunos (7 de 13 respondentes) chegaram à resposta correta. O restante da turma dividiu-se em explicações que remetem ao senso comum ou a interpretações físicas equivocadas: 30,8% (4 alunos) acreditaram que o ímã transfere cargas elétricas para a bobina, e 15,4% (2 alunos) atribuíram a geração de eletricidade ao aquecimento do fio pelo ímã. Esses dados sugerem que, embora tenham participado das práticas, uma parcela considerável da turma não conseguiu desvincular o fenômeno magnético da ideia de "fluxo de matéria" (cargas ou calor), evidenciando a complexidade inerente ao conceito de campo variável.

Gráfico 32: Dados coletados na escola B, onde os alunos expressam seu conhecimento em relação às leis de Faraday.

7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:

13 respostas



Fonte própria.

A comparação entre as duas instituições neste tópico revela a maior disparidade técnica registrada até o momento: 91,7% de acerto na Escola A contra apenas 53,8% na Escola B. Enquanto na Escola A a indução eletromagnética foi

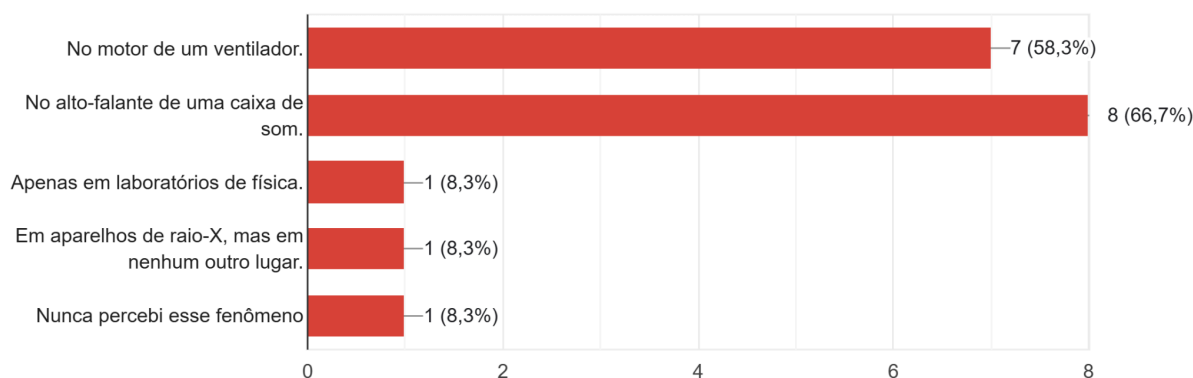
compreendida de forma quase unânime, na Escola B o conceito gerou dúvidas em quase metade da classe. Essa diferença reforça a tese de que a eficácia da experimentação pode variar conforme a mediação e o nível de abstração prévio dos alunos. Para a Escola B, o resultado indica que o experimento com os kits em 3D, embora motivador, precisaria ser acompanhado de uma discussão teórica mais exaustiva sobre a natureza da corrente induzida para suplantiar as ideias intuitivas de "transferência de carga".

Na oitava questão (gráfico 33), buscou-se avaliar a capacidade dos discentes da Escola A em transpor o conhecimento acadêmico para situações do dia a dia. Os dados indicam um avanço significativo na percepção ambiental: 66,7% dos alunos reconhecem a aplicação do eletromagnetismo em alto-falantes de caixas de som, e 58,3% o identificam no funcionamento de motores de ventiladores. Apenas uma parcela residual de 8,3% (1 aluno) afirmou nunca ter percebido tais fenômenos. Esse resultado demonstra que a intervenção com os kits em 3D foi eficaz em retirar a disciplina do isolamento do livro didático, conferindo-lhe utilidade prática e reconhecimento visual na rotina dos estudantes.

Gráfico 33: Dados coletados na escola A para exibir a percepção dos alunos quanto ao fenômeno de eletromagnetismo no seu cotidiano.

8) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação

12 respostas



Fonte própria.

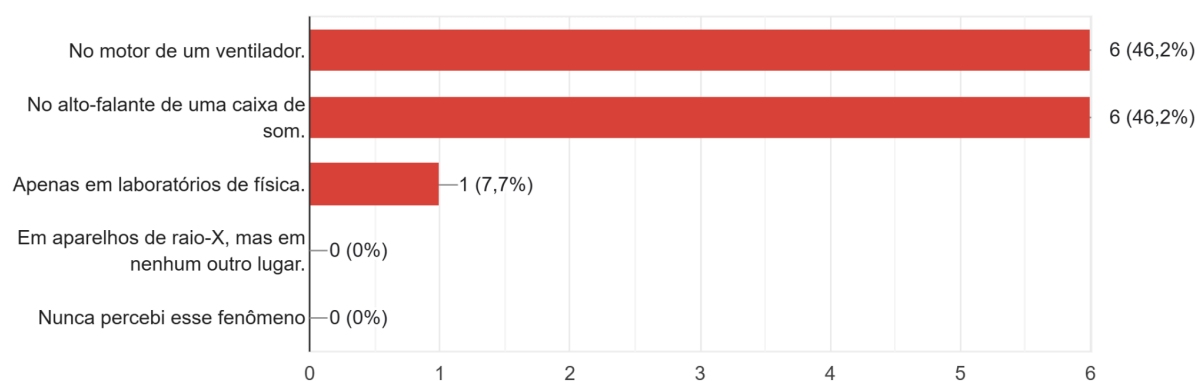
Na Escola B (gráfico 34), a percepção de aplicabilidade também se mostrou presente, embora de forma ligeiramente mais distribuída. 46,2% dos discentes (6 alunos) conseguiram identificar o eletromagnetismo tanto em motores de ventiladores quanto em alto-falantes. Um ponto positivo nesta unidade é que nenhum aluno (0%) respondeu que "nunca percebeu esse fenômeno", indicando

que a intervenção foi bem-sucedida em despertar a observação física em todos os participantes. Entretanto, um aluno (7,7%) ainda restringe a aplicação da Física "apenas a laboratórios", o que sugere uma visão mais acadêmica e menos integrada ao cotidiano.

Gráfico 34: Dados coletados na escola B para exibir a percepção dos alunos quanto ao fenômeno de eletromagnetismo no seu cotidiano.

8) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação

13 respostas



Fonte própria.

Ao compararmos as duas realidades, a Escola A demonstrou uma facilidade maior em citar exemplos específicos do cotidiano, atingindo índices acima de 58% em ambas as categorias principais (motores e alto-falantes). Na Escola B, o reconhecimento foi sólido, mas em uma escala percentual menor (46,2%) para os mesmos itens. O dado mais relevante deste comparativo é a erradicação da "invisibilidade" do fenômeno na Escola B, onde todos os alunos passaram a notar o eletromagnetismo em algum lugar, enquanto na Escola A ainda restou um foco isolado de desconexão (8,3%). No geral, os experimentos com motores e indução permitiram que os alunos de ambas as instituições construíssem uma "ponte cognitiva" entre o laboratório e suas casas.

Questão 9 funcionou como o teste definitivo da transição entre o saber sensível (o que viram nos kits em 3D) e o saber inteligível (a capacidade de explicar o fenômeno). Na Escola A o resultado foi altamente positivo, revelando que a maioria dos discentes não apenas memorizou uma definição, mas compreendeu a utilidade física das linhas de campo como uma ferramenta de mapeamento.

Chama a atenção a precisão terminológica de vários alunos. Algumas respostas poderiam ser expressas facilmente em livros didáticos de ensino médio, o que demonstra uma ancoragem profunda do conteúdo, como por exemplo, respostas como: "Linhas de campo de um ímã são linhas imaginárias que mostram a direção e a força do campo magnético, saindo do polo norte e entrando no polo sul do ímã." ou ainda, "Linhas de campo de um ímã são curvas imaginárias usadas para representar como o campo magnético se organiza ao redor de um ímã."

Essas falas comprovam que os alunos assimilaram três pilares fundamentais: a natureza abstrata (imaginária), a função representativa (mostrar a força/organização) e a orientação espacial (Norte para o Sul). O fato de citarem a saída e entrada nos polos indica que o experimento com a limalha de ferro permitiu que eles "enxergassem" o fluxo magnético.

Respostas como: "Representação visual de força e direção do campo magnético." e "São representações visuais que mostram como o campo magnético se comporta ao redor do ímã." mostram que outros alunos focaram na função visual da ferramenta, o que está diretamente ligado à proposta dos kits de impressão 3D. O uso das palavras "comporta" e "visual" é chave. Sob a ótica de Ausubel, o material potencialmente significativo (os kits) serviu para que o aluno criasse uma imagem mental clara de algo que, até então, era invisível.

Por outro lado, apesar do sucesso quase geral, uma resposta em particular chama a atenção por representar o que resta de dúvida: "São as camadas?" O aluno não demonstra segurança em sua resposta ao adicionar o ponto de interrogação, embora tenha percebido que existe uma estrutura organizada ao redor do ímã, ainda não conseguiu nomeá-la ou defini-la tecnicamente. Ele utiliza o termo "camadas", o que sugere uma interpretação espacial (como as camadas de uma cebola ou da atmosfera), mas carece da abstração necessária para entender a linha como um vetor de força. É um erro valioso para a pesquisa, pois mostra que para uma pequena parcela da turma (aprox. 8%), a visualização física ainda não se traduziu totalmente em linguagem científica, parando na fase da analogia geométrica.

Em suma, a Escola A demonstrou um domínio semântico da Física que raramente é visto em turmas de educação básica sem o apoio da experimentação constante. Os alunos deixaram de descrever "o que o ímã faz" para descrever "o que o campo magnético é".

Na Escola B, as respostas discursivas indicam que a maioria dos alunos conseguiram absorver a definição científica de linhas de campo, utilizando termos precisos como "intensidade", "região" e "direção". Entretanto, o grau de segurança e o domínio da linguagem técnica não foram unânimes como na unidade anterior, revelando que o processo de ancoragem do conhecimento enfrentou maiores resistências subjetivas.

Muitos alunos demonstraram um excelente domínio da terminologia física, sendo capazes de descrever a natureza e a função das linhas de campo com clareza acadêmica, isso pode ser confirmado observando respostas como: "As linhas de campo magnético de um ímã são representações visuais imaginárias da direção e da intensidade do campo magnético na região ao redor do ímã." e também, "São linhas imaginárias, ou uma representação visual, usadas para descrever a direção e a intensidade do campo magnético na região ao redor do ímã." Essas respostas sugerem que, para este grupo, a visualização dos experimentos com os kits 3D forneceu o suporte necessário para que a teoria fosse compreendida como um mapeamento de uma região espacial, e não apenas como um fenômeno isolado. O uso recorrente do termo "representação visual" confirma que o caráter tátil e visível da intervenção pedagógica foi o principal facilitador dessa construção mental.

Por outro lado, também é possível encontrar respostas que divergem do padrão técnico e oferecem uma visão valiosa sobre as dificuldades de abstração de alguns discentes, como por exemplo: "Se eu não me engano é a 'borda' do campo magnético." Este aluno tentou criar uma analogia espacial. O uso do termo "borda" sugere que ele percebe o campo como um objeto ou um território com limites físicos, mas ainda não compreende a linha de campo como um vetor que atravessa todo o espaço. Ele "viu" o limite da atuação do ímã no experimento, mas não conseguiu formalizar o conceito de fluxo. Seguindo no mesmo caminho, alunos que responderam: "Não sei.", indica que, apesar da aceitação 100% positiva das

práticas (visto na Questão 1), a transição para a linguagem escrita e teórica ainda representa uma barreira intransponível para alguns alunos, reforçando que o "gostar da aula" nem sempre se traduz imediatamente em "dominar o conceito".

Algumas respostas optaram por simplificações que, embora corretas, demonstram uma linguagem menos formalizada, como : "São desenhos que mostram a direção e a intensidade do campo magnético de um ímã." O termo "desenhos" em substituição a "representações imaginárias" ou "modelos" mostra que o aluno ancorou o conhecimento na imagem visual produzida durante a aula, tratando a Física de forma mais concreta e menos abstrata.

O confronto das respostas discursivas entre as duas escolas revela um fenômeno pedagógico curioso. Na Escola A, os alunos foram mais específicos quanto aos pólos do ímã (citando frequentemente a saída do Norte e entrada no Sul), demonstrando uma visão mais detalhada da mecânica do campo. Na Escola B, o foco foi mais generalista, priorizando a definição de que as linhas servem para mostrar "direção e intensidade".

Um ponto de destaque é que a Escola A, que inicialmente era a unidade com mais resistência e "medo" da disciplina, apresentou respostas discursivas mais assertivas e confiantes. Já a Escola B, apesar de manter um alto nível, apresentou as únicas respostas de "não sei" ou analogias limitantes como "borda". Isso sugere que, para a Escola A, a intervenção teve um efeito de "alfabetização científica" mais profundo, enquanto na Escola B, ela serviu para consolidar um conhecimento que ainda convive com dúvidas residuais. Em ambos os casos, a substituição de termos como "força invisível" por "representações imaginárias" marca o sucesso da sua proposta em elevar o nível de debate científico nas duas turmas.

4.3.1 Análise da Evolução Conceitual e Experimental: pré-teste e pós-teste

A análise do desenvolvimento pedagógico na Escola A revela um dos pontos mais altos desta pesquisa, caracterizando-se por uma verdadeira transição de paradigma. No estágio inicial, registrado pelo pré-teste, a instituição apresentava um cenário de profunda resistência afetiva e bloqueios cognitivos em relação à

Física. A maioria dos alunos (65,2%) declarava abertamente não gostar da disciplina, associando-a a sentimentos de medo e incapacidade. Tecnicamente, os subsunçores eram frágeis: havia uma confusão persistente entre os conceitos de eletricidade e magnetismo, com uma parcela significativa da turma atribuindo o funcionamento de dispositivos magnéticos a processos de "eletrização" comum. Entretanto, a aplicação dos kits experimentais produzidos em impressão 3D funcionou como um catalisador de mudança. No pós-teste, os alunos demonstraram uma inversão estatística impressionante, onde 83,3% dos discentes passaram a afirmar que gostam de estudar a disciplina. Mais do que a mudança de postura, o ganho técnico foi notável: o índice de acerto sobre a relação entre corrente elétrica e campo magnético subiu para 91,7%, indicando que a manipulação tátil do motor de faraday permitiu a correção de conceitos que a teoria pura não havia conseguido sedimentar. A capacidade discursiva dos alunos também evoluiu, saindo de explicações baseadas em "forças invisíveis" para descrições formais sobre linhas de campo imaginárias e orientação de polos, consolidando uma alfabetização científica robusta.

Na Escola B, a evolução seguiu uma trajetória de consolidação e refinamento de um interesse que já se mostrava presente, embora de forma menos estruturada. Inicialmente, a escola apresentava um nível de engajamento superior à Escola A, com 53% dos alunos demonstrando algum apreço pela disciplina no pré-teste. Contudo, persistiam lacunas conceituais severas, especialmente no entendimento da invisibilidade dos campos e na aplicação do eletromagnetismo em contextos reais, onde muitos alunos acreditavam que tais fenômenos eram restritos a ambientes de laboratório. Após a intervenção com o produto educacional, a Escola B atingiu um patamar de quase unanimidade no engajamento, com 92,3% de respostas positivas quanto ao gosto pela disciplina. Do ponto de vista técnico, os alunos demonstraram um avanço sólido na identificação de fenômenos do cotidiano, erradicando a percepção de que a Física era algo distante da realidade. No entanto, o conceito de indução eletromagnética revelou-se um desafio maior nesta unidade em comparação à Escola A, com um índice de acerto de 53,8%, sugerindo que, apesar do grande avanço, certas barreiras conceituais sobre a natureza da corrente induzida exigiram um esforço de abstração que ainda estava em processo de maturação no momento da coleta final.

Ao compararmos o progresso das duas instituições para determinar qual delas obteve o maior avanço com o uso dos kits experimentais, os dados apontam para a Escola A. Embora a Escola B tenha terminado o processo com índices de satisfação ligeiramente superiores em alguns quesitos, foi na Escola A que o impacto da intervenção foi mais transformador. A Escola A partiu de um estado de negação e trauma acadêmico para atingir níveis de acerto técnico em questões complexas (como a Lei de Faraday e a definição de linhas de campo) superiores aos da Escola B. O salto qualitativo na Escola A não foi apenas um acréscimo de informações, mas uma mudança completa na estrutura cognitiva e emocional dos alunos, provando que o kit experimental em 3D é uma ferramenta de inclusão científica capaz de reverter históricos de desinteresse e transformar a percepção de uma disciplina considerada "difícil" em uma experiência de aprendizado prazerosa e tecnicamente precisa.

4.4 Percepção Docente: Uma Análise Qualitativa da Intervenção

Este tópico dedica-se à análise da visão do Professor “Y”, que atuou como aplicador do projeto na Escola B. Os dados foram coletados por meio de uma entrevista semiestruturada conduzida pelo professor pesquisador, com o intuito de elucidar pontos fundamentais da intervenção, como o engajamento discente e a eficácia pedagógica dos materiais. Por se tratar de uma abordagem semiestruturada, a dinâmica baseou-se em um roteiro prévio, mas permitiu ao pesquisador realizar questionamentos espontâneos e pertinentes à realidade escolar encontrada, garantindo profundidade à coleta qualitativa.

A investigação iniciou-se questionando se o interesse pela tecnologia de impressão 3D teria desviado o foco dos conceitos físicos. O docente relatou que a recepção foi imediata e positiva, servindo como um potente elemento motivador. Segundo o seu relato, nas aulas estritamente teóricas — onde os conceitos são apresentados de forma expositiva — é comum que muitos alunos demonstrem desinteresse e até sonolência. Entretanto, ao visualizar os kits, o comportamento da turma se transformou: "assim que viram os materiais todos ficaram animados querendo saber do que se tratava". O professor observou que a manipulação dos kits despertou um interesse atípico, levando os discentes a questionarem: “então é aqui onde a física é aplicada?”. O entrevistado reforçou que a praticidade dos

materiais permitiu que alunos que não haviam assimilado a teoria anteriormente conseguissem compreender os fenômenos por meio da experiência direta.

Quanto à operacionalização das práticas, o docente observou que, embora alunos com maior defasagem tenham apresentado dificuldades pontuais, os demais demonstraram grande facilidade na montagem, integrando a atividade ao seu cotidiano. Um evento notável ocorreu na prática do motor homopolar, na qual um discente logrou êxito na montagem antes mesmo da explicação formal. Questionado sobre a adequação do tempo pedagógico, o professor afirmou que módulos de 50 minutos são suficientes para a integração entre teoria e prática, uma vez que "os materiais não são excessivamente complicados".

Ao avaliar o potencial dos kits, o Professor "Y" identificou neles uma solução prática para o excessivo tradicionalismo do sistema de ensino. Ele destacou que, embora a escola possua um laboratório, este carece de recursos para o ensino de Eletromagnetismo. Em suas palavras: "a impressão 3D será útil porque você consegue trabalhar coisas que não existem nos laboratórios tradicionais de ensino básico". Para o docente, o investimento em equipamentos fabricados digitalmente representa o futuro devido ao baixo custo e à facilidade de produção.

Ao ser indagado especificamente sobre a infraestrutura laboratorial da escola, o docente esclareceu que se trata de um laboratório de Ciências da Natureza, onde os recursos para Física são escassos e, no campo do Eletromagnetismo, inexistentes. "Quase não tem nada de física lá", enfatizou, apontando que os materiais impressos em 3D conferiram "vida" às aulas. Para ilustrar a precariedade local, o professor, após refletir, citou que o único item disponível para o estudo de Física era um pêndulo elástico para oscilador harmônico.

No tocante ao nível de participação, o docente classificou os experimentos como um sucesso, ressaltando o engajamento inclusive de alunos habitualmente retraídos. Contudo, pontuou que fatores externos, como a priorização excessiva de avaliações externas (SAEB) e a produção de vídeos institucionais, fragmentaram o contato com os alunos e geraram exaustão na reta final da intervenção. Apesar desses entraves logísticos, o professor destacou que a interação entre os grupos foi

constante e colaborativa: quando um grupo avançava na montagem, passava espontaneamente a auxiliar os demais.

O entrevistado confirmou que o uso de materiais físicos reduziu drasticamente a abstração inerente ao Eletromagnetismo. No caso do Motor de Faraday, o docente afirmou que os alunos compreenderam o funcionamento de um motor elétrico ao visualizarem que a indução de corrente elétrica a partir de um campo magnético "realmente funciona e não é criada do nada". No último experimento, os alunos demonstraram aprendizagem significativa ao associarem a transformação de energia mecânica em elétrica com o funcionamento de hidrelétricas e parques eólicos, percebendo a aplicabilidade do conceito para além da força humana.

Em relação a possíveis entraves, o professor mencionou a fragilidade de algumas peças que se danificaram durante o manuseio. No entanto, ponderou que isso não inviabiliza o uso, sugerindo a criação de estoques reserva e a impressão de peças mais robustas, o que é facilitado pela natureza da tecnologia. Sobre a aplicabilidade da impressão 3D em outros domínios da Física, o docente foi categórico: "você pode usar essa tecnologia em todo e qualquer conteúdo [...] mesmo na Física Moderna". Ele exemplificou, inclusive, o potencial inclusivo da ferramenta para o ensino de óptica para cegos, por meio da materialização da dispersão da luz em prismas.

Finalizando a entrevista, o Professor "Y" reafirmou sua inclinação para o ensino prático, declarando que, se a escola dispusesse de uma impressora 3D, envolveria os próprios alunos na modelagem e produção. A maior percepção retirada da experiência foi a versatilidade: enquanto métodos tradicionais de baixo custo (sucata) demandam tempo excessivo para adaptação de materiais heterogêneos como garrafas PET e borrachas, a impressão 3D unifica a produção e facilita os encaixes. "É um negócio muito versátil. Você consegue fazer de uma forma muito mais fácil uma coisa que demoraria muito tempo", concluiu o docente, ratificando a eficiência da fabricação digital como recurso didático transformador.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste trabalho permitem ratificar que os objetivos propostos foram plenamente alcançados, consolidando a impressão 3D como uma ferramenta pedagógica de alto valor para o ensino de Física. A pesquisa demonstrou que a utilização de kits experimentais customizados não apenas supriu a carência de infraestrutura laboratorial das escolas atendidas, mas também atuou como um elemento de ruptura com o ensino tradicional e meramente expositivo. Ao transformar conceitos abstratos do Eletromagnetismo em dispositivos táteis e funcionais, o projeto logrou êxito em converter a apatia e o desinteresse inicial dos estudantes em engajamento científico e participação ativa.

A metodologia adotada, pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, mostrou-se eficaz ao utilizar os kits como organizadores prévios que facilitaram a ancoragem de novos conceitos. A sequência didática, que uniu a fundamentação teórica à experimentação prática mediada por suportes intuitivos, permitiu que os discentes atravessassem a barreira da memorização de fórmulas para atingir a compreensão dos fenômenos. O protagonismo observado durante as montagens dos experimentos, como no caso do motor homopolar e das interações magnéticas, validou a premissa de que o aprendizado se torna mais robusto quando o aluno é convidado a investigar e manipular o objeto de estudo.

Os resultados quantitativos e qualitativos apresentaram uma evolução conceitual notável, especialmente na Escola A, que registrou um salto expressivo tanto no desempenho técnico quanto na aceitação da disciplina. A redução drástica dos erros conceituais — como a confusão entre eletricidade e magnetismo — e o aumento dos índices de acertos no pós-teste comprovam que a visualização do campo e da indução eletromagnética reduziu a carga de abstração do conteúdo. Além disso, a erradicação do sentimento de rejeição pela Física em grande parte da amostra evidencia que a experimentação de baixo custo e alta precisão é capaz de humanizar a disciplina e torná-la acessível.

A percepção docente coletada via entrevista corroborou os dados estatísticos, destacando a versatilidade da fabricação digital frente aos métodos artesanais. O relato sobre a escassez de materiais nos laboratórios de Ciências da Natureza reforça a relevância deste produto educacional como uma alternativa

viável e economicamente acessível para a rede pública de ensino. A constatação de que a impressão 3D unifica a produção, garante a precisão dos encaixes e permite a reprodutibilidade de experimentos complexos de forma rápida, posiciona esta tecnologia como um recurso estratégico para a modernização das práticas pedagógicas em diversas áreas da ciência.

Em conclusão, este trabalho oferece uma contribuição relevante ao campo do ensino de Física ao demonstrar que a inovação tecnológica, quando bem articulada com a teoria pedagógica, pode democratizar a ciência e fomentar o espírito crítico. A experiência vivida pelos alunos e validada pelo professor aplicador sugere que a inclusão sistemática da impressão 3D nas escolas pode ser o caminho para uma alfabetização científica mais eficaz e prazerosa. Espera-se que este estudo sirva de incentivo para que novas pesquisas explorem a versatilidade da fabricação digital em outros temas da Física, consolidando uma educação básica mais dinâmica, inclusiva e conectada com as tecnologias do século XXI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. **A atividade experimental no ensino de Física: reflexões e propostas**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 161-183, 1996.
- AUSUBEL, D. P. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016. **Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais**. Brasília: CNS, 2016.
- BARROSO, Itauany do Nascimento; REIS, Jéssica Flávia dos; AMORIM, Vanessa Pena Rezende. **Subjetividade na avaliação da aprendizagem**. Research, Society and Development, v. 10, n. 3, e18410313234, 2021.
- COELHO, R. O. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 202.101 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas.
- CARDOSO, Stenio Octávio de Oliveira; DICKMAN, Adriana Gomes. **Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, p. 891-912, 2012.
- CASTRO, E.; OLIVEIRA, U. T. V. **A entrevista semi estruturada na pesquisa qualitativa-interpretativa: um guia de análise processual**. Entretextos, Londrina, v. 22, n. 3, p. 25-45, 2022.
- CHIQUELTO, Marcos José. **O currículo de física do ensino médio no brasil: discussão retrospectiva**. Revista E-Curriculum, São Paulo, v. 7, n. 1, 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5646>. Acesso em: 27 de set. 2025.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.

EVANGELISTA, F. L.; SORDI, B. P.; PEREIRA, I. A.; BOMM, A. A. **De estudante para estudante: atividade experimental envolvendo Arduino, impressão 3D e Física**. Contraponto: Discussões Científicas e Pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação, Blumenau, v. 4, n. 5, p. 144-153, 2023.

FEYNMAN, R. **Lectures on Physics**. Massachusetts: Addison-Wesley, 2008

FRAZÃO, Leide Vânia Vieira Duarte; NAKAMOTO, Paula Teixeira. **Gamificação e sua aplicabilidade no Ensino Médio: uma revisão sistemática da literatura**. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, e141985235, 2020.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física de Feynman**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FRAZZON, Lúcia Morosini. **Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel**. Revista Pedagógica Unoesc-Chapecó, n. 3, 1999.

GATTI, B. A. **Formação de professores no Brasil: características e problemas**. Educação e Sociedade, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HESSEL, Roberto. **Laboratório caseiro: a lei de Faraday e a de Lenz**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 340-343, dez. 1999.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.

LOPES, A.; ARAÚJO, M. S. T. **Identificação de competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no ensino de Física no Ensino Médio**. REnCima - Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 11, n. 5, p. 1-18, 2020.

LACERDA, Maria Ribeiro et al. **Pesquisa-ação, pesquisa convergente assistencial e pesquisa cuidado no contexto da enfermagem: semelhanças e peculiaridades**. Revista Eletrônica de Enfermagem, Goiânia, v. 10, n. 3, p. 843-8, 2008. Disponível em: <http://www.fen.ufg.br/revista/v10/n3/v10n3a31.htm>. Acesso em: [22/11/25].

MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G. **Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. Atas... São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2009. p. 1-12.

MARTINS, R. A. **Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 36, n. 1, p. 5-23, 2019.

MARTINS, D. de Oliveira; TIZIOTTO, S. A.; CAZARINI, E. W. **Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) como ferramentas de apoio em Ambientes Complexos de Aprendizagem (ACAs)**. Associação Brasileira de Educação a Distância. v. 15, n. 8, p. 114 – 130, 2016. Disponível em: http://seer.abed.net.br/edicoes/2016/08_Ambientes_virtuais_aprendizagem.pdf. Acessado em: 28 set. 2025.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2012.

Moraes, J. U. P., & Araújo, M. S. T. (2012). **O ensino de física e o enfoque ctsa: caminhos para uma educação cidadã**. (1A ed.). Livraria da física.

MORAES, R.; MOREIRA, M. A. **O ensino de Ciências e a BNCC: avanços e contradições**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 24, n. 2, p. 312-329, 2019.

MOREIRA, I. C. **Feynman e suas conferências sobre o ensino de física no Brasil**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 40, n. 4, e4203, 2018

MONCEAU, Gilles. **Transformar as práticas para conhecê-las: pesquisa-ação e profissionalização docente**. Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. [S. l.: s. n.], 2005.

MARQUES, Nelson Luiz Reyes. **Motor elétrico de indução: “uma das dez maiores invenções de todos os tempos”**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. 1, p. 114-135, abr. 2012.

MACHADO, Gustavo de Oliveira et al. **Projeto otimizado e análise por elementos finitos de um motor a relutância variável 8/6 tetrafásico**. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e23411225681, 2022.

MEDEIROS, Emerson Avelino; SANTOS, Lara Fernandes dos. **Motor elétrico de Faraday – um marco no desenvolvimento da física e um experimento para remontar em sala de aula**. Revista do Professor de Física, Brasília, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2017.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2013.

MOURA, Ailson Pereira de; MOURA, Adriano Aron Freitas de; LEMOS, Herick Talles Queiroz. **Estudo de indução de tensão de campos eletromagnéticos de LT em oleodutos industriais usando um simulador didático**. Revista de Enseñanza de la Física, v. 32, n. 1, p. 175-187, 2020.

MORAN, J. M. **Contrapontos**, v. 4, n. 2, p. 347-356, Itajaí, maio/ago. 2004.

NÓVOA, A. **Professores: imagens do futuro presente**. Lisboa: Educa, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Eletromagnetismo** (vol. 3). 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

PIETROCOLA, M. **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. São Paulo: Editora Cortez, 2005.

RAMOS, Ari Alex; HAMDAN, Amer Cavalheiro. **O crescimento da avaliação neuropsicológica no Brasil: uma revisão sistemática**. Psicologia: Ciência e Profissão, v. 36, n. 2, p. 471-485, abr./jun. 2016.

REZENDE, Flavia; OSTERMANN, Fernanda. **A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 3, p. 316-337, dez. 2005.

SANTOS, Antonio Marques dos; CAMINHA, Sandra Maria de Sousa; SILVEIRA, Brunna ds Costa. **A implantação da ciência, tecnologia e sociedade no ensino de física do Instituto Federal do Maranhão: uma proposta de intervenção metodológica**. Research, Society and Development, Itabira, v. 9, n. 8, p.e367984546-e367984546, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4546> . Acesso em: 28 set. 2025.

SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; FERREIRA, Marcello; POLITO, Antony Marco Mota; COELHO, André Luís Miranda de Barcellos. **Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de Física**. Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora:UFJF, v. 11, n. 1, p. 1-33, e32564, jan./jun. 2021. ISSN 2237-9444. DOI: <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2021.v11.32564> .

SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; FERREIRA, Marcello. **Teorias da aprendizagem e da educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman.** Revista do Professor de Física, Brasília, v. 2, n. 2, 2018.

SILVA, João Batista da. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias = David Ausubel's Theory of Meaningful Learning: an analysis of the necessary conditions = La Teoría Del Aprendizaje Significativo de David Ausubel: un análisis de las condiciones necesarias.** [S.l.: s.n.], 2020. Publicado em 13 mar. 2020.

SILVA, Bruna Karl Rodrigues da; SILVA, Ricardo Monteiro da; FERNANDES, João Paulo. **Projeto “usinas”: uma sequência didática embasada na perspectiva cts para a abordagem do tema energia.** Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Bogotá, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15004> . Acesso em: 02 out. 2025.

SOUZA, R. C.; KIRNER, C. **Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo usando recursos de realidade aumentada.** Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2011.

SANTOS, Thiago Baldim dos et al. **Avaliação do Impacto da Robustez na Estimação de Fluxo Magnético para os Controles Preditivos de Torque e Corrente.** In: IX Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), 2022.

SIEPAMANN, Michel Rodrigo; SANTOS, Artur Vitorio Andrade; ALVES, Kariston Dias; LUNA, José Diogo Forte de Oliveira; SOUZA, Rafael Pissinati de. **Retrofitting de impressora 3D com monitoração e impressão online.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 8, n. 12, p. 80416-80438, dez. 2022

SOUZA, Raryel Costa; KIRNER, Claudio. **Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo usando recursos de realidade aumentada.** Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 1-20, jul. 2011.

SILVA, J.; LIMA, T. **Dificuldades conceituais no ensino de eletromagnetismo.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 12, n. 3, p. 22-40, 2021.

SILVA, João Batista da. **A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições necessárias.** Research, Society and Development, v. 9, n. 4, e09932803, 2020

SOUZA, R. C.; KIRNER, C. **Ensino e aprendizagem de eletromagnetismo usando recursos de realidade aumentada.** Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2011.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, N. **Applets en la enseñanza de la física**. Enseñanza de Las Ciencias, v. 21. n. 3, p. 463-472, 2003.

ANEXO A - PRÉ-TESTE

Acesse também pelo link: <[pré e pós teste - Google Drive](#)>

PRÉ-TESTE

Este questionário faz parte de um projeto de pesquisa de trabalho de conclusão de curso (TCC). E, tem como principal objetivo entender a percepção dos alunos em relação ao conteúdo de eletromagnetismo estudado na disciplina de física. Essa análise é de extrema importância para que novas metodologias venham a ser desenvolvidas a fim de melhorar o processo de ensino e aprendizagem sobre o tema em questão. É importante mencionar que sua participação é totalmente sigilosa, tendo em vista que apenas os dados são importantes para essa pesquisa. Então responda com seriedade e tranquilidade. Desde já, agradeço!

1) O que é física para você?

- a) É apenas uma disciplina que não faz sentido estudar, e que a escola coloca para que os alunos não fiquem sem fazer nada
- b) É algum tipo de ciência que serve para alguma coisa
- c) É a parte da ciência que estuda os fenômenos da natureza
- d) Não sei do que se trata

2) Baseada em sua resposta anterior, responda. Você gosta de estudar física?

3) Pensando no que você estuda nas aulas de física. O que faz surgir esse pensamento em relação ao estudo da física?

- a) Gosto, pois acho interessante
- b) Não entendo, mas acho interessante
- c) Gosto
- d) Não me atrai a forma como o professor ensina
- e) Por causa dos cálculos
- f) Não consigo entender, por isso não gosto

4) Quando aproximamos uma bússola de um ímã em forma de barra, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

- a) Porque o ímã possui uma "força invisível" que empurra o ponteiro.

- b) Porque o ímã cria um campo magnético que interage com o campo da bússola.
 - c) Porque o ponteiro da bússola é eletrizado e é atraído pelo ímã.
 - d) Porque o ímã funciona como um ventilador invisível que sopra o ponteiro
- 5) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:
- a) O prego ficou eletrizado e por isso atrai os cliques.
 - b) A corrente elétrica que passa pelo fio cria um campo magnético.
 - c) A pilha libera magnetismo que entra no prego.
 - d) O prego já era naturalmente magnético, só foi despertado pela pilha.
- 6) Se dois fios paralelos conduzem corrente elétrica no mesmo sentido, o que acontece entre eles?
- a) Eles se repelem, porque cargas iguais se repelem.
 - b) Eles se atraem, pois os campos magnéticos interagem.
 - c) Nada acontece, pois apenas ímãs podem se atrair ou repelir.
 - d) Eles se eletrizam e descarregam faíscas entre si.
- 7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:
- a) O ímã transfere suas cargas elétricas para a bobina.
 - b) O movimento do ímã cria uma corrente induzida na bobina.
 - c) O voltímetro já tinha energia guardada e apenas liberou.
 - d) O ímã aqueceu o fio da bobina e isso gerou eletricidade.
- 8) Um elétron em movimento dentro de um campo magnético:
- a) Sempre para, pois o campo magnético "segura" as partículas.
 - b) Muda de trajetória, sofrendo uma força perpendicular ao movimento.
 - c) Acelera em linha reta, porque o campo dá energia ao elétron.

d) Nada acontece, pois apenas ímãs sofrem influência de campos magnéticos.

9) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação.

- a) No motor de um ventilador.
- b) No alto-falante de uma caixa de som.
- c) Apenas em laboratórios de física.
- d) Em aparelhos de raio-X, mas em nenhum outro lugar.

10) Observe a imagem e desenhe as linhas de campo.



ANEXO B - PÓS-TESTE

Acesse também pelo link: <[pré e pós teste - Google Drive](#)>

PÓS TESTE

Este formulário está diretamente relacionado aos experimentos realizados em sala de aula.

Suas respostas não serão identificadas por nomes, e serão apenas analisados os dados.

1) Você gostou dos experimentos?

☐ Sim ☐ Não

2) Você conseguiu aprender algo na utilização dos experimentos?

☐ Sim ☐ Não

3) Você já tinha visto algum outro experimento de física nas aulas de física em geral?

☐ Sim ☐ Não

4) Você gosta de estudar a disciplina de física ?

☐ Sim ☐ Não

5) Quando aproximamos uma bússola de um ímã, o ponteiro se move. Por que isso acontece?

- a) Porque o ímã possui uma "força invisível" que empurra o ponteiro.
- b) Porque o ímã cria um campo magnético que interage com o campo da bússola.
- c) Porque o ponteiro da bússola é eletrizado e é atraído pelo ímã.
- d) Porque o ímã funciona como um ventilador invisível que sopra o ponteiro

6) Se enrolarmos um fio em volta de um prego e ligarmos esse fio a uma pilha, o prego passa a atrair cliques de papel. Isso acontece porque:

- a) O prego ficou eletrizado e por isso atrai os cliques.
- b) A corrente elétrica que passa pelo fio cria um campo magnético.
- c) A pilha libera magnetismo que entra no prego.
- d) O prego já era naturalmente magnético, só foi despertado pela pilha.

7) Ao aproximar e afastar rapidamente um ímã de uma bobina ligada a um voltímetro, a agulha do voltímetro se move. Isso significa que:

- a) O ímã transfere suas cargas elétricas para a bobina.
- b) O voltímetro já tinha energia guardada e apenas liberou.
- c) O ímã aqueceu o fio da bobina e isso gerou eletricidade.
- d) O movimento do ímã cria uma corrente induzida na bobina.

8) Onde você já viu ou usou aplicações do eletromagnetismo no dia a dia? Marque a (as) alternativa (as) que melhor responde à indagação

- a) No motor de um ventilador.
- b) No alto-falante de uma caixa de som.
- c) Apenas em laboratórios de física.
- d) Em aparelhos de raio-X, mas em nenhum outro lugar.
- e) Nunca percebi esse fenômeno

9) O que são linhas de campo de um ímã?

ANEXO C -ROTEIRO DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

Acesse também pelo link: <[Roteiros experimentais - Google Drive](#)>

ROTEIRO EXPERIMENTAL - OBSERVANDO AS LINHAS DE CAMPO

Materiais usados

- 1 suporte impresso em 3D para gaveta (1);
- 1 gaveta impressa em 3D para ímãs (2);
- 1 bandeja impressa em 3D (3);
- 1 pote impresso em 3D para a preservação da limalha de ferro (4)
- 1 suporte impresso em 3D para ímãs de neodímio (5)
- 30g de limalhas de ferro (6)
- 2 ímãs de materiais eletrônicos reciclados (7);
- 2 ímãs de neodímio (8);
- 5 cópias do roteiro experimental impresso em papel A4 (9).

Montagem

Encaixe o suporte (5) no centro da gaveta (2). Insira o ímãs de neodímio (10) no suporte (5) e os ímãs (7) nos espaços vazios do (2). Encaixe cuidadosamente a gaveta (2) no suporte para gaveta (1). Sobre o suporte (1), coloque a bandeja (3). E, por fim, espalhe por dentro da bandeja (3) as limalhas de ferro contidas no pote (4).

Cuidados obrigatórios

- Não sobre a limalha de ferro em direção aos olhos dos colegas;
- Não leve as mão aos olhos ou a boca, caso entre em contato direto com a limalha de ferro;
- Em caso de acidente com o material, comunique o professor imediatamente;
- Em caso de dúvidas no manuseio do material, peça auxílio ao professor.

Observe o fenômeno e responda aos questionários.

- ☐ Por que as limalhas de ferro não se distribuem uniformemente na bandeja?
- ☐ O que aconteceria se colocasse os ímãs com pólos opostos?
- ☐ O que aconteceria se colocasse os ímãs com pólos iguais próximos uns dos outros?
- ☐ o que aconteceria se aumentasse a quantidade de ímãs?

Roteiro Experimental

Motor homopolar

A seguir serão descritos as instruções para a montagem e execução do experimento. É de extrema importância que você siga todas as instruções.

- **Materiais necessários:**

- 1 pilha AA;
- 1 parafuso 4 cm comprimento;
- 1 ímã de neodímio 12 x 3 mm N35;
- 1 Ímã de neodímio 5 x 1 mm N35;
- 1 Suporte para pilha impresso em 3D;
- 1 Fio de cobre de 20 cm de comprimento e área transversal de 1mm².

- **Procedimento experimental:**

Primeiro coloque todos os materiais dispostos em um lugar acessível. Insira a pilha AA no suporte para pilha de forma que a mesma 2,5 cm para forma na parte superior do suporte. Adicione o ímã de neodímio 5 x 1 mm no polo positivo da pilha. Adicione o ímã de neodímio 12 x 3 mm na cabeça do parafuso. Adicione o conjunto ímã parafuso no polo positivo da pilha AA. Passe o fio de cobre de 20 cm pelo orifício do suporte para pilha impresso em 3D e por fim, conecte um dos terminais do fio no polo negativo da pilhas AA e o outro terminal de forma a tocar o ímã.

- Responda os questionamentos a seguir:

1. O que despertou sua curiosidade no experimento?
2. o que achou do procedimento da montagem do experimento?
3. Explique o fenômeno que acabou de visualizar.
4. No seu cotidiano, onde você encontra o fenômeno observado?
5. Qual o papel do ímã no experimento?

3º Roteiro Experimental

Motor de Faraday

A seguir serão descritos as instruções para a montagem e execução do experimento. É de extrema importância que você siga todas as instruções.

- **Materiais necessários:**

- 1 pilha AA;
- 1 espira circular com 10 voltas;
- 1 ímã de neodímio 12 x 3 mm N35;
- 1 suporte para bobina impresso em 3D;
- 2 fio de cobre de 20 cm de comprimento e área transversal de 1mm³.

- **Procedimento experimental:**

Primeiro coloque todos os materiais dispostos em um lugar acessível. Insira ambos os fios em cada um dos orifícios do suporte da bobina, com a argolinha para cima. Após isso, insira a espira de forma que fique sobreposta ao suporte por meio das argolas. Insira a pilha AA no suporte. Para que o efeito seja visualizado, exerça uma pequena força na bobina para que comece a girar.

- Responda os questionamentos a seguir:

1. O que despertou sua curiosidade no experimento?
2. O que achou do procedimento da montagem do experimento?
3. Explique o fenômeno que acabou de visualizar.
4. No seu cotidiano, onde você encontra o fenômeno observado?
5. Qual o papel do ímã no experimento?
6. Por que a bobina gira?

ROTEIRO EXPERIMENTAL

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 1 motor DC 6V (1)
- 2 fios jumpers (2)
- 1 suporte para led impresso em (3)
- 1 suporte para motor impresso em 3D (4)
- 1 led (5)
- 1 base impresso com impressora 3D (6)
- 1 manivela impressa em 3D (7)
- 1 cola tek bond (8)
- 1 fita dupla face (9)
- 1 roteiro da prática experimental (10).

MONTAGEM DO APARATO EXPERIMENTAL

Fixe sobre a base (6) os suportes para led (3) e o suporte para motor (4), com o auxílio da cola tek bond (8) ou fita dupla face (9), de forma que ambos fiquem em lados opostos.

Posicione o motor DC 6V (1) no suporte (4).

Posicione o led no suporte (3).

Fixe a manivela (7) no motor DC 6V (1)

OBSERVANDO OS FENÔMENOS

Gire a manivela, observe e responda:

1. Descreva o fenômeno.
2. Quais transformações de energia estão ocorrendo?
3. Nesse experimento, qual a relação entre campo magnético e corrente elétrica?

ANEXO D - PLANOS DE AULAS

Acesse também pelo link: <[planos de aula - Google Drive](#)>

PLANO DE AULA	
Escola: CETI Liceu Parnaibano	
Professor: Helton de Sales Brito	
Disciplina: Física	Série: 3º ano
Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Introdução ao Eletromagnetismo: Levantamento de conhecimentos prévios e perfil atitudinal.

OBJETIVO GERAL

Identificar os subsunçores (conhecimentos prévios) e as percepções subjetivas dos estudantes em relação ao eletromagnetismo e à disciplina de Física.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar instrumento de coleta de dados (Pré-teste) para diagnóstico de conceitos físicos.
- Investigar a dimensão afetiva e o perfil atitudinal dos alunos frente à ciência.
- Introduzir a base teórica inicial para servir de organizador prévio para as atividades experimentais futuras.
- Estabelecer um ambiente de neutralidade e confiança para a condução da pesquisa acadêmica.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula terá início com uma etapa de sensibilização, na qual o professor apresentará os objetivos do projeto de pesquisa, esclarecendo a natureza voluntária da participação e assegurando que o desempenho nas atividades não terá impacto nas avaliações curriculares, visando assim a obtenção de respostas autênticas e um ambiente de tranquilidade. Em seguida, será aplicado o pré-teste, composto por dez questões estrategicamente elaboradas para mapear tanto o conhecimento técnico sobre eletromagnetismo quanto a percepção afetiva dos discentes sobre a disciplina de Física. Após o recolhimento dos questionários, o docente conduzirá uma fundamentação teórica mediada por questionamentos norteadores no quadro branco, buscando identificar e organizar os subsunçores dos alunos. Através da discussão de exemplos cotidianos, como a interação de ímãs em superfícies domésticas, será estabelecida a ancoragem necessária para os conceitos de campo magnético que serão explorados nas práticas subsequentes.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro, pincel, apagador, lista de exercícios (pré-teste), gravador, papel, caneta.

AValiação

A avaliação ocorrerá de forma diagnóstica e contínua, centrada no engajamento dos estudantes durante a discussão teórica e na análise qualitativa dos dados coletados por meio do instrumento de pesquisa aplicado.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)
--

FOGO, Ronaldo; BÓAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
--

BONJORNO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

PLANO DE AULA	
Escola: CETI Liceu Parnaibano	
Professor(a) Residente: Helton de Sales Brito	
Disciplina: Física	Série: 3º ano
Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Magnetismo: Campo magnético e visualização de linhas de força.

OBJETIVO GERAL

Compreender a natureza do campo magnético e as propriedades das linhas de força através da articulação entre teoria e experimentação tátil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar os fenômenos e fundamentos do campo magnético.
- Identificar conhecimentos prévios (subsúncos) através de exemplos cotidianos, como a interação de ímãs.
- Visualizar as linhas de campo magnético por meio do aparato experimental "Visor de Campo" produzido em impressão 3D.
- Proporcionar a transição do conceito abstrato ("forças invisíveis") para a observação concreta do fenômeno físico.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula será estruturada em três momentos fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa. Inicialmente, o professor atuará como mediador, provocando os alunos com perguntas norteadoras e demonstrações simples, como a interação entre um ímã e um prego, para identificar subsúncos. Ao questionar sobre a natureza da atração, o docente colherá as percepções dos discentes — que frequentemente remetem a explicações lúdicas como "mágica" ou "forças invisíveis" — para introduzir o conceito científico de campo magnético como um organizador prévio. No segundo momento, a aula transitará para a experimentação prática, onde os alunos, organizados em grupos, manipularão o kit "Visor de Campo Magnético" impresso em 3D. Com o auxílio de limalhas de ferro contidas no dispositivo, os estudantes realizarão o procedimento experimental seguindo um roteiro, permitindo a visualização concreta do alinhamento das partículas e o formato das linhas de força. Por fim, será reservado um tempo

para a discussão dos resultados, onde os alunos poderão confrontar as representações gráficas teóricas com a realidade física observada no kit, consolidando a ancoragem do conhecimento e reduzindo a abstração do tema.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro branco, slide, pincéis, ímãs de neodímio, aparato experimental impresso em 3D (Visor de Campo), limalhas de ferro e roteiro experimental impresso.

AValiação

A avaliação será contínua e processual, pautada na participação ativa dos alunos durante as discussões iniciais e no desempenho qualitativo durante a execução da prática experimental e análise dos fenômenos.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)

FOGO, Ronaldo; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

BONJORNO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110_518.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

	PLANO DE AULA	
	Escola: CETI Liceu Parnaibano	
	Professor: Helton de Sales Brito	
	Disciplina: Física	Série: 3º ano
	Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Interações Magnéticas: Força magnética, cargas elétricas em movimento e variáveis quantitativas.

OBJETIVO GERAL

Consolidar o entendimento sobre as interações complexas entre campos magnéticos e cargas elétricas, estabelecendo a base teórica necessária para as próximas práticas experimentais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explorar as variáveis quantitativas que regem o eletromagnetismo.
- Promover a diferenciação progressiva de conceitos amplos em definições específicas e técnicas.
- Traduzir a linguagem matemática das equações fundamentais em explicações físicas acessíveis.
- Estabilizar os conhecimentos teóricos (subsunçores) para garantir que as futuras manipulações de kits não sejam apenas superficiais.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula será conduzida através de uma abordagem expositiva-dialogada, focada no processo de diferenciação progressiva defendido pela Teoria da Aprendizagem Significativa. O docente iniciará a sessão utilizando recursos visuais, como slides detalhados contendo definições, equações fundamentais e ilustrações técnicas das interações magnéticas. O foco central será a articulação entre as variáveis quantitativas — como a intensidade do campo e a carga elétrica — e os efeitos físicos observados. A lousa será utilizada de forma complementar para a resolução de problemas e tradução da linguagem matemática, permitindo que as dúvidas imediatas dos discentes sejam sanadas em tempo real. Durante a exposição, o professor incentivará a participação ativa dos alunos, solicitando que proponham exemplos e relacionem o conteúdo com os fenômenos observados na aula prática anterior. Esse momento de mediação teórica é essencial para que a estrutura cognitiva dos estudantes ancore as informações mais complexas, garantindo uma compreensão sólida antes do retorno às atividades de manipulação dos kits didáticos.

RECURSOS DIDÁTICOS

Projektor multimídia (Data Show), slides preparados com ilustrações técnicas, quadro branco, apagador e pincéis coloridos.

AVALIAÇÃO

A avaliação terá caráter processual, observando-se o índice de engajamento discente, a qualidade dos questionamentos realizados pelos alunos e a capacidade de proposição de exemplos que demonstrem a estabilização dos conceitos discutidos.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)

FOGO, Ronaldo; BÓAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

BONJORNIO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

PLANO DE AULA	
Escola: CETI Liceu Parnaibano	
Professor(a) Residente: Helton de Sales Brito	
Disciplina: Física	Série: 3º ano
Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Eletromagnetismo: Interação entre campos magnéticos e correntes elétricas (Força de Lorentz e Motor Homopolar).

OBJETIVO GERAL

Compreender a relação entre corrente elétrica e campo magnético.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introduzir os fundamentos da Força de Lorentz e sua aplicação em motores de corrente contínua.
- Analisar o funcionamento do Motor Homopolar utilizando kits produzidos em impressão 3D.
- Relacionar a intensidade da corrente elétrica com a força magnética resultante no experimento.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula terá início com uma revisão estratégica dos conceitos discutidos no encontro anterior, servindo como base para a introdução da Lei de Faraday e da Força de Lorentz. O professor conduzirá uma mediação teórica utilizando perguntas norteadoras que conectem o tema ao cotidiano, questionando os alunos sobre o funcionamento interno de motores elétricos simples presentes em ventiladores ou brinquedos. Após essa etapa de fundamentação, os alunos serão organizados em grupos para a etapa de experimentação prática com o kit do "Motor Homopolar" impresso em 3D. Sob orientação do docente, cada grupo realizará a montagem do dispositivo seguindo um roteiro instrutivo, ajustando os contatos elétricos entre a fonte de energia (pilha), o condutor de cobre e o campo magnético gerado pelo ímã de neodímio. O encerramento da aula focará na análise do fenômeno de rotação observado, permitindo que os discentes validem a teoria através da visualização concreta da conversão de energia e da aplicação prática das forças eletromagnéticas discutidas.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro branco, pincéis, kits experimentais impressos em 3D (bases e suportes), ímãs de neodímio, pilhas AA e fios de cobre.

AVALIAÇÃO

A avaliação será processual e qualitativa, pautada na capacidade dos discentes de correlacionar os elementos do experimento com os conceitos físicos de força e campo, além da participação ativa na montagem e discussão dos resultados.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)

FOGO, Ronaldo; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

BONJORNIO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110_518.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

	PLANO DE AULA	
	Escola: CETI Liceu Parnaibano	
	Professor(a) Residente: Helton de Sales Brito	
	Disciplina: Física	Série: 3º ano
	Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Indução Eletromagnética: Lei de Faraday-Lenz, Fluxo Magnético e Correntes de Foucault.

OBJETIVO GERAL

Analisar o fenômeno da indução eletromagnética e o funcionamento de motores de corrente alternada através da interação entre campos magnéticos variáveis e condutores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o conceito de Fluxo Magnético e a geração de Força Eletromotriz Induzida.
- Estudar as Correntes de Foucault (correntes parasitas) e sua influência em condutores maciços.
- Demonstrar a aplicação prática da Lei de Faraday-Lenz através do protótipo de Motor de Indução impresso em 3D.
- Relacionar a eficiência do motor ao alinhamento estratégico entre o campo magnético externo e a bobina.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula será iniciada com uma revisão estratégica de dez minutos para consolidar os subsunçores necessários à compreensão da indução. Em seguida, o docente conduzirá uma exposição teórica aprofundada sobre o Fluxo Magnético e a Força Eletromotriz, destacando como a variação desse fluxo gera correntes induzidas. Serão apresentadas as Correntes de Foucault, explicando sua ocorrência em condutores maciços expostos a campos variáveis e sua importância para a engenharia moderna. Após a fundamentação, o professor apresentará o protótipo do "Motor de Indução Eletromagnética" produzido via impressão 3D, utilizando-o como guia visual para facilitar a transição da teoria para a prática. Os alunos serão organizados em grupos para a etapa de montagem e manipulação do kit. Durante a atividade, o professor mediará as dúvidas, explicando o papel fundamental do ímã no fornecimento do campo magnético externo e como o torque surge da tendência do sistema em buscar o caminho de menor resistência magnética. A

aula será finalizada com a observação dos motores em funcionamento, transformando as abstrações matemáticas em fenômenos físicos visíveis e palpáveis.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro branco, pincéis, kit experimental de Motor de Indução impresso em 3D, bobinas de cobre, ímãs de neodímio e guia visual de montagem.

AValiação

A avaliação ocorrerá de forma contínua, observando o engajamento dos discentes na compreensão de conceitos densos e a habilidade demonstrada durante a montagem e análise técnica do motor de indução.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)

FOGO, Ronaldo; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

BONJORNO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

	PLANO DE AULA	
	Escola: CETI Liceu Parnaibano	
	Professor(a) Residente: Helton de Sales Brito	
	Disciplina: Física	Série: 3º ano
	Nº de aulas: 1	Data:

CONTEÚDO (tema)

Indução Eletromagnética: Geradores de energia e transformação de energia mecânica em elétrica.

OBJETIVO GERAL

Compreender o princípio de funcionamento dos geradores elétricos e os processos de conversão de energia por meio da indução eletromagnética.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a transformação de energia mecânica em energia elétrica via variação de fluxo magnético.
- Discutir as aplicações da Lei de Faraday-Lenz na geração de energia em larga escala.
- Demonstrar a viabilidade do uso de kits didáticos produzidos em impressão 3D para o estudo de fenômenos eletromagnéticos complexos.
- Identificar a relação entre movimento, campo magnético e a corrente induzida no sistema.

HABILIDADE

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e transferência de energia.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

METODOLOGIA DE ENSINO

A aula será iniciada com uma revisão conceitual sobre correntes induzidas e variação de fluxo magnético, estabelecendo a base para o estudo dos geradores. O docente conduzirá uma exposição dialogada explicando como o movimento relativo entre condutores e campos magnéticos é utilizado para a produção de energia elétrica. Para a etapa de experimentação prática, serão utilizados os kits de "Geradores de Energia" produzidos em impressão 3D. Os aparatos serão entregues aos grupos em formato pré-montado, visando a otimização do tempo pedagógico e a segurança dos discentes no manuseio dos componentes. Durante a atividade, os alunos deverão observar a conversão da energia mecânica em elétrica, analisando o comportamento do sistema e a interação entre os elementos que compõem o gerador. A aula será finalizada com uma síntese coletiva sobre a eficiência da transformação de energia observada e a importância desses princípios para a tecnologia moderna.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro branco, pincéis, kits de geradores elétricos (Motores CC integrados a suportes impressos em 3D) e lâmpadas LED para sinalização da corrente gerada.

AVALIAÇÃO

A avaliação terá caráter processual e qualitativo, focada na capacidade dos alunos de descrever o processo de transformação de energia observado e na correta associação entre a teoria da indução e o funcionamento do kit experimental.

REFERÊNCIAS (BÁSICA E COMPLEMENTAR)

FOGO, Ronaldo; BÓAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. Conecte live: Tópicos de Física. Volume 3, Parte 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da Física. V. 3. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

BONJORNO, José Roberto. Identidade Saraiva: Física: área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: volume único: Ensino médio. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2024.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110_518.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.