



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ
CAMPUS OEIRAS
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

CONCEIÇÃO DE MARIA DA SILVA SANTOS

**FÍSICA EXPERIMENTAL COM ARDUINO: UMA ABORDAGEM PARA O
ESTUDO DE ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO**

OEIRAS - PI

2025

CONCEIÇÃO DE MARIA DA SILVA SANTOS

FÍSICA EXPERIMENTAL COM ARDUINO: UMA ABORDAGEM PARA O
ESTUDO DE ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO

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 Oeiras.

Orientador: Prof. Me. Francisco Alysson da Silva Sousa.

OEIRAS - PI

2025

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

Santos, Conceição de Maria da Silva

S237f Física experimental com arduino : uma abordagem para o estudo de
eletricidade no ensino médio / Conceição de Maria da Silva Santos. - 2025.
96 f.: il. color.

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

Orientador : Prof Me. Francisco Alysson da Silva Sousa..

1. Arduino . 2. Ensino de Física . 3. Aprendizagem significativa.. I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Denizete Lima de Mesquita CRB 3/1079

CONCEIÇÃO DE MARIA DA SILVA SANTOS

FÍSICA EXPERIMENTAL COM ARDUINO: UMA ABORDAGEM PARA O
ESTUDO DE ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO

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 Oeiras.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisco Alysson da Silva Sousa (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Ma. Juliana Oliveira de Malta
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Samuel da Silva Costa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais, Domingos Soares dos Santos e Sandra Vieira da Silva Santos. Aos meus irmãos, Henrique da Silva Santos e Ana Célia da Silva Santos e a minha tia Maria do Espírito Santo Soares dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter dado a oportunidade de concluir este trabalho, mesmo diante das adversidades enfrentadas ao longo da trajetória acadêmica.

Agradeço às pessoas que contribuíram para minha permanência no curso, em especial, a minha família e os amigos de sala de aula que foram grandes companheiros nessa jornada.

Ao IFPI Campus Oeiras, ao meu orientador e a todos os professores e servidores que fizeram parte da minha formação.

Faça o teu melhor na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores
para fazer melhor ainda!

Mário Sérgio Cortella

RESUMO

Este trabalho teve como proposta elaborar experimentos de baixo custo para o ensino de Eletricidade utilizando o Arduino no Ensino Médio. Tal estratégia, propôs diversificar as abordagens tradicionalistas presentes no ensino de Física. As atividades desenvolvidas foram levadas para a sala de aula visando ensinar conceitos de Campo elétrico uniforme e Potencial elétrico, em especial, o tópico de superfícies equipotenciais entre placas paralelas. Para tanto, utilizou-se a plataforma Arduino, um recurso de prototipagem eletrônica versátil e que pode ser trabalhado no desenvolvimento de diversos projetos e atividades. Nesse aspecto, a tecnologia surge como uma ferramenta que visa auxiliar o processo de ensino proporcionando metodologias inovadoras baseadas na experimentação. A natureza da pesquisa é qualitativa e quantitativa, a coleta de dados foi realizada por meio de instrumentos avaliativos (questionários) antes e após os experimentos. Para avaliar a percepção dos alunos com relação ao Arduino foi aplicado um questionário baseado no modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). A pesquisa foi realizada em duas turmas do 3º ano do Ensino Médio de uma escola estadual em Oeiras-PI. Os resultados demonstraram que a experimentação associada ao uso do arduino contribuiu para uma aprendizagem parcialmente significativa, considerando que houve acertos para algumas questões e resultados divergentes para outras, sugerindo ajustes na metodologia. Apesar dos desafios, a proposta mostrou-se uma alternativa viável por tornar o ensino da disciplina de Física mais interessante e motivador. Com esta abordagem buscou contribuir para a superação dos desafios relacionados ao engajamento discente. Assim, explorou-se a intencionalidade pedagógica com um recurso tecnológico de baixo custo almejando uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Arduino; ensino de Física; aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This work aimed to develop low-cost experiments for teaching Electricity using Arduino in High School. This strategy was proposed to diversify the traditionalist approaches presented in Physics teaching. The activities developed were taken to the classroom, expanding the teaching of concepts of Uniform Electric Field and Electric Potential, especially the topic of equipotential surfaces between parallel plates. For this purpose, the Arduino platform was used, a versatile electronic prototyping resource that can be used in the development of various projects and activities. In this aspect, technology emerges as a tool that aims to assist the teaching process, providing innovative methodologies based on experimentation. The research is qualitative and quantitative in nature, and data collection was performed using assessment instruments (questionnaires) before and after the experiments. To assess students' perceptions of Arduino, a questionnaire based on the Technology Acceptance Model (TAM) was applied. The research was conducted in two 3rd-year high school classes at a state school in Oeiras-PI. The results showed that experimentation associated with the use of Arduino contributed to partially significant learning, considering that there were correct answers for some questions and divergent results for others, suggesting adjustments to the methodology. Despite the challenges, the proposal proved to be a viable alternative for making teaching Physics more interesting and motivating. With this approach, it sought to contribute to overcoming challenges related to student engagement. Thus, the pedagogical intentionality was explored with a low-cost technological resource aiming at significant learning.

Keywords: Arduino; teaching Physics; Meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos básicos do átomo.....	30
Figura 2 - Campo elétrico de uma carga positiva e negativa.....	32
Figura 3 – Campo elétrico uniforme.....	32
Figura 4 – Equipotencial elétrico de uma carga elétrica positiva.....	34
Figura 5 – Equipotencial elétrico em um Campo elétrico uniforme.....	34
Figura 6 – Fluxograma das atividades realizadas.....	37
Figura 7 - Modelo TAM.....	39
Figura 8 – Linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme.....	50
Figura 9 – Montagem do circuito do Campo elétrico.....	60
Figura 10 – Componentes utilizados nos experimentos com Arduino.....	61
Figura 11 – Resultados da medidas de Campo elétrico uniforme.....	64
Figura 12 – Resultado das medidas de Campo elétrico.....	67
Figura 14 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo A, Turma B.....	72
Figura 15 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma B.....	72
Figura 16 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma B.....	73
Figura 17 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo A, Turma C.....	76
Figura 18 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma C.....	76
Figura 19 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo C, Turma C.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 01 – 3º Ano B.....	40
Gráfico 2 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 02 – 3º Ano B.....	41
Gráfico 3 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 01 – 3º Ano C.....	41
Gráfico 4 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 02 – 3º Ano C.....	42
Gráfico 5 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 01 – 3º Ano B.....	45
Gráfico 6 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 02 – 3º Ano B.....	45
Gráfico 7 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 01 – 3º Ano C.....	47
Gráfico 8 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 02 – 3º Ano C.....	47
Gráfico 9 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 01 – 3º Ano B.....	48
Gráfico 10 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 02 – 3º Ano B.....	48
Gráfico 11 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 01 – 3º Ano C.....	50
Gráfico 12 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 02 – 3º Ano C.....	51
Gráfico 13 – Porcentagem de respostas do item 4.4 do questionário 01 – 3º Ano B.....	55
Gráfico 14 – Porcentagem de respostas do item 4.4 do questionário 01 – 3º Ano C.....	56
Gráfico 15 – Porcentagem de respostas do questionário (Modelo TAM) – 3º Ano B.....	58
Gráfico 16 – Porcentagem de respostas do questionário (Modelo TAM) – 3º Ano C.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 Objetivo geral.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 O ENSINO DE FÍSICA NAS ESCOLAS DO BRASIL	18
2.2 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO ALIADA A TECNOLOGIA.....	20
2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
2.4 ARDUINO	23
2.4.1 Especificações.....	23
2.4.2 Programação.....	24
2.4.3 Trabalhos encontrados com Arduino no ensino da Física.....	24
2.5 A ELETRICIDADE.....	27
2.5.1 Contexto histórico da eletricidade.....	27
2.5.2 Carga elétrica.....	29
2.5.3 Conceito de Campo elétrico.....	30
2.5.3.1 Campo elétrico Uniforme.....	32
2.5.4 Potencial elétrico.....	33
2.5.4.1 Superfícies Equipotenciais.....	33
2.5.4.2 Diferença de Potencial elétrico em Campo elétrico Uniforme.....	35
3 METODOLOGIA	35
3.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA	35
3.2 PROCEDIMENTOS.....	36
3.3 COLETA DE DADOS	36
3.4 ESTRUTURA DOS INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 ANÁLISE DA SEÇÃO 01.....	40
4.2 ANÁLISE DA SEÇÃO 02.....	45
4.3 ANÁLISE DA SEÇÃO 03.....	47
4.4 ANÁLISE DA SEÇÃO 04.....	51
4.5 ANÁLISE DA SEÇÃO 04 DO QUESTIONÁRIO 02.....	56
4.6 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS.....	59
4.6.1 Experimento 01 – Campo elétrico.....	60
4.6.2 Experimento 02 – Voltímetro com Arduino.....	68
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 01.....	83

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 02.....	87
APÊNDICE C - CÓDIGO ARDUINO: MEDIDOR DE CAMPO ELÉTRICO.....	91
APÊNDICE D - CÓDIGO DO VOLTÍMETRO COM ARDUINO.....	93
APÊNDICE E – ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS.....	94

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia apresenta um notável avanço na atualidade, isso é evidenciado pelas constantes mudanças nos comportamentos sociais, seja na maneira como as pessoas interagem, se comunicam ou mesmo como resolvem seus problemas no cotidiano. No âmbito educacional, os recursos tecnológicos surgem como uma ferramenta essencial e potencialmente facilitadora da aprendizagem, exigindo dos professores a adoção de novas estratégias para se adequarem à nova realidade Castilho, Oliveira, Dutra (2020).

Nesse contexto, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs +) destacam a importância do uso dos recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem, como meio de inovar as abordagens educacionais em disciplinas como a Física. Esse documento ressalta que o ensino de Física tem sido enfatizado por meio do formalismo matemático, no entanto, reconhece que existem outras formas de expressão do conhecimento, incluindo a adoção das tecnologias como estratégia para diversificar o ensino e contribuir para a sistematização do conhecimento (Brasil, 2002).

Nessa perspectiva, mesmo com o desenvolvimento tecnológico, Moreira *et al.* (2018) afirmam que o ensino de Física acontece, majoritariamente na forma tradicional, retratado através de fórmulas, definições de exercícios padronizados, restringindo-se ao livro didático.

Entretanto, a Física reconhecida como uma ciência experimental, a simples exposição de conceitos teóricos pode não ser suficiente para promover uma aprendizagem significativa. Diante disso, levando em conta a limitação do ensino historicamente tradicional, sobretudo na educação pública, é importante o desenvolvimento de novas metodologias auxiliadas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) as quais apresentam Potencial elétrico para contribuir no processo de ensino e aprendizagem Moreira *et al.* (2018). As TICs permitem a apresentação e interação com certos experimentos, condições eficientes de abordagens de conteúdos de maneira diferenciada das aulas expositivas, as quais muitas vezes são motivo de reclamação dos alunos por se sentirem insatisfeitos com a metodologia tradicional Martinazzo *et al.* (2014).

A disciplina de Física é muitas vezes referenciada por alguns estudantes como de difícil compreensão. Com o objetivo de superar essa adversidade, faz-se necessário buscar abordagens como a prático-experimental, essas alternativas colaboram para que a experimentação seja vista como uma forma legítima de explorar e compreender a ciência

possibilitando que o aluno entenda como se utiliza métodos científicos para descrever os fenômenos da natureza (Pereira; Moreira, 2017).

Considerando que a história da Física é baseada em experimentos realizados por vários cientistas que contribuíram para o avanço dessa ciência ao longo do tempo, é importante destacar que tais abordagens são uma forma válida de se fazer ciência, mesmo sabendo que não é única.

No entanto, existe uma problemática nas escolas da rede pública que não possuem laboratórios de ciências para realização de atividades experimentais. De acordo com os dados do Censo Escolar 2018, divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), laboratórios de ciências são encontrados em apenas 44,1% das escolas de Ensino Médio da rede pública e privada do país, sendo que somente 38,8% das escolas da rede pública contam com esse espaço didático (Brasil, 2019).

Os dados apresentados revelam a falta de infraestrutura adequada das escolas para que inovadoras possibilidades de ensino sejam ofertadas, o que representa um desafio para o ensino público. Dessa forma, considerando déficit de laboratórios nas escolas da rede pública surge o seguinte problema de pesquisa: Quais as contribuições da inserção de experimentos práticos no ensino da disciplina de Física no Ensino Médio?

As verificadas limitações de ambientes podem ser minimizadas a partir do uso das TICs, por exemplo, com a utilização de *softwares* educacionais destinados à construção de modelos bem como a simulação como forma de apoio ao ensino. Além disso, dispositivos eletrônicos de fácil acesso como microcontroladores também desempenham um papel importante nesse processo. No entanto, existe ainda a falta de oportunidades de capacitação de alguns profissionais da educação. Sobre essa problemática, Castilho, Oliveira e Dutra (2020) afirmam que há uma escassez de formação continuada voltada para o uso das tecnologias de ensino com foco em metodologias que visem o desenvolvimento do aluno e, principalmente, incentivem o protagonismo.

Diante disso, mostra-se necessário propor caminhos frente à falta de laboratórios nas escolas da rede pública a partir de metodologias que promovam aprendizagem significativa para os estudantes do Ensino Médio, particularmente, no ensino da Física.

Neste estudo, pretende-se usar a vasta aplicabilidade do Arduino como ferramenta de apoio ao ensino. Esse dispositivo possibilita desenvolvimento de projetos a partir de uma tecnologia versátil de código aberto, ou seja, a implementação lógica e física não depende de licenças comerciais. A programação desenvolvida em *softwares* gratuitos, bem como a

montagem de *hardware* para finalidades específicas, pode ser utilizada como recurso didático nas aulas experimentais de Física por professores e alunos Moreira *et al.* (2018).

A temática abordada neste trabalho, é uma área da Física que possui níveis elevados de abstração, embora esteja presente no cotidiano, compreender o seu funcionamento é essencial para entender os efeitos que ela produz. Portanto, o Arduino foi utilizado em experimentos sobre o Campo elétrico uniforme e superfícies equipotenciais de forma menos abstrata para os alunos do Ensino Médio.

Dessa forma, considerando a utilização do Arduino para demonstrar conceitos de Física dentro de uma abordagem experimental, nesta pesquisa testamos as seguintes hipóteses: H1: É possível que a experimentação associada a tecnologia Arduino gere aprendizagem significativa no ensino de Física para os estudantes do Ensino Médio. H2: O Arduino pode ser utilizado como um instrumento de medidas elétricas. H3: O uso de ferramentas de baixo custo como o Arduino em atividades experimentais pode tornar o ensino de Física mais atraente e motivador para os estudantes do Ensino Médio.

A escolha de usar Arduino foi motivada por ser um recurso eletrônico intuitivamente didático que permite diversas abordagens no ensino da Física, assim consegue-se proporcionar interdisciplinaridade entre ciência e tecnologia, além de contribuir para a construção de trabalhos relacionados aos fenômenos elétricos. Júnior *et al.* (2021) em um artigo de revisão de literatura sobre o ensino da Física integrado à plataforma Arduino, foi constatado que em relação aos conteúdos, em sua maioria abordam o ensino da mecânica. Nesse mesmo artigo informa que trabalhos a respeito dos fenômenos da eletricidade existe uma lacuna.

Diante disso, a escassez de trabalhos nas bases de dados relacionados ao assunto reforça a necessidade de implementar atividades experimentais voltadas para os conteúdos relacionados a essa temática, além de explorar o Potencial elétrico do Arduino.

Esta pesquisa foi realizada em duas turmas do terceiro ano da escola Centro de Ensino Médio de Tempo Integral Rocha Neto (CETI - Rocha Neto). O intuito norteador foi de promover atividades que contribuíssem para o aprendizado dos estudantes do Ensino Médio utilizando a tecnologia como ferramenta para amenizar a carência de laboratório na referida escola.

A pesquisa é de caráter qualitativa e quantitativa. A coleta de dados foi feita por meio de questionários aplicados em sala de aula. Como intenção, buscou-se ainda avaliar a aceitação da tecnologia Arduino com base no *Technology Acceptance Model* (TAM).

1.1 JUSTIFICATIVA

As reflexões acerca do ensino de Física no atual sistema de ensino brasileiro merecem atenção especial. Moreira (2018) em seu artigo, expõe um cenário de crise, o autor destaca a ausência de aulas práticas no ensino da Física .

Nesse contexto , existe a necessidade de propor melhorias diante da evolução desta ciência e do desenvolvimento no ramo da tecnologia. Considerando os problemas encontrados, faz-se oportuna a necessidade de incluir no meio escolar novas condições e estratégias e/ou melhorar algumas existentes, para a área em questão.

Nesse sentido, a integração das TICs na sala de aula é importante para auxiliar o professor no desenvolvimento de estratégias de ensino. As tecnologias permitem a criação de atividades dinâmicas interativas e podem ser uma ferramenta que desperte a curiosidade do aluno motivando-o a aprender.

Nessa perspectiva, é necessário levar em consideração o contexto social dos estudantes. Na visão de Moreira (2018), a Física deve ser apresentada por meios de situações reais e que faça parte do cotidiano do aluno, o que pode ser feito com experimentos utilizando materiais de baixo custo.

A Física está presente no cotidiano, e vai além do que é visível, no entanto, é possível torná-la mais compreensível. Assim, demonstrar determinados fenômenos por meio da experimentação pode ser simples, produtivo e levado para a sala de aula sem a necessidade de um espaço específico equipado exclusivamente com materiais comerciais de valor elevado. Em consequência disso, essa pesquisa propôs contribuir para o ensino da Física considerando a realidade local a fim de melhorar a aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- Elaborar experimentos de baixo custo utilizando o Arduino para facilitar o ensino de conceitos de eletricidade para alunos do terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública estadual de Oeiras, Piauí.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar experimentos de baixo custo com Arduino para demonstrar conceito de Campo elétrico uniforme superfícies equipotenciais.
- Aplicar os experimentos em sala de aula para melhorar a compreensão dos alunos acerca dos fenômenos elétricos.
- Avaliar as contribuições da experimentação no ensino da Física com a plataforma Arduino utilizando questionários aplicados em sala de aula.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma discussão acerca do ensino de Física nas escolas do país bem como o papel da tecnologia aliada à experimentação. Baseia-se na literatura acadêmica levando em consideração os argumentos, críticas e contribuições. Na sequência é abordado a aprendizagem significativa de *Ausubel* conforme interpretada por Moreira (1985) e a utilização do Arduino em Física destacando pesquisas anteriores, finalizando com a exposição do conteúdo abordado neste trabalho.

2.1 O ENSINO DE FÍSICA NAS ESCOLAS DO BRASIL

A Física é uma disciplina importante no processo de formação estudantil, e não somente isso, ela permite melhor compreensão do mundo e contribui para o avanço em diversas áreas sendo uma ciência em constante evolução. No entanto, o ensino de Física segundo Rosa e Rosa (2005) pouco tem evoluído no Brasil, sobre isso os autores apontam alguns dos desafios que impedem o progresso nessa área.

Hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, mas sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada a cem anos atrás: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas utilizando metodologias voltadas para a resolução de exercícios algébricos (Rosa; Rosa, 2005, p. 6).

Nesse sentido, essas metodologias utilizadas para ensinar a Física vem persistindo ao longo dos anos e tem resultado em um ensino arcaico. Essa situação contribui para uma compreensão limitada que os alunos têm sobre a Física, na qual ela é vista apenas como

cálculos e fórmulas matemáticas. Ademais, essas metodologias podem não ser interessantes para os estudantes e vai de encontro às dificuldades que possuem com relação aos conceitos básicos principalmente de matemática que são essenciais para o aprendizado da disciplina.

Outro fator relevante nessa mesma perspectiva é o fato da Física ser apresentada com maior ênfase aos estudantes somente na última etapa do ensino básico, tendo apenas uma introdução conceitual limitada no final do ensino fundamental na disciplina de ciências. Como consequência, muitos alunos se deparam com a disciplina de Física no Ensino Médio sem ter uma base sólida dos conhecimentos básicos o que pode dificultar a aprendizagem Bezerra *et al.* (2009).

Nessa perspectiva, em decorrência da persistência do ensino tradicional no país, é necessário que as escolas adotem metodologias que fomentem atividades que estimulem a aprendizagem dos alunos. É preciso dar autonomia aos professores para promover atividades que visem ensinar de forma flexível e interdisciplinar promovendo aprendizagem significativa. Segundo Bezerra *et al.* (2009, p. 2):

No âmbito do ensino de Física, o processo educacional pode partir da curiosidade de entender os fenômenos físicos, ou ainda, por estímulos externos, vindos do meio social ou de instituições, especialmente, as de ensino. Assim, a escola se torna vetor privilegiado de disseminação dos conhecimentos físicos e seu ensino deve estimular, motivar e propiciar aprendizagens significativas para a vida dos educandos, devendo romper com as formas tradicionais de ensinar, especialmente, Física, com vistas a superação de uma representação desta área de conhecimento como difícil, complexa e ininteligível (Bezerra *et al.* 2009, p. 2).

De acordo com Moreira (2018), outro fator que contribui para o cenário de dificuldades do ensino de Física no Brasil é a desvalorização dos profissionais da educação básica no país.

No discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem (Moreira, 2018, p. 73).

Diante do exposto, os desafios para o desenvolvimento de novas abordagens no ensino de Física são significativos, a falta de formação continuada de professores, desvalorização da prática docente, necessidade de mudanças nas metodologias em que as escolas/professores utilizam e ainda a falta de implementação dos recursos tecnológicos direcionados a melhoria da aprendizagem dos estudantes.

2.2 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO ALIADA A TECNOLOGIA

O processo evolutivo da Física como ciência tem sido fundamentado por meio das teorias formuladas e testadas experimentalmente ao longo dos anos, nesse viés ela tem importantes contribuições no desenvolvimento de recursos tecnológicos presentes na sociedade. Nesse contexto, a tecnologia apresenta Potencial elétrico significativo para ser empregada como recurso facilitador no ensino-aprendizagem desta ciência.

As pesquisas em ensino de Ciências incluindo a Física têm se objetivado a inserir as TICs nas metodologias educacionais a fim de deixar o ambiente escolar mais atraente e contextualizado Martinazzo *et al.* (2014). Além disso, a incorporação das TICs se apresenta como recurso importante aliada a experimentação na abordagem de conceitos físicos diversos.

Os autores, Batista, Fusinato e Blini (2009) destacam que a experimentação é essencial para a aprendizagem de conhecimentos científicos de carácter complexo e não se limita a um processo investigativo. Para esses autores ela vai além, pois envolve múltiplas dimensões, requer do aluno habilidades intelectuais tais como: manipulação de materiais, questionamento, erros e acertos, observação, expressão, comunicação e verificação das hipóteses levantadas.

Concordando com a ideia de Batista, Fusinato e Blini (2009), Sérgio *et al.* (2003) ressaltam que essa metodologia experimental contribui para compreensão da ciência especialmente na área da Física, o entendimento possibilita que um indivíduo se torne capacitado e consciente do papel na sociedade.

No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - Lei nº 9394/96) art. 35, inciso IV, estabelece que o Ensino Médio como etapa final da educação básica tem por finalidade a “compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”. Nesse sentido, a Lei preconiza o uso das tecnologias educacionais como recurso favorável ao entendimento da ciência à medida que são utilizadas para mediar as ações pedagógicas voltadas à aprendizagem dos estudantes (Brasil, 1996).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) Brasil (2000), a formação do aluno tem como objetivo principal a aquisição de conhecimentos básicos, esses são fundamentais para a vida futura dele, também a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. Isto é primordial considerando

as constantes mudanças tecnológicas e o fato de o Ensino Médio ser uma “preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando” como está previsto na LDB – Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

Os PCNs ainda propõem, que no Ensino Médio, a formação geral seja oposta à formação específica, incentivando o desenvolvimento da capacidade de pesquisar, de serem criativos e buscar informações em fontes confiáveis além distanciar-se do ensino mecânico (Brasil, 2000). Assim, tanto a LDB quanto os PCNs dão importância ao uso das tecnologias em atividades que façam sentido na vida do aluno a fim de promover uma aprendizagem significativa como propõe Ausubel.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), atualizada pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) por meio da resolução CNE/CEB Nº 2, de 13 de novembro de 2024, institui que as escolas devem organizar os currículos de maneira a ofertar uma educação direcionada aos interesses dos estudantes. Nesse contexto, itinerários formativos devem permitir que os alunos aprendam conteúdos que façam sentido para eles (Brasil, 2024).

No que se refere à organização curricular, o artigo 11 propõe que deve ser assegurada a integração entre diferentes áreas do conhecimento para garantir o desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos. Além disso, destaca a importância do uso dos recursos tecnológicos no processo de aprendizagem. Conforme estabelece a resolução:

I - a adoção de metodologias de ensino e tecnologias pedagógicas promotoras do protagonismo e o papel ativo dos educandos no processo de ensino e aprendizagem;

III - o tratamento interdisciplinar, mediante composição e articulação de conteúdos das diferentes áreas do conhecimento, dos temas relativos à cultura, às linguagens e à cidadania digital, ao pensamento computacional e aos processos de inovação econômica e sociocultural mediados pelas tecnologias da informação e comunicação; (Brasil, 2024, p. 7).

O documento enfatiza que as disciplinas não devem ser trabalhadas de forma isolada, tem que haver uma conexão para que os alunos tenham um aprendizado amplo e contextualizado. A respeito das tecnologias, devem ser implementadas visando auxiliar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos incentivando o protagonismo.

2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Moreira (1985) a teoria proposta por *David Ausubel*, destaca que para ocorra uma aprendizagem significativa é necessário haver uma associação do conhecimento que o aluno já possui com o novo conhecimento que será adquirido. Esse já existente é denominado de subsunçor, também conhecido como conhecimento prévio.

Nas palavras de Moreira (1985), Ausubel conceitua aprendizagem significativa da seguinte forma.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 1985, p. 153).

Em vista disso, podemos estabelecer elos pedagógicos com a experimentação, por se caracterizar como uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa. A prática experimental proporciona uma associação dos conhecimentos que o aluno adquire ao estudar os conceitos teóricos com as novas habilidades ao realizar atividades que propiciam a observação dos fenômenos, dando sentido a um novo conhecimento.

Por outro lado, quando o aluno não possui o conhecimento prévio, a aprendizagem não pode ser denominada significativa e torna-se mecânica, pois não é possível a interação dos conhecimentos. Segundo Moreira (1985).

Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada (Moreira, 1985, p. 155)

Dessa maneira, tratando-se do ensino de Física, este deve ser direcionado para propiciar uma aprendizagem significativa, desviando-se do ensino mecânico. O ideal é que seja voltado a atividades que façam sentido para o aluno, que propicie fazer essa relação do conhecimento antigo e do novo conhecimento, considerando a não arbitrariedade como propõe *Ausubel*.

Para proporcionar a aprendizagem significativa podemos utilizar os experimentos em sala de aula como por exemplo, experimentos criados por meio das plataformas de baixo

custo como o Arduino. Essa ferramenta possibilita desenvolver atividades que integrem teoria e prática além de permitir que os estudantes adquiram familiaridade com os recursos tecnológicos.

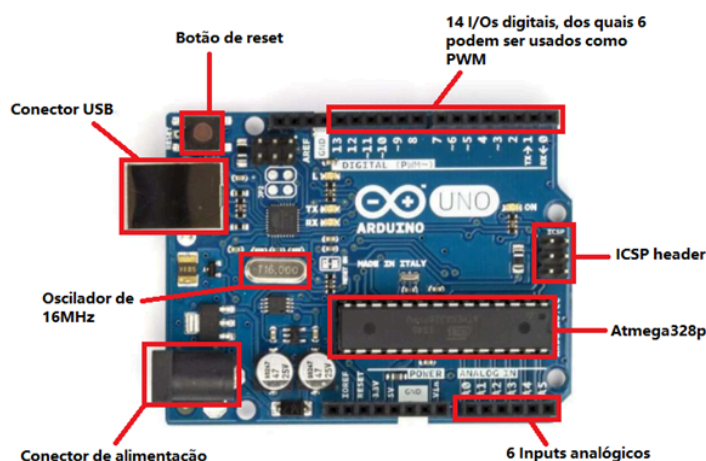
2.4 ARDUINO

O Arduino foi criado na Itália por um Grupo de pesquisadores que desenvolviam projetos que usavam a programação na área de artes visuais. Este é constituído de uma variedade de softwares, hardwares e possui documentação livre, permitindo que hobistas, inventores, pesquisadores, professores e estudantes possam desenvolver suas ideias, Mourão (2018).

2.4.1 Especificações

Para este projeto escolheu-se a placa Arduino uno, que possui um microcontrolador ATmega328P responsável por controlar dispositivos como sensores conectados à placa, possui quatorze portas digitais e seis analógicas de entrada e saída de dados. A alimentação da placa pode ser por conexão USB pelo Computador ou Notebook, além de contar com entrada de alimentação externa permitindo que o projeto funcione de forma independente, Arduino (2025).

Imagem 1 - Descrição da placa Arduino Uno



Fonte: Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>

A placa conta ainda com um botão reset, ao ser pressionado reinicializa as configurações do dispositivo e tem um oscilador de 16MHz. A tensão de entrada varia de 6 a 20 Volts, dessa forma não deve ser utilizada uma tensão maior do que a recomendada pois pode danificar a placa, e a corrente é de 20mA nos pinos de E/S, Arduino (2025).

2.4.2 Programação

A programação pode ser feita no próprio *software* do Arduino, o IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado). Este permite criar, editar, compilar e fazer o upload do código para a placa. A linguagem de programação utilizada é baseada em C/C++ Arduino (2025). para utilizar o software basta instalar e executar de acordo com a versão do sistema operacional, *Windows*, *Mac* e *Linux*, Mourão (2018).

2.4.3 Trabalhos encontrados com Arduino no ensino da Física

Nesse tópico, serão apresentados alguns trabalhos que utilizaram o Arduino como mecanismo didático no ensino da Física. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados Google Acadêmico e Portal Scielo, utilizando as palavras chaves “Arduino”, “Ensino de Física” e “Aprendizagem Significativa”.

Para seleção foram estabelecidos critérios como ano de publicação, priorizando os mais recentes, relação com a temática abordada nesse estudo. Além disso, foram escolhidos trabalhos que utilizaram o Arduino como ferramenta no ensino de Física, prezando aqueles que tiveram maior interesse em propostas didáticas voltadas à sala de aula.

Inicialmente, foram inseridas as palavras chaves nas bases de dados, em seguida os resultados foram filtrados de acordo com a relevância do título verificando se o trabalho tinha relação com o Arduino no ensino de Física, em seguida leitura do resumo a fim de obter informação de como o trabalho foi desenvolvido, analisou-se o conteúdo trabalhado, com o objetivo de analisar as aplicações com o Arduino em diferentes abordagens.

O trabalho de Pinto (2018) teve como proposta desenvolver miniestação meteorológica automática com o Arduino. As atividades foram desenvolvidas por meio de uma sequência didática embasadas na teoria da aprendizagem significativa, voltadas para uma turma da 2ª Série do Ensino Médio. Nessa abordagem foram trabalhados conteúdos de calor, ambiente e usos de energia, temperatura e fontes, clima e aquecimento.

Os alunos foram envolvidos no projeto juntamente com o professor na elaboração de cinco miniestações meteorológicas. Essas estações foram levadas às residências dos estudantes para coleta de dados automáticos. O projeto foi desenvolvido com intuito de levar informação e conscientização socioambiental para a comunidade local onde a pesquisa foi realizada. Os resultados com essa proposta mostraram que foi possível que os alunos compreendessem os conteúdos curriculares de Física e despertou motivação com o uso da tecnologia.

Castilho, Oliveira e Dutra (2020) realizaram uma atividade experimental comparativa entre dois aparatos de queda livre denominados Alfa e Beta destinados a alunos do Ensino Médio. O primeiro utilizava equipamentos comerciais, enquanto o segundo utilizava o Arduino. Os alunos foram divididos em dois Grupos em que cada um realizou tanto o experimento alfa quanto Beta. Os resultados obtidos demonstraram que foi possível a compreensão dos conceitos físicos abordados. As vantagens do uso do Arduino no experimento destacaram o baixo custo, fácil aquisição e precisão nos resultados. Segundo os autores, esse tipo de abordagem contribui para uma aprendizagem significativa.

Ataides (2020) desenvolveu um produto educacional com um dispositivo para medir a quantidade de carga e energia armazenada em associações de capacitores utilizando o Arduino. A pesquisa de natureza qualitativa foi aplicada para uma turma de terceiro ano do Ensino Médio por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), uma abordagem que teve como base a teoria significativa de Ausubel. Os resultados desse estudo demonstraram que as atividades propostas utilizando a plataforma Arduino ficaram mais atrativas e motivadoras para os estudantes.

Cid e Almeida (2019) apresentaram um experimento na área da hidrodinâmica para análise de variação de pressão em Tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão, o aparato experimental foi utilizado em duas turmas do 2º ano do Ensino Médio Integrado e em uma turma de graduação do curso de Engenharia de Alimentos. Considerou-se que as atividades experimentais tiveram sucesso, despertou o interesse e aguçou a curiosidade dos alunos.

Como proposta para o estudo de ondas mecânicas Júnior, Araújo e Kakuno (2020) expuseram em seu trabalho uma instrumentação capaz de determinar a velocidade do som em barras metálicas utilizando Arduino, segundo os autores os resultados obtidos com os experimentos se aproximaram dos valores teóricos. Essa atividade foi aplicada em sala de

aula para alunos do 3º ano do Ensino Médio a avaliação foi feita de forma qualitativa, baseada na observação e participação dos alunos e quantitativa através da coleta de dados.

Silveira, Barthem e Santos (2018) expuseram uma proposta didática experimental para o ensino inclusivo abordando conceitos de ondas para os alunos do Ensino Médio. Os autores elaboraram dois experimentos com a plataforma Arduino para demonstrar frequências de natureza eletromagnética inaudíveis e invisíveis visando superar as dificuldades encontradas por estudantes deficientes auditivos e visuais na realização de atividades experimentais.

Outro trabalho relevante nessa lógica de obtenção de medidas automatizadas pelo Arduino foi produzido por Oliveira, Gumiero e Coluci (2020) um aparelho para medir padrões de interferência, nele foi utilizado uma fonte de luz, um coletor de dados de intensidade, além do hardware e do software do controlador. Segundo os autores, o aparelho possibilita a análise de dados quantitativos dos padrões de luz medidos e sugerem a aplicação dessa atividade na graduação.

Embora, os autores afirmarem que a proposta didática é adequada a graduação, acrescentam ainda que a ferramenta desenvolvida por eles pode ser adaptada a outros contextos como por exemplo, no ensino básico considerando que a ideia está relacionada aos fenômenos ópticos e ondulatórios que são conteúdos propostos nos livros didáticos do segundo ano do Ensino Médio. Outra proposta semelhante para este estudo pode ser encontrada no trabalho de Admiral (2020).

Para o estudo da Física moderna Soares *et al.* (2021) propuseram uma montagem experimental para o ensino fundamental e médio com a inserção do Arduino e sensor Hall com o objetivo de analisar a polaridade magnética de fontes de campo magnético. Segundo os autores, esse trabalho é um instrumento que pode ser construído pelos próprios alunos e ser aplicado em feira de ciências e ainda é possível que eles possam relacionar discussões geradas a partir do experimento com elementos do cotidiano.

Rodrigues e Arnold (2022) Desenvolveram uma proposta didática para o estudo da pressão atmosférica empregando o smartphone com sensor barométrico como instrumento de medida utilizando a aplicação Arduino, com esse experimento foi possível estimar a constante de Boltzman podendo ser utilizado na introdução da Física estatística. Os autores recomendam que esse experimento seja utilizado para o ensino de Física em nível de graduação, no entanto pode-se adequar para abordagens no Ensino Médio, e frisam que pode ser realizado fora dos laboratórios, ampliando sua aplicação.

Nos trabalhos encontrados sobre a plataforma Arduino os autores sempre ressaltam a facilidade de desenvolver projetos, tanto pelo baixo custo, quanto pela facilidade de programação, unificação de software e hardware.

2.5 A ELETRICIDADE

A compreensão dos conceitos de Campo elétrico e Potencial elétrico desempenham um papel fundamental no estudo da eletricidade tanto do ponto de vista teórico quanto experimental. Tudo o que sabemos hoje sobre eletricidade foi uma construção desde os tempos antigos marcado por importantes descobertas nesse processo histórico.

2.5.1 Contexto histórico da eletricidade

Ao longo da história da Física a eletricidade evoluiu significativamente. O conceito se refere a um amplo conjunto de fenômenos que de uma forma ou outra estão subjacentes a quase tudo que nos cerca. “Desde um relâmpago formado no céu até o acender de uma lâmpada” Hewitt (2011, p. 387). Nesse processo evolutivo vários cientistas contribuíram para o seu desenvolvimento.

Desde os primeiros registros na antiguidade, os fenômenos elétricos se tornaram objeto de estudo. Foi a partir da observação do filósofo grego Tales de Mileto, no século VI a.C., que notou a capacidade que o âmbar tinha de atrair objetos leves quando atrito à pele de um animal ou a um tecido qualquer Junior, Ferraro e Soares (2003). Naquela época, não se sabia a causa dos fenômenos elétricos, embora fosse possível observar e verificar a sua existência, não se tinha uma explicação Física sobre o seu funcionamento Ortiz (2015).

Muito tempo se passou até chegar o século XVII e os fenômenos elétricos deixaram de ser somente observados e passaram a ter uma abordagem científica. Esse período foi marcado pela relevância dos trabalhos do cientista William Gilbert, ele fez uma importante descoberta ao verificar que a capacidade de atrair objetos não era uma característica única do âmbar. Além disso, Gilbert também foi responsável por atribuir o termo “elétrico” palavra derivada do elektron que significa âmbar aos fenômenos elétricos Júnior, Ferraro e Soares (2003).

A eletricidade era algo fascinante, porém o seu efeito é instantâneo, assim surgiu a necessidade de criar dispositivos elétricos capaz de aumentar a intensidade dos corpos

eletrizados, foi então que Otto Von Guericke construiu a primeira máquina eletrostática para realizar experiências dando continuidade aos trabalhos de Gilbert. A construção da máquina de Guericke foi importante para o avanço e aprimoramento dos dispositivos elétricos Junior, Ferraro e Soares (2003).

Ainda na tentativa de compreender os fenômenos elétricos várias teorias foram formuladas incluindo a ideia da eletricidade como um fluido, essa abordagem teve início quando o cientista Stephen Gray realizou um experimento e observou que a eletricidade podia passar de um corpo para outro. Segundo Gardelli (2004 apud. Ortiz, 2015, p. 11).

A concepção de fluido elétrico vigorou por muito tempo no século XVIII, sendo proposta pelos estudos de Stephen Gray e utilizada em diversos estudos, inclusive os do americano Benjamin Franklin. Coulomb, diferentemente destes, preferia acreditar na existência de dois fluidos elétricos diferentes, ideia já proposta e utilizada anteriormente (Gardelli, 2004 apud. Ortiz, 2015, p. 11).

De acordo com Rocha *et al.* (2002) Gray também foi responsável pela descoberta da condução elétrica e da indução elétrica e por fazer a distinção entres os materiais condutores e isolantes.

No século XVIII, a eletricidade ganhou mais atenção ainda com os trabalhos de Charles Du Fay e Benjamin Franklin. Du Fay foi um dos primeiros a observar que existiam dois tipos de eletricidade que ele denominou de: Eletricidade vítrea e eletricidade resinosa, com base em suas observações ele afirmava que cargas de sinais iguais se repelem e de sinais contrários se atraem Rocha *et al.* (2002).

Mais tarde, as ideias de Du Fay influenciaram outros cientistas, dentre eles Benjamin Franklin, ele propôs a teoria das cargas e criou o termo “positivo” e “negativo” para se referir aos fenômenos elétricos. Franklin ainda contribuiu significativamente para o estudo da eletricidade ao considerá-la como um fluido para explicar os fenômenos de eletrização. Rocha *et al.* (2002).

De acordo com Gardelli (2004, p. 45)

Franklin dizia que todos os corpos materiais deviam apresentar uma certa quantidade “normal” de eletricidade [ou fluido]. Quando dois corpos fossem atritados, um dos corpos transferiria eletricidade para o outro, de modo que um deles ficaria com uma falta deste elemento, enquanto que o outro ficaria com um excesso do mesmo. Franklin chamou esses dois estados de negativo e positivo. (Gardelli, 2004, p. 45).

Mais uma invenção importante que contribuiu para o desenvolvimento da eletrostática foi dos cientistas Piter Van Musschenbroek e Ewald Georg Von Kleist que, de forma

independente, criaram a “garrafa de Leyden”. Segundo Gardelli, (2004) esse dispositivo elétrico foi criado para armazenar eletricidade em maior intensidade, já que na época a teoria do fluido elétrico prevalecia, então os cientistas consideravam que esse fluido poderia ser armazenado em uma garrafa.

Charles Augustin Coulomb trouxe uma abordagem que deu mais consistência as teorias Físicas, sobretudo aos fenômenos eletrostáticos, ele formulou a tão conhecida lei de Coulomb que descreve a força elétrica na interação de partículas eletrizadas através de um experimento utilizando sua invenção, a balança de torção. Em homenagem a suas contribuições à unidade de carga elétrica no sistema internacional é denominada Coulomb (C) Yamamoto e Fuke (2016).

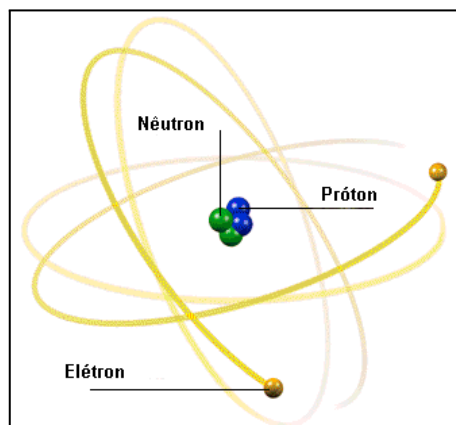
Os cientistas aqui citados são somente alguns dos estudiosos que se destacaram no estudo da eletricidade estática, certamente houve outros pesquisadores que desempenharam papéis importantes na descoberta dos fenômenos elétricos e foram fundamentais para o avanço da ciência. Observamos que a história da eletricidade é muito extensa e rica em experiências que tiveram papel crucial na formação do conhecimento que temos hoje.

2.5.2 Carga elétrica

De acordo com Hewitt (2011), a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria a ela estão associados os conceitos de positivo e negativo, termos que fazem referência às partículas eletricamente carregadas como prótons e elétrons. Além destas, existem também as partículas neutras que não possuem cargas elétricas, mas juntamente com prótons e elétrons formam o átomo, conforme mostra a Figura 1.

Quando as partículas elétricas interagem umas com as outras podem ocorrer os fenômenos de atração e repulsão. Segundo Halliday, Resnick, Walker (2016, p. 31) “Partículas com cargas de mesmo sinal se repelem e partículas com cargas de sinais opostos se atraem”. Essa afirmação reflete a lei de coulomb que expressa matematicamente a intensidade da força eletrostática entre duas cargas elétricas.

Figura 1 - Elementos básicos do átomo



Fonte: PreparaEnem, 2025.

De acordo com a lei de Coulomb expressa na equação (1) a força elétrica é dada pela seguinte expressão matemática:

$$F = K \frac{|Q_1||Q_2|}{d^2} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde, F é a força elétrica entre as cargas, Q_1 e Q_2 são medidas de cargas elétricas, K é a constante eletrostática cujo valor é $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ e d é a distância que separa as cargas. A unidade de medida para a força elétrica é dada em Newton (N). Essa lei foi estabelecida por Coulomb e pode ser encontrada no capítulo 2 do livro “Física para o Ensino Médio” de Yamamoto e Fuke (2016).

2.5.3 Conceito de Campo elétrico

O Campo elétrico é uma importante grandeza na Física, ele representa uma região no espaço onde as cargas elétricas interagem. Para Hewitt (2011) o Campo elétrico se assemelha ao campo gravitacional, pois mesmo não estando em contato direto ambos os campos exercem forças a distância fazendo com que haja uma interação mútua entre os corpos envolvidos sejam elétricos ou massivos. Mas é importante ressaltar a diferença entre Campo elétrico e gravitacional: Corpos dotados de massa geram a sua volta campos gravitacionais enquanto corpos dotados de cargas elétricas geram no seu entorno campos elétricos.

Se por exemplo, uma carga (q) sofre uma ação de uma força elétrica sob influência de um Campo elétrico, a intensidade dessa força pode ser obtida através da equação (2):

$$F = q \cdot E \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo, (F) o módulo da força, (q) é a carga da partícula e a intensidade do campo é representado por (E). Essa fórmula descreve que a força elétrica é resultado do produto da carga pelo campo, sendo grandezas diretamente proporcionais, isso significa que à medida que dobrarmos o valor da carga e do campo a intensidade da força também dobrará de forma igual.

A partir da equação da força, podemos obter a equação (3) do Campo elétrico. Se uma carga for colocada sobre a influência de um Campo elétrico, sendo ele uma grandeza Física vetorial, é possível calcular a intensidade e saber a direção e o sentido dele. A expressão matemática para se calcular a intensidade do Campo elétrico é dada por:

$$E = \frac{F}{q} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde, (E) é o módulo do vetor Campo elétrico, (F) a força elétrica atuando no corpo e (q) é a carga elétrica do corpo. De acordo com o Sistema Internacional (SI), a unidade de Campo elétrico é Newton por Coulomb (N/C), que é equivalente a *Volt* por metro (V/m) Junior, Ferraro e Soares (2003).

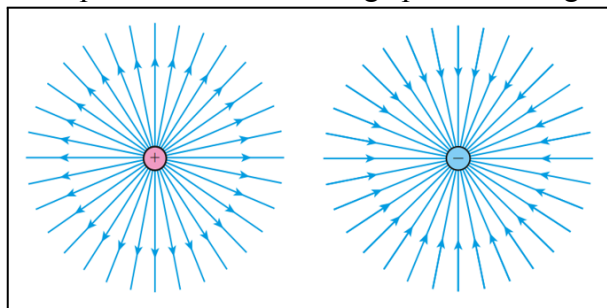
Se quisermos calcular o campo para uma única carga pontual, podemos escrever a força na sua forma original na equação do campo. Assim obtemos a equação (4):

$$E = K \frac{Q}{d^2} \quad \text{Equação (4)}$$

Os vetores do campo são representados pelas linhas de forças. A representação gráfica das linhas de campo pode ser visualizada na Figura 2.

As linhas de forças mostram o sentido e a direção do campo, sendo assim as setas que apontam para fora do campo representam a repulsão causada pela carga positiva geradora de campo, a setas que apontam para dentro do campo representam a atração do Campo elétrico devido a carga negativa geradora do campo.

Figura 2 - Campo elétrico de uma carga positiva e negativa



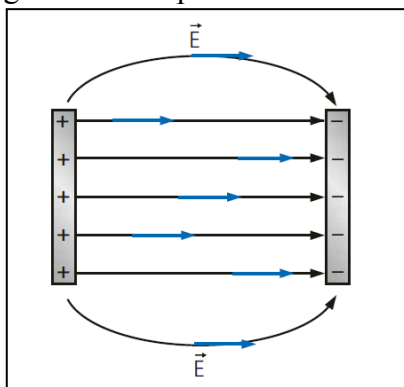
Fonte: Biscuola, Bôas, Doca (2016)

O Campo elétrico pode possuir diversas configurações, isso depende da interação das cargas. Dentre elas estão as cargas elétricas pontuais, cargas elétricas opostas e de Campo elétrico uniforme.

2.5.3.1 Campo elétrico Uniforme

Em um Campo elétrico uniforme as placas são posicionadas uma em frente a outra como mostra a Figura 3. assim na parte central das placas em que as linhas de campo são completamente uniformes, o sentido e a direção não mudam resultando em um Campo elétrico mais intenso nessa região, mas nas bordas já não acontece igual, nessa região as linhas são curvas e representam uma mudança de intensidade do campo.

Figura 3 – Campo elétrico uniforme



Fonte: Fuke, Yamamoto (2016).

A equação (5) utiliza-se para calcular a intensidade do Campo elétrico uniforme (E) entre placas paralelas separadas por uma distância (d) submetidas a uma dada tensão elétrica (U).

$$E = \frac{U}{d} \quad \text{Equação (5)}$$

A intensidade do campo é inversamente proporcional, quanto maior for a distância menor será a intensidade, quanto menor for a distância, maior a intensidade do campo. A unidade de medida é o Volt/metro (V/m).

2.5.4 Potencial elétrico

O Potencial elétrico é a grandeza Física que descreve a quantidade de energia Potencial elétrica de uma partícula carregada posicionada em um ponto específico de um Campo elétrico. Isso significa que um objeto carregado eletricamente no interior de um Campo elétrico possui uma quantidade de energia Potencial elétrica armazenada por unidade de carga, essa energia não é fixa, e pode variar se o objeto muda de posição.

Como foi comentado antes, sabe-se que em partículas eletrizadas existem forças atuantes sobre elas, as repulsivas e atrativas, dependendo do sinal das cargas. Quando duas cargas de sinais opostos interagem a força aplicada é atrativa, nesse caso a energia necessária para realizar o processo de mover as cargas é mínima, no entanto, se essas cargas tiverem o mesmo sinal, a energia será maior, pois o trabalho realizado exige maior quantidade de energia para movê-las.

A energia está relacionada à partícula e o Potencial elétrico está relacionado ao campo. Desta forma, a partir da equação (6) podemos calcular o Potencial elétrico em qualquer ponto de um Campo elétrico.

$$V = \frac{E_{pe}}{q} \quad \text{Equação (6)}$$

Onde (V) é o Potencial elétrico eletrostático, (E_{pe}) é a energia potencial elétrica e (q) é a carga elétrica localizada em um ponto qualquer.

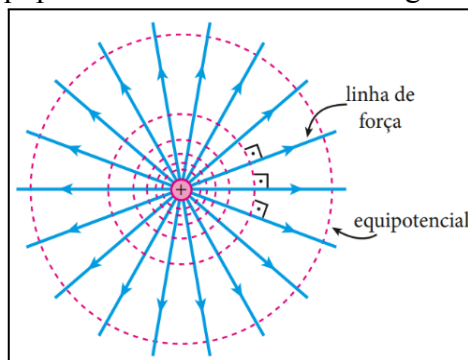
2.5.4.1 Superfícies Equipotenciais

A partir do conceito de Potencial elétrico temos as superfícies equipotenciais. Uma superfície equipotencial é definida por vários pontos vizinhos que possuem o mesmo valor de

Potencial elétrico, que pode ser uma superfície imaginária ou uma superfície real. Elas são úteis para visualizar como o Potencial elétrico varia de uma região para outra em um Campo elétrico. O trabalho realizado por uma carga elétrica em uma superfície equipotencial elétrico é nulo, pois o Potencial elétrico é constante assim não há variação da energia da partícula Halliday, Resnick e Walker (2016).

As Figuras 4 e 5 mostram as superfícies equipotenciais para as seguintes configurações: para uma carga elétrica pontual, e para um Campo elétrico uniforme. Observemos que para cada situação as linhas de campo e as superfícies equipotenciais têm seu formato alterado, no entanto, sempre serão perpendiculares uma em relação a outra independente da geometria envolvida em cada caso.

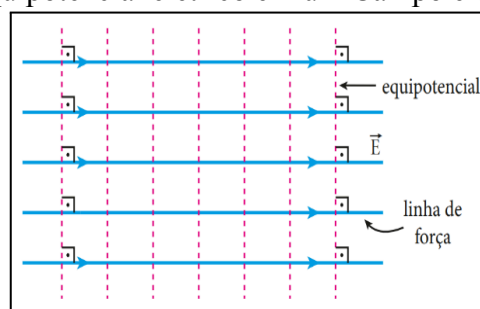
Figura 4 – Equipotencial elétrico de uma carga elétrica positiva



Fonte: Biscuola, Bôas, Doca (2016).

Para as cargas elétricas pontuais as superfícies equipotenciais têm seu formato esférico, tratando-se de uma carga positiva o Potencial elétrico é mais intenso nas proximidades da carga e diminui à medida que se afasta, quando a carga é negativa acontece o inverso.

Figura 5 – Equipotencial elétrico em um Campo elétrico uniforme



Fonte: Biscuola, Bôas, Doca (2016)

Para o Campo elétrico uniforme as equipotenciais são planas e paralelas entre si e o Potencial elétrico vai diminuindo a intensidade à medida que uma partícula percorre no sentido das linhas de força que representam a direção do Campo elétrico (Yamamoto; Fuke, 2016).

2.5.4.2 Diferença de Potencial elétrico em Campo elétrico Uniforme

No nosso cotidiano utilizamos diversos aparelhos que funcionam por meio de diferença de Potencial elétrico (ddp), também conhecida como tensão elétrica ou simplesmente voltagem. Essa grandeza permite que aparelhos eletrônicos sejam úteis para realização de determinadas tarefas. As fontes de tensão presentes no nosso dia a dia, são: baterias, tomadas, pilhas e outros.

Entre dois pontos de um Campo elétrico existe uma diferença de Potencial elétrico representado pela letra V.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foram elaborados dois experimentos para tratar dos conceitos relacionados à eletricidade, especificamente dos conteúdos de Campo elétrico e Potencial elétrico. A ação desenvolvida se deu por meio da intervenção com a plataforma Arduino para realizações das atividades experimentais no contexto da sala de aula, buscando assim auxiliar de modo interdisciplinar e contextualizando a construção do aprendizado.

A pesquisa é de caráter qualitativa e quantitativa pois envolveu a análise de dados numéricos coletados através de questionários e buscou analisar as percepções dos discentes sobre os experimentos com o Arduino por meio dos relatos obtidos.

Para Gerhardt Silveira (2009) a pesquisa qualitativa não leva em consideração expressões numéricas, caracteriza-se por descrever, compreender e explicar fenômenos observáveis da realidade. Enquanto a quantitativa se preocupa em mensurar dados.

3.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa foi aplicada na escola estadual Centro de Ensino Médio de Tempo Integral Rocha Neto (CETI Rocha Neto) na cidade de Oeiras, Piauí. Os participantes foram alunos que

estavam cursando o terceiro ano do Ensino Médio, distribuídos em duas turmas, B e C. A motivação do pretendido estudo acontecer na referida escola se justifica pelo fato de que ela está incluída entre as escolas que não dispõem de laboratório de ciências, segundo o portal (QEdu, 2024). A escolha dos participantes foi motivada pelo intuito em contribuir com a aprendizagem dos estudantes devido a recorrente dificuldades em compreender os conteúdos relacionados a eletricidade na disciplina de Física estudados na última etapa da educação básica.

A participação ocorreu de forma livre e voluntária, não havendo qualquer forma de recompensa financeira. Os benefícios propostos unicamente serão direcionados à aquisição de novos saberes.

O estudo foi conduzido respeitando os princípios éticos propostos pelo Conselho Nacional de Saúde através da Resolução Nº 510, de 7 de abril de 2016 que dispõe sobre as normas éticas para pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Esta resolução estabelece que deve haver a anuência do participante da pesquisa através dos Termos de Assentimento Livre e Esclarecido e de Consentimento Livre e Esclarecido. O documento define também os riscos e benefícios que envolvem pesquisas com seres humanos (Brasil, 2016).

3.2 PROCEDIMENTOS

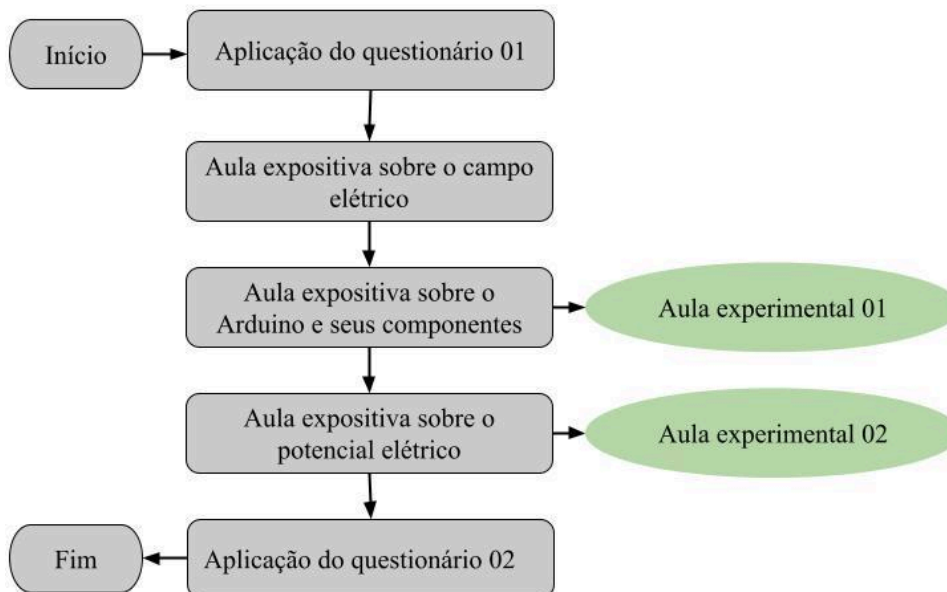
Inicialmente, foi feita a listagem dos componentes necessários para construção dos experimentos, como placas Arduino, *protoboard*, fios *jumper*s, sensores, baterias e demais itens necessários, conforme detalhado na seção 4.3.1. Após isso, realizou-se a aquisição dos materiais e, em seguida, o desenvolvimento/adaptação do código fonte, finalizando com a montagem final dos respectivos experimentos. Para a elaboração da proposta metodológica, foi necessária a organização do material didático utilizado nas aulas, incluindo os roteiros dos experimentos e apresentações slides produzidas no *software PowerPoint*. Após a elaboração e organização dos materiais, iniciou-se a aplicação da pesquisa na escola.

Priorizando sempre a segurança dos envolvidos, no momento de início da pesquisa foram tomadas medidas de proteção para minimizar os riscos. Foram repassadas informações importantes, como orientações sobre como utilizar os equipamentos para evitar eventuais acidentes. A atividade foi supervisionada pela autora do trabalho.

3.3 COLETA DE DADOS

Para a realização da coleta de dados da pesquisa, inicialmente houve a aplicação do questionário 01 (APÊNDICE A) para o levantamento dos conhecimentos prévios sobre a temática. Em seguida, foi realizado um momento expositivo com o objetivo de revisar conceitos sobre Campo elétrico, com uma duração de sessenta minutos. A figura 6 representa o fluxograma de atividades realizadas.

Figura 6 – Fluxograma das atividades realizadas



Fonte: Autoria própria (2025).

Em um segundo momento, foram abordadas as definições e especificações técnicas para uso da placa Arduino, com duração de sessenta minutos. No terceiro momento foi realizada a atividade experimental sobre Campo elétrico.

Em continuidade, mais dois momentos foram necessários para revisar o conteúdo de Potencial elétrico. Realizou-se então a atividade experimental referente ao tópico mencionado concluindo com a aplicação do questionário 02, totalizando assim sete aulas ministradas.

A aplicação da pesquisa teve início no mês de novembro de 2024, estendendo-se até o início de dezembro do mesmo ano. É importante destacar que a execução deste estudo foi precedida da anuência por parte da direção da escola CETI Rocha Neto. A amostra objeto da aplicação foi composta por estudantes de duas turmas, ambas do terceiro ano do Ensino Médio, A e B, respectivamente.

Nas turmas mencionadas, houve ambientações distintas. Na primeira, facilitou-se o contato por experiências anteriores nas atuações do Programa Residência Pedagógica (RP), enquanto na segunda apresentava-se um público novo, embora idêntica a boa receptividade.

Com o objetivo de avaliar se houve melhoria na aprendizagem dos alunos com a execução da atividade proposta, foram utilizados como instrumentos de coleta de dados os questionários para provimento das análises qualitativas e quantitativas.

Cabe ressaltar que os questionários 01 e 02 foram semelhantes, alterados unicamente na seção 4 (quatro), substituindo questões abertas por afirmações com respostas baseadas em escala do tipo Likert. Esta seção foi elaborada para avaliar a tecnologia Arduino, utilizando o modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).

A aplicação do primeiro questionário teve como objetivo o levantamento de conhecimentos prévios, enquanto o segundo buscou verificar o conhecimento adquirido após a abordagem experimental.

3.4 ESTRUTURA DOS INSTRUMENTOS DE COLETAS DE DADOS

A coleta de dados ocorreu por meio de questionários semiestruturados organizados em seções, para algumas destas seções utilizou-se a escala de Likert. A escolha desta escala se justifica por ser uma ferramenta que avalia atitudes representadas por percepções, gostos e preferências permitindo medir em níveis de concordância ou discordância dos participantes. Feijó, Vicente e Petri (2020).

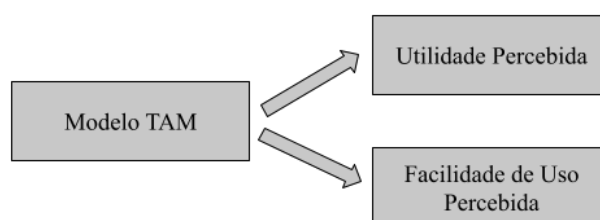
Os questionários 01 e 02 foram organizados em quatro seções:

- A primeira composta por dez afirmações, todas conceituais a respeito do conteúdo de Campo elétrico e Potencial elétrico. Foram cinco para cada conteúdo com opções de respostas em escala Likert de cinco pontos (discordo totalmente a concordo totalmente).
- A segunda seção, propôs uma conexão entre teoria e prática composta por três questões com alternativas de múltipla escolha.
- A terceira seção foi constituída por duas questões de Campo elétrico e duas de Potencial elétrico e, pretendeu a resolução de questões problemas com a aplicação de equações matemáticas.

- A quarta seção buscou conhecer a visão/percepção dos alunos acerca da disciplina de Física e a metodologia de ensino utilizada a partir da utilização de questões abertas para livre expressividade.

As questões da seção quatro do questionário 02 foram baseadas no modelo TAM, existem duas variáveis para avaliar a percepção dos alunos sobre o uso do Arduino, a Utilidade Percebida e a Facilidade de Uso Percebida.

Figura 7 - Modelo TAM



Fonte: Autoria própria (2025).

O modelo TAM, é uma teoria utilizada para analisar a percepção do usuário de determinada tecnologia através destas duas variáveis. A Utilidade Percebida está relacionada a quanto pode ser útil e produtivo o uso da tecnologia em alguma tarefa a ser realizada, enquanto a Facilidade de Uso Percebida se refere ao esforço mínimo para fazer alguma atividade usando a tecnologia (Davis, 1989).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

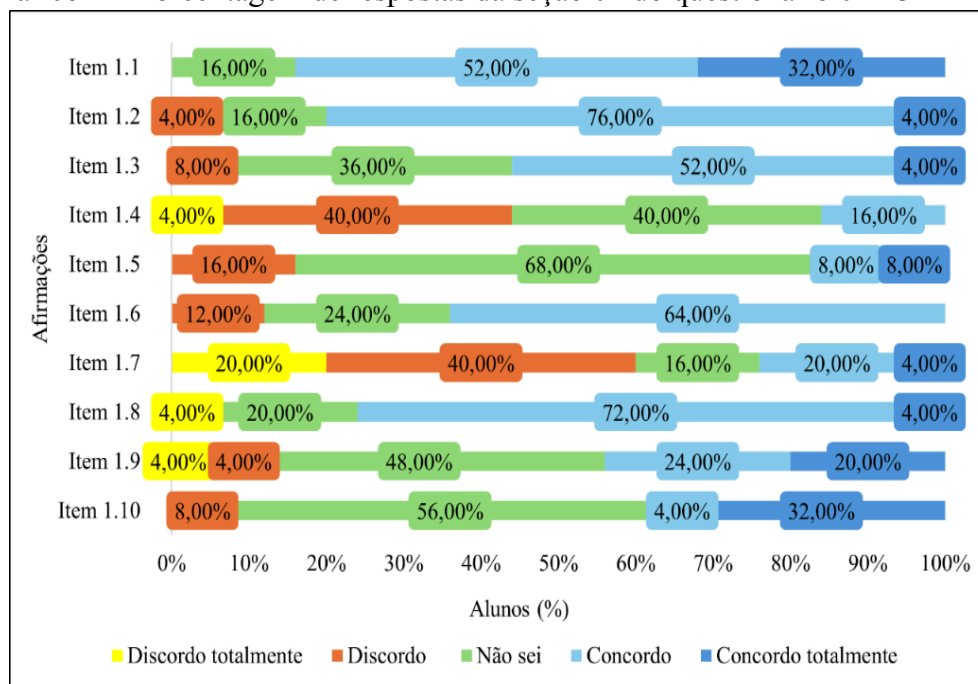
Os resultados obtidos nesta pesquisa por meio de instrumentos de coleta de dados estão detalhados nos tópicos abaixo. Durante a análise observou-se o quantitativo de alunos participantes da pesquisa. Na turma “B” responderam ao questionário 01, 25 alunos. Na turma “C”, foram 19 participações registradas. Todos demonstraram interesse em participar. Os alunos já haviam estudado os dois conteúdos no primeiro semestre do ano letivo em curso. Assim, já possuíam os conhecimentos prévios necessários para responder às questões. Reitera-se que essa pesquisa não tem o objetivo de fazer comparações entre as turmas, mas sim analisar se a metodologia utilizada proporcionou novos conhecimentos para os estudantes ou não.

Para prover a análise dos dados da pesquisa bem como demonstrar os resultados, utilizou-se gráficos. Os dados apresentados a seguir comparam os dois questionários exibindo os resultados em porcentagem para cada item do questionário como forma de subsidiar a análise relacionada a cada turma.

4.1 ANÁLISE DA SEÇÃO 01

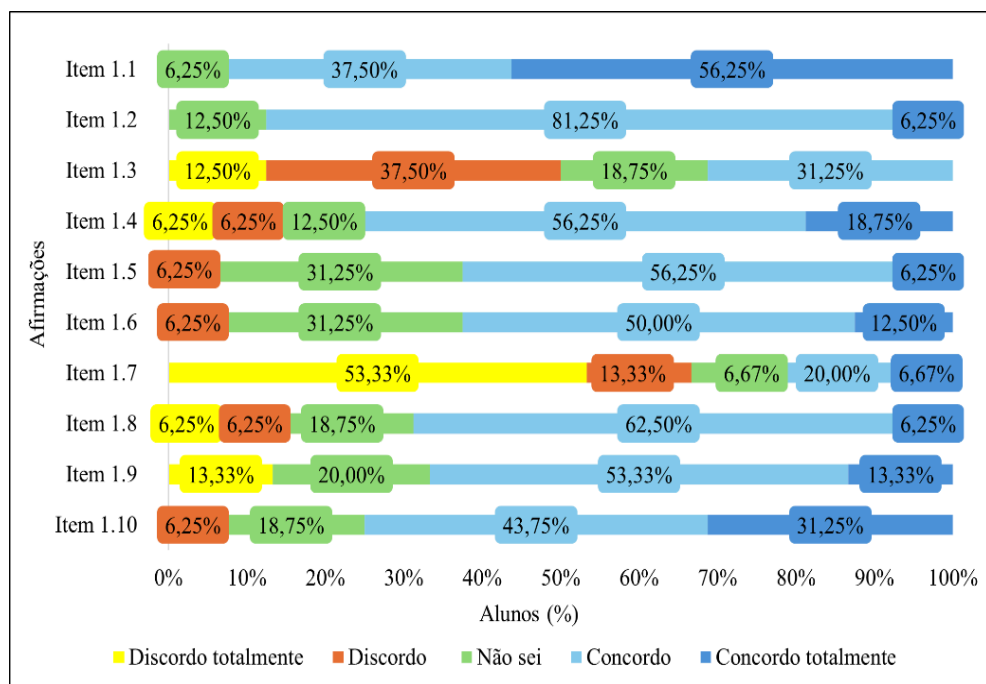
Sobre os conceitos de Campo elétrico no item 1.1, 1.2, 1. 4 e 1.5 os alunos deveriam (concordar e/ou concordar totalmente) para acertarem as afirmações. No item 1.3 deveriam (discordar e/ou discordar totalmente). Os resultados estão expostos nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

Gráfico 1 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 01 - 3º Ano B



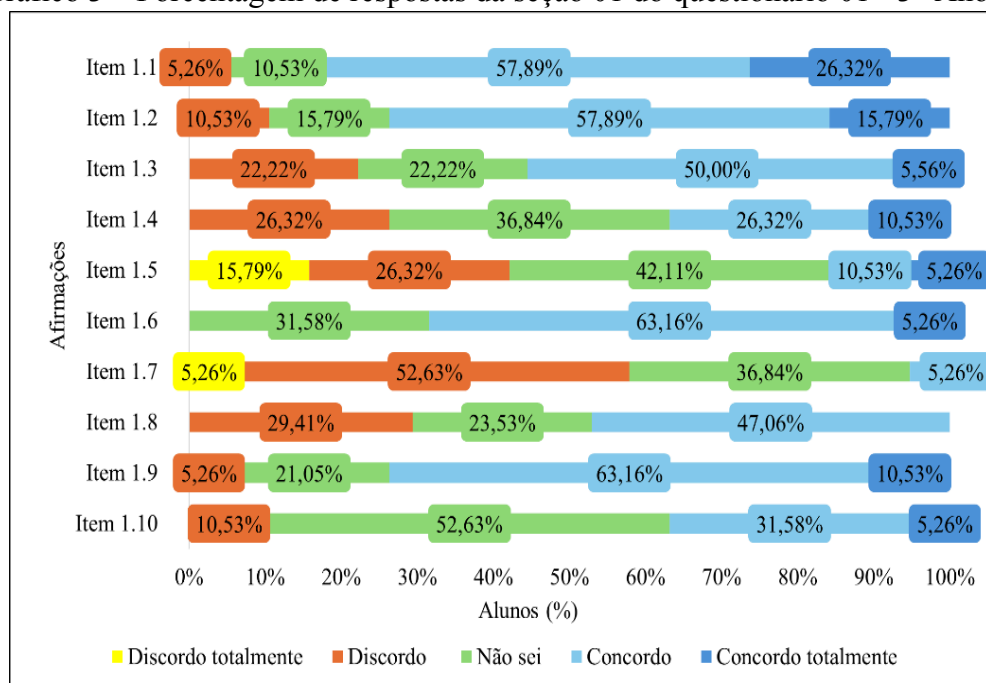
Fonte: Autoria própria

Gráfico 2 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 02 - 3º Ano B



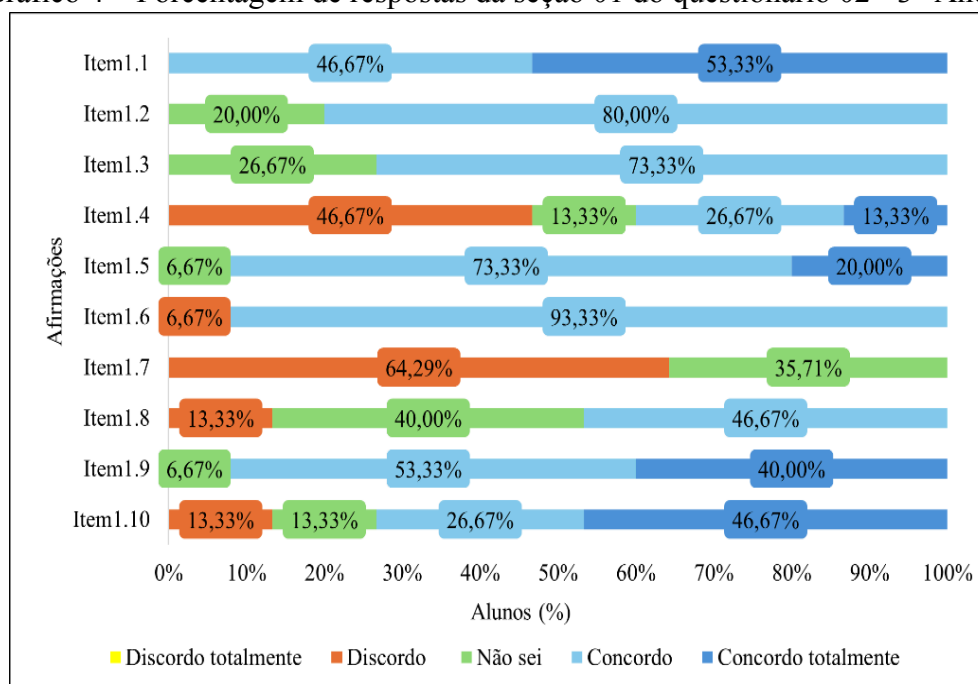
Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 3 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 01 - 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 4 – Porcentagem de respostas da seção 01 do questionário 02 - 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

O item 1.1 aborda um dos principais conceitos físicos, afirma que o Campo elétrico é uma grandeza vetorial. Os resultados apresentados mostram que 84% dos alunos da turma do 3º Ano B concordaram, evidenciando que tinham conhecimentos prévios acerca dessa medida. Comparando com o questionário 02 a porcentagem elevou-se para 93,75%. Na turma do 3º Ano C, os resultados também foram positivos, a porcentagem de concordância cresceu de 84,25% para 100%.

O item 1.2 afirma que a ideia de Campo elétrico pertence a uma região sujeita a ação de forças, portanto, uma afirmação correta. Sabe-se que para comprovar a existência de um Campo elétrico é necessário a interação de mais de um corpo eletrizado. Sendo assim, conhecemos quais as forças que estão atuando a depender da distância entre eles. Partindo deste entendimento, observou-se que, conforme os resultados do questionário 01, o nível de concordância foi de 80% para a turma do 3º Ano B e aumentou para 87,5% no questionário 02. Na turma C, 73,68% concordaram no questionário 01, essa porcentagem aumentou para 80% no questionário 02.

O item 1.3, ao contrário da afirmação anterior, para acertarem os alunos deveriam discordar, pois o item afirma de forma inverídica que Campo elétrico depende tanto da carga geradora quanto da carga de prova. O Campo elétrico independe da carga de prova. Assim, na turma B somente 8% dos alunos discordaram, o que representa a porcentagem de acertos no

questionário 01 e 56% concordaram revelando quantos erraram. No questionário 02 os resultados mostram ganhos significativos de 50% de discordância, a porcentagem dos que não sabiam foi 36% e diminuiu para 18,75%. Na turma C, houve resultados inesperados, a porcentagem de discordância era de 22,22% no questionário 01 e despencou para 0,00% no questionário 02. A porcentagem dos que concordaram foi 73,33%.

O item 1.4 buscou saber a compreensão dos alunos a respeito da definição do Campo elétrico uniforme. No questionário 01, os resultados mostraram que a porcentagem de concordância foi de apenas 16%, os dados chamam atenção para a porcentagem de alunos que discordaram representando a maioria 44% e os que não sabiam foram de 40% na turma B. No questionário 02, houve um aumento significativo de concordância 75%, significa que os alunos obtiveram melhor compreensão conceitual. Na turma C a porcentagem dos que concordaram inicialmente foi de 36,85%, no questionário 01. Em relação ao questionário 02, o número dos que discordaram 46,67% foram superiores a porcentagem dos que concordaram que representaram 40%. Os dados revelam que a turma apresentou uma melhora, mas ainda existe dificuldade em compreender as características de Campo elétrico uniforme.

O item 1.5 aborda um exemplo sobre Campo elétrico uniforme. Neste item somente 16% dos alunos concordaram, 68% responderam que não sabiam no questionário 01 da turma B. O questionário 02 apresentou melhores resultados, a porcentagem de concordância aumentou para 62,5% os que não sabiam a porcentagem caiu mais da metade, para 31%. Na turma C, os resultados também apresentaram um aumento considerável, apenas 15% haviam concordado no questionário 01. No questionário 02, a porcentagem de concordância aumentou para 93,33%.

Sobre os conceitos de Potencial elétrico, os itens 1.6, 1.9 e 1.10 os alunos deveriam (concordar) e/ou (concordar totalmente) para acertarem as afirmações. Os itens 1.7, 1.8 deveriam (discordar) e/ou (discordar totalmente).

O item 1.6 está relacionado ao conteúdo de Potencial elétrico, afirma-se que essa grandeza mede a capacidade que um corpo dotado de energia tem para realizar trabalho, ou seja, uma carga elétrica move-se em um Campo elétrico somente se ela tiver energia suficiente para realizar trabalho. Na turma B, os resultados do questionário 01, 64% dos alunos concordaram, enquanto no questionário 02, houve um pequeno decréscimo a porcentagem de concordância foi de 62%. Na turma C, observou-se uma melhoria nos resultados, no questionário 01, 68,42% dos alunos concordaram e no questionário 02, evoluiu para 93,33%.

O item 1.7, a afirmação considera que o Potencial elétrico não possui relação com a energia Potencial elétrico, o que é uma inverdade. Na turma B, analisando os questionários 01 e 02, verifica-se que houve uma evolução, inicialmente os que discordaram foram 60% dos alunos e aumentou para 66,66%. Na turma C, de acordo com os resultados, é possível verificar que 57,89% discordaram no questionário 01, e no questionário 02 a porcentagem de discordância foi superior a 64,29%. Observa-se dessa forma que as duas turmas obtiveram ganhos em porcentagem de acertos.

O item 1.8, afirma que a energia Potencial elétrico de um Campo elétrico é chamada energia Potencial gravitacional. A mencionada definição está incorreta, pois mesmo se tratando de energias potenciais as duas correspondem a interações diferentes na natureza. Energia Potencial elétrica está associada ao Campo elétrico, enquanto, a energia Potencial gravitacional se relaciona ao campo gravitacional.

Ao analisar os resultados nas turmas A e B quanto à compreensão conceitual desse item, observou-se que na turma B, no questionário 01, somente 4% discordaram, conforme esperado. Já a maioria, representada por 76%, erraram ao concordarem com a afirmação. No questionário 02, a porcentagem de discordância aumentou para 12,5%, um pequeno acréscimo, porém, o quantitativo dos que concordaram foi de 68,75%. Na turma C, no primeiro questionário, 29,41% discordaram e 47,06% concordaram. No questionário 02, somente 13,33% discordaram, enquanto a maioria ficou entre os que concordaram 46,67%, e 40% indicaram não saber.

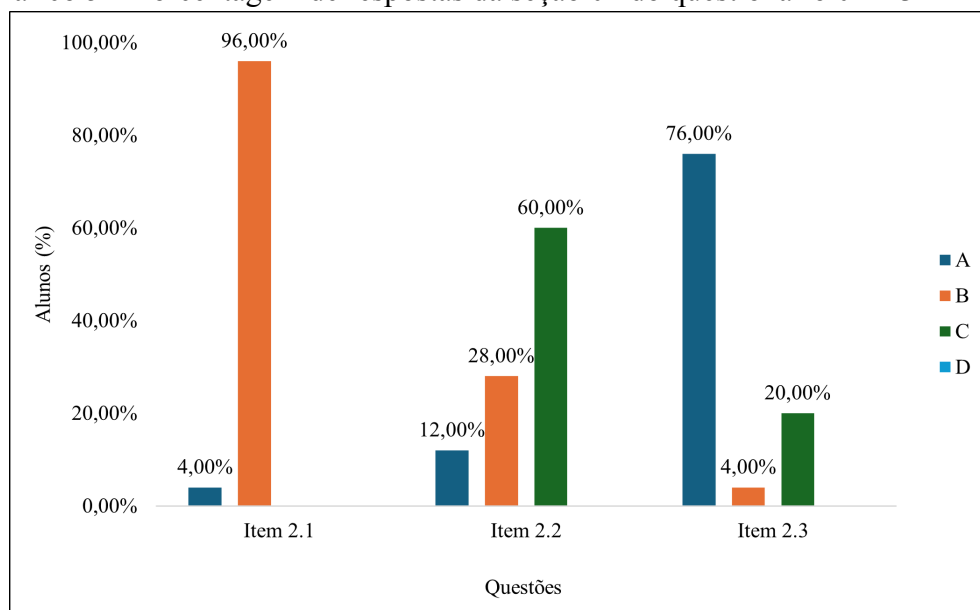
O item 1.9 buscou saber o conhecimento dos alunos em termos da unidade de medida do Potencial elétrico. O nível de concordância na turma B para este item foi de 44%. A maioria disse que não sabiam, representando 48%. No questionário 02, houve melhoria nos resultados, a soma dos que concordaram foi de 66,66%, enquanto a porcentagem dos que não sabiam caiu para 20%. Na turma C, os alunos demonstraram bons resultados nos dois questionários, inicialmente o nível de concordância era de 73,69% e evoluiu para 93,33% representando os acertos.

O item 1.10 teve como objetivo analisar o conhecimento dos alunos acerca do conceito de superfícies equipotenciais. No questionário 01, as duas turmas obtiveram resultados semelhantes, a porcentagem de concordância foi de 36%, enquanto os que não sabiam representava 56% na turma B e 52,63% na turma C. No questionário 02, a concordância teve um aumento relevante de 75% na turma B e 73,34% na turma C.

4.2 ANÁLISE DA SEÇÃO 02

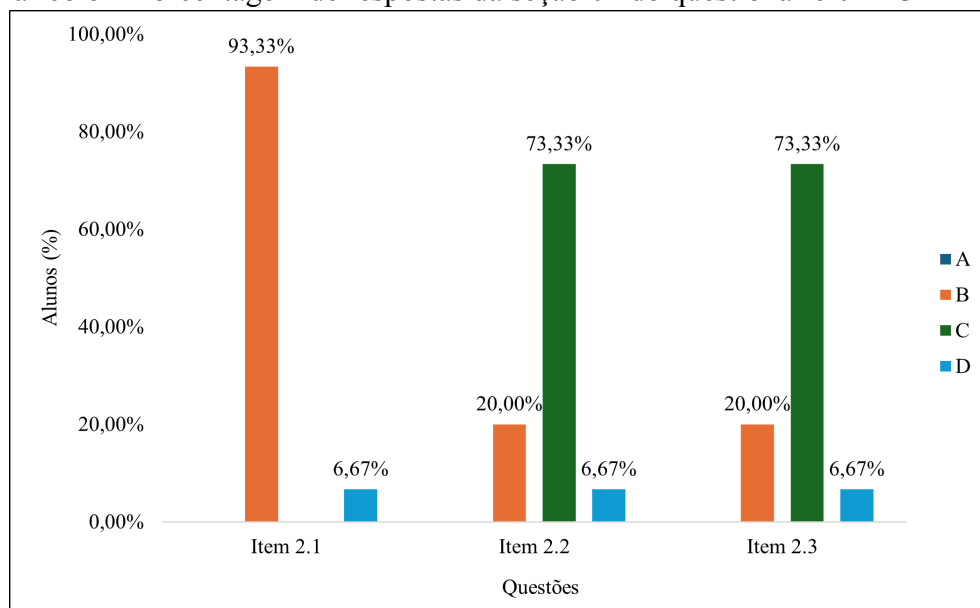
Para conhecer sobre a habilidade dos alunos em relacionar a teoria com a prática foram elaboradas as questões da seção 2. São questões de múltipla escolha, com letra a, b, c e d. Os gráficos 5 e 6 mostram os dados obtidos por meio dos questionários 01 e 02 para as duas turmas.

Gráfico 5 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 01 – 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 6 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 02 – 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

O item 2.1 aborda sobre o Campo elétrico uniforme. Foi perguntado qual região as linhas de campo são uniformes. A resposta correta seria a letra b. Observou-se que na turma B, os alunos demonstraram um bom conhecimento acerca dessa pergunta. Um total de 96% acertou no questionário 01, porém houve um pequeno decréscimo de 2,67% com relação ao questionário 2, os que responderam corretamente foram 93,33%. Na turma C, verificou-se bons resultados no questionário 01, 89,47% acertaram, no entanto foi observado que no questionário 2, a porcentagem de acertos diminuiu para 66,67%.

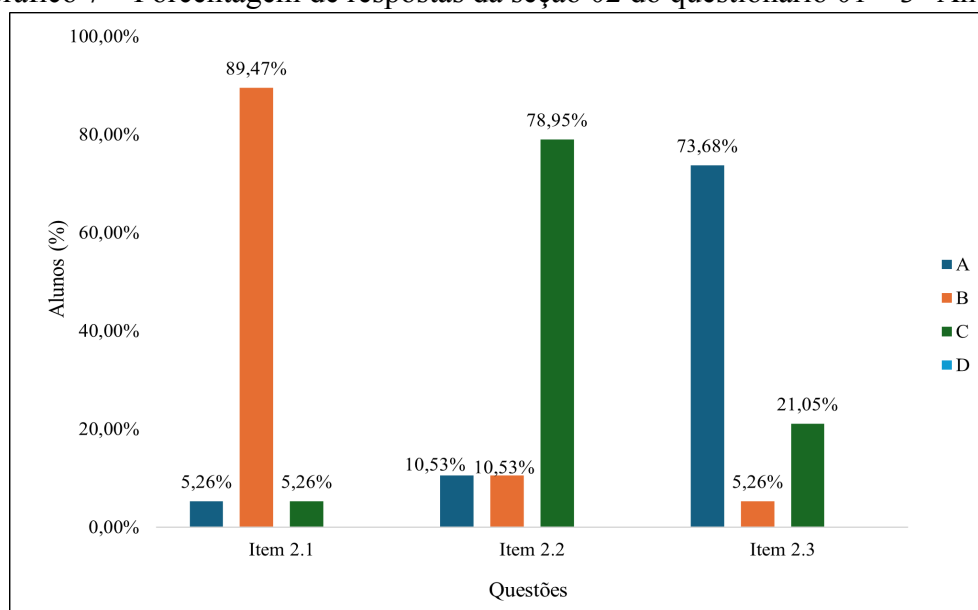
No item 2.2, a questão buscava saber quais fatores influenciam na intensidade do Campo elétrico. Na turma B, a porcentagem de alunos que acertaram a alternativa correta foi de 60% no questionário 01, esse percentual aumentou para 73,33 no questionário 02, revelando melhorias na aprendizagem. Na turma C, os resultados também foram positivos, verificou-se que no questionário 01, 78,95% dos alunos acertaram e no questionário 02, 86,67% marcaram a alternativa correta.

No item 2.3, a questão se refere às superfícies equipotenciais criadas por uma carga solitária, nesta questão para as duas turmas os resultados revelam um decréscimo significativo quando comparados os questionários 01 e 02. No primeiro questionário, na turma B, a porcentagem dos alunos que acertaram foi de 76,68%. No questionário 02 esse número despencou para 0,00%. Na turma C, 73,68% acertaram no primeiro questionário e no segundo esta porcentagem diminuiu para 40%.

Vale ressaltar que, nesta seção, observa-se bons resultados para todos os itens no questionário 01. Entretanto, no questionário 02, os resultados apontam algumas divergências nos itens 2.1 e 2.3 para ambas as turmas conforme os Gráficos 7 e 8. Acredita-se que os resultados inesperados não foram em decorrência da metodologia utilizada. Hipoteticamente, podem estar relacionados a falta de interesse dos alunos em responder o questionário 02 pelo fato de não haver atribuições de notas.

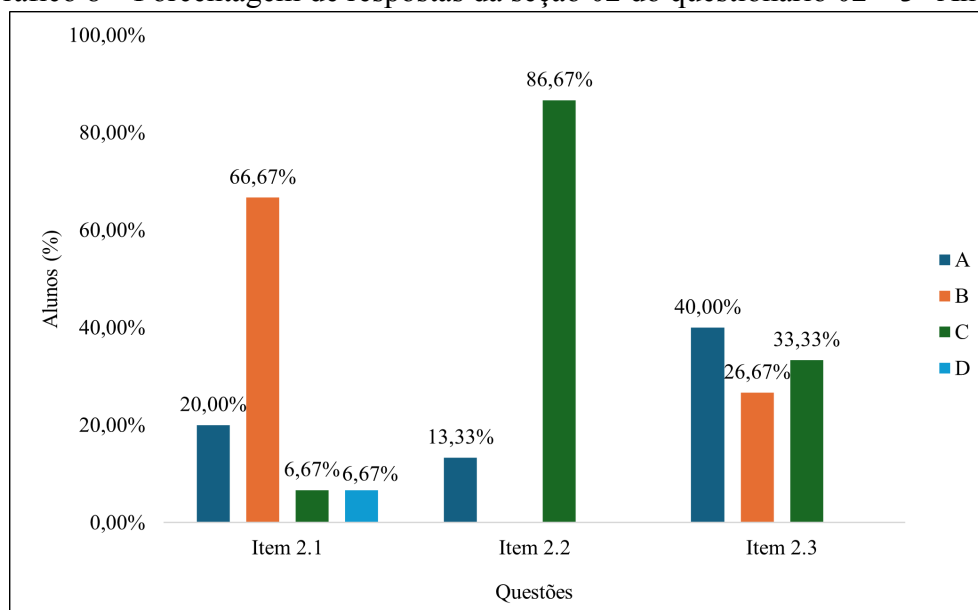
Além disso, a pressa é outro fator que pode ter influenciado, pois conforme constatado, durante a aplicação do questionário 01, os alunos responderam com maior atenção, enquanto no questionário 02 responderam com maior rapidez e, consequentemente, menos cautela nas respostas.

Gráfico 7 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 01 – 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 8 – Porcentagem de respostas da seção 02 do questionário 02 – 3º Ano C

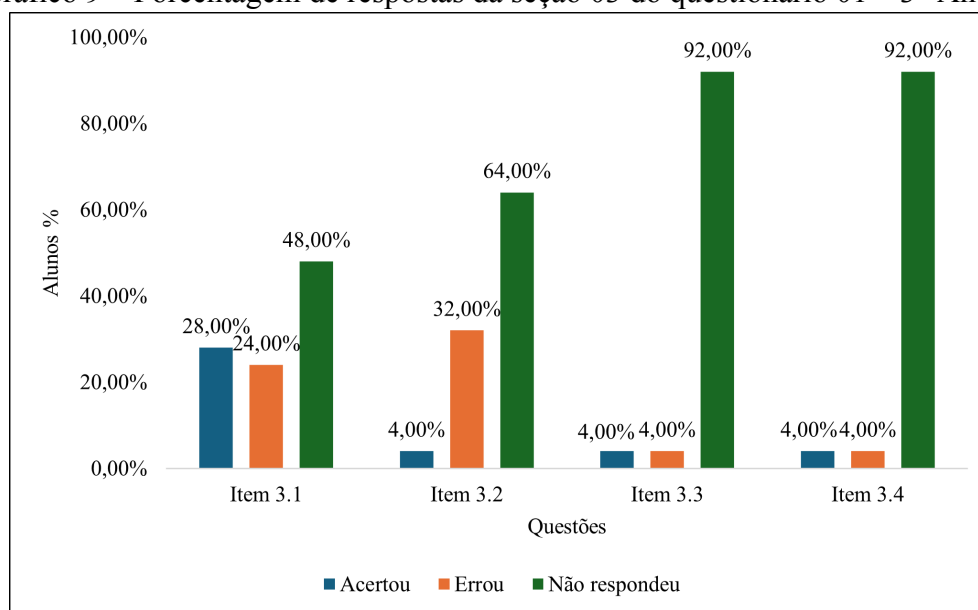


Fonte: Autoria própria (2025).

4.3 ANÁLISE DA SEÇÃO 03

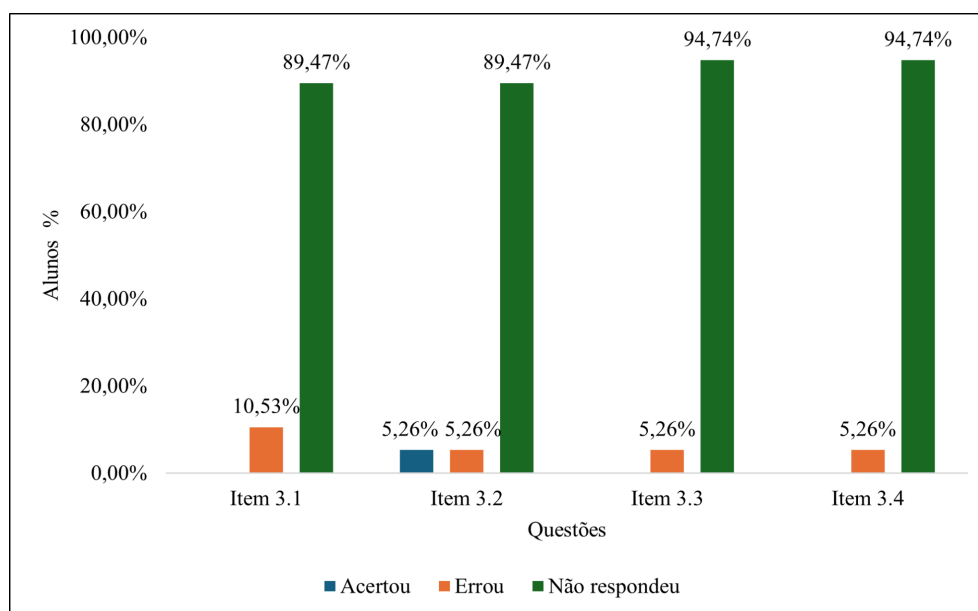
Dando sequência a análise dos questionários, na seção 03, teve as questões que exigiram o uso de expressões matemáticas. Elas foram elaboradas com o objetivo de avaliar as habilidades dos alunos em resolver problemas. Os gráficos 9 e 10 demonstram os percentuais obtidos para cada item.

Gráfico 9 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 01 – 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 10 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 02 – 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

O item 3.1 envolve o cálculo da força elétrica a partir dos valores do campo e da carga elétrica. Nesta questão, os dados do questionário 01 revelaram que na turma B, 28% dos alunos acertaram, 24% erraram e 48% não responderam. Foi observado que os erros ocorreram devido a dificuldade em aplicar a fórmula adequada, pois alguns alunos confundiram a intensidade de Campo elétrico com intensidade de corrente elétrica. houve casos em que acertaram a fórmula, entretanto, demonstraram dificuldades relacionadas às

propriedades de potenciação. No questionário 02, não houve percentuais para o número de acertos, 25% erraram e 75% não responderam.

Na turma C, no questionário 01, nenhum dos participantes acertou. Somente 10,53% responderam e erraram, representando assim 89,47% a taxa dos que não responderam. No questionário 02, registrou-se 60% na porcentagem de participação e acertos. Assim, todos que tentaram responder corresponderam ao objetivo, portanto não houve erros na resolução.

O item 3.2, ainda relacionado ao Campo elétrico, a questão fornece os seguintes valores: carga, distância e constante eletrostática do vácuo, com tais parâmetros pede-se para determinar a intensidade do Campo elétrico. No questionário 01, somente 4% acertaram, 32% erraram e 64% não responderam, na turma B. Os erros ocorreram de diferentes maneiras: o resultado não era condizente com o passo a passo da resolução, alguns não consideraram a distância elevada ao quadrado (d^2). Outros conseguiram aplicar a fórmula, porém com erros na divisão dos valores. No questionário 02, os resultados expressam uma variação negativa, 100% dos alunos deixaram sem responder.

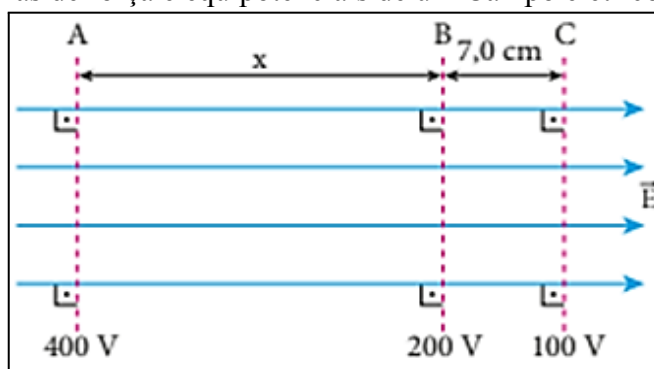
Na turma C, para o questionário 01 a porcentagem de acertos e erros foi a mesma, 5,26%. O quantitativo dos que não responderam prevaleceu semelhante à questão anterior, 89,47%. Percebeu-se que não houve empenho por parte dos alunos em tentar resolver o problema. No questionário 02, foi obtido uma pequena porcentagem de acertos, 20% indicaram ter compreendido. Os que erraram foram 20% e os que não responderam diminuiu para 60% c.

O item 3.3 se refere ao Potencial elétrico . A questão buscou saber qual o Potencial elétrico em um determinado ponto, a uma distância “x” de uma carga elétrica solitária. No questionário 01, apenas 4% acertaram, enquanto outros 4% erraram, os que não responderam totalizaram 92% da turma B. No questionário 02, 100% deixaram a questão sem respostas.

Na turma C, não obteve porcentagem de acertos, 5,26% equivalem aos erros e 94,74% não responderam ao questionário 01. No questionário 02, os dados revelam um leve aumento de 20% na porcentagem de acertos, notou-se que os erros somaram 20% e os que não responderam diminuiu para 60% comparado ao questionário 01

O item 3.4, traz uma questão referente às superfícies equipotenciais de um Campo elétrico uniforme. Para resolver a questão era necessário observar uma ilustração de valores conforme a Figura 13 com as informações da distância e do Potencial elétrico em cada ponto da superfície equipotencial. Os resultados do questionário 01 e questionário 02 na turma B foram análogos ao item 3.3. Não apresentaram bons resultados.

Figura 8 – Linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme

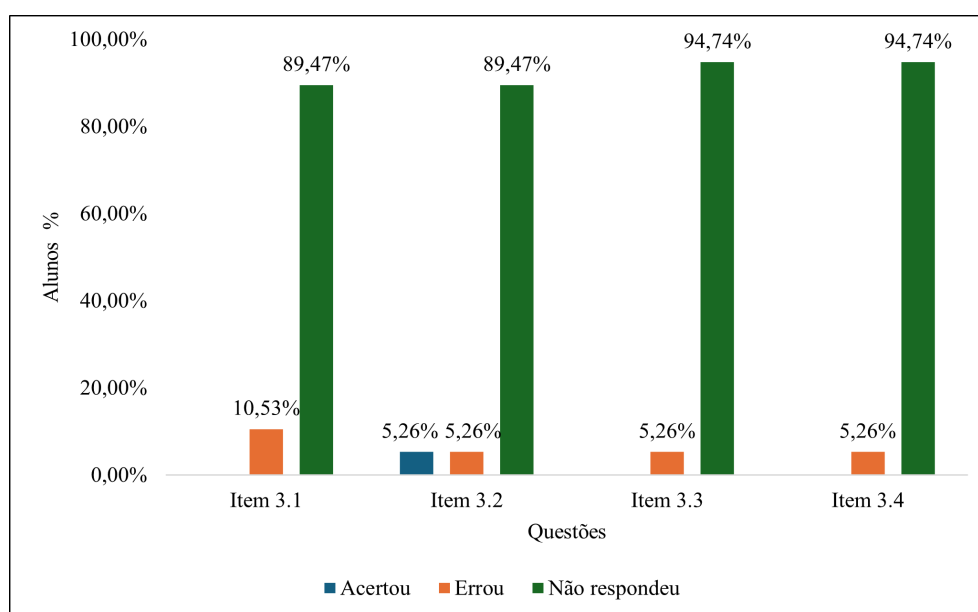


Fonte: Biscuola, Bôas, Doca, (2016).

Na turma C, os dados demonstram resultados inferiores ao esperado em ambos os questionários. No questionário 01, um total de 94,74% não respondeu, e no questionário 02 foram 93,33%. A porcentagem de erros aumentou de 5,26% para 6,67%.

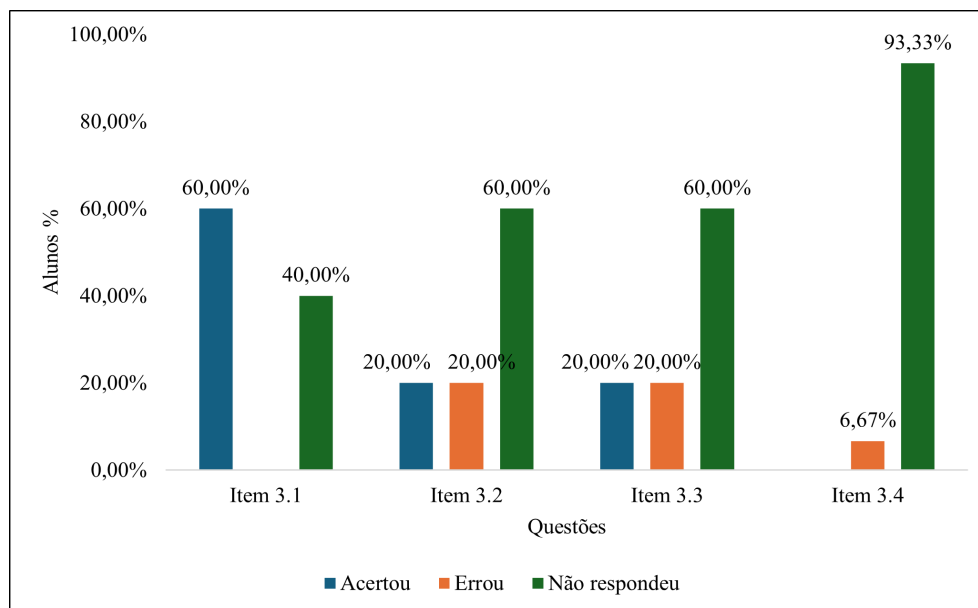
Estes dados expressam que nesta análise comparativa entre os questionários 01 e 02 para ambas as turmas, evidenciam uma redução significativa na porcentagem de resposta esperadas, prevalecendo o índice de questões que não foram respondidas conforme os gráficos 11 e 12. Foi observado que durante a aplicação dos questionários, os alunos relataram não se lembrar das fórmulas e questionaram se poderiam deixar em branco, afirmando não saber como resolver as questões. Notou-se que os discentes não tiveram empenho em responder as questões mesmo após a aplicação da proposta.

Gráfico 11 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 01 – 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 12 – Porcentagem de respostas da seção 03 do questionário 02 – 3º Ano C



Fonte: Autoria Própria (2025).

4.4 ANÁLISE DA SEÇÃO 04

Analizando os dados da seção quatro, constituídas por questões abertas, o item 4.1 buscou saber qual a opinião dos discentes sobre a disciplina de Física, se consideravam fácil ou difícil a compreensão de determinados conteúdos. Para ambas as turmas, houve diferentes percepções acerca da disciplina e dos conteúdos abordados nela. Considerando que neste item os alunos se expressaram subjetivamente, a título de organização, as opiniões registradas foram organizadas em classificação fácil, mediana e difícil. No Quadro 1, estão descritos alguns dos relatos dos estudantes que consideraram a disciplina como difícil:

Quadro 1 - Descrição das respostas registradas no item 4.1 do questionário 01

Descrição das respostas difíceis	
Turma B	Aluno 03 – “Difícil”. Aluno 06 – “Considero um pouco difícil, mais é uma matéria boa”. Aluno 24 – “Muito difícil e desafiadora, mas também fascinante, alguns conteúdos são bem complexos de entender”.

Turma C	Aluno 03 – “Difícil compreensão de determinados conteúdos”. Aluno 15 – “Considero difícil, pois exigem muita familiaridade com os conteúdos, fato que não ocorre devido à baixa carga horária de aulas”. Aluno 17 – “Física é uma matéria bastante interessante. Mas, alguns conteúdos com a metodologia do professor, é difícil”.
---------	--

Fonte: Autoria própria (2025).

A descrição dos relatos expõe que muitos alunos classificam a disciplina como “Difícil”. Apesar desse pensamento, muitos relatam ser interessante, fascinante e tem uma visão positiva da disciplina considerando uma boa matéria.

Os que tiveram a opinião em nível de neutralidade descreveram da seguinte forma, conforme o Quadro 2:

Quadro 2 - Descrição das respostas registradas no item 4.1 do questionário 01

Descrição das respostas medianas	
Turma B	Aluno 01 – “Mais ou menos”. Aluno 08 – “Depende muito do método de ensino que os professores sugerem”. Aluno 22 – “Mediano, pois a maior dificuldade é memorizar fórmulas”.
Turma C	Aluno 09 – “Algumas são consideravelmente fáceis, pois quando se trata de fórmulas aplicadas, são mais “lembráveis”. Outras já considero difícil, já que algumas vezes é preciso entender especificamente. A matéria é mais mediana”. Aluno 11 – “Certos conteúdos são fáceis, porém tem assuntos complicados”. Aluno 13 – “Às vezes eu compreendo, às vezes não”.

Fonte: Autoria própria (2025).

Os alunos que tiveram opiniões medianas, expuseram em seus relatos que a metodologia utilizada pelo professor pode impactar na aprendizagem. Alguns disseram que, mesmo se tratando do uso de fórmulas, consideram os conteúdos fáceis. No entanto, o aluno 09 expressa na sua fala que quando possuem familiaridade com as fórmulas torna-se fácil utilizar para resolução de questões. Entretanto, mencionou também que outros assuntos exigem um entendimento mais detalhado o que torna difícil a compreensão, sendo assim tem considera a matéria mediana. As demais opiniões possuem percepções intermediárias sobre a disciplina, dependendo do conteúdo abordado acham fácil ou difícil.

O quadro 3, descreve os relatos dos alunos que consideraram fáceis, eles mencionaram que:

Quadro 3 - Descrição das respostas registradas no item 4.1 do questionário 01

Descrição das respostas fáceis	
Turma B	Aluno 02 – “Se compreender as atividades, fórmulas é possível ficar fácil a matéria, e fazer questões onde tem cálculo”. Aluno 05 – “É fácil, mas a carga horária é muito baixa para que nós alunos conseguimos memorizar fórmulas em duas aulas” Aluno 15 – “Fácil para alguns conteúdos. Porém, com um professor bom o conteúdo difícil fica compreensível de entender”.
Turma C	Aluno 10 – “Fácil, mas tenho um pouco de dificuldade para lembrar do conteúdo depois de trabalhado”.

Fonte: Autoria própria (2025).

Nas respostas declaradas fáceis, os estudantes mencionaram que quando compreendida as fórmulas torna-se fácil o entendimento e a resolução de questões, mas a carga horária não é suficiente para memorização de fórmulas em um curto espaço de tempo (Aluno 05, Turma B). Percebe-se que a dificuldade não é o conteúdo em si, mas o tempo disponível para assimilação dos conteúdos, outros registros revelaram somente ser fácil compreensão (Aluno 21).

As considerações sobre a facilidade da disciplina e dos conteúdos, nem sempre condiz com os resultados obtidos por meio dos questionários aplicados. As questões que envolveram a aplicação de fórmulas, muitas delas não foram resolvidas. Com isso, é possível inferir que a ideia de fácil, pode ser declarada subjetiva.

O item 4.2, buscou averiguar os motivos que levam os alunos a enxergarem a disciplina como difícil caso assim a considerassem. Neste item as respostas obtidas indicaram que o tempo das aulas influenciam bastante na aprendizagem dos estudantes, outro ponto mencionado por eles foi o excesso dos cálculos matemáticos e demasiadas fórmulas que dificultam a compreensão dos conceitos físicos. No Quadro 4, estão destacados os relatos dos alunos para este item.

Quadro 4: Descrição das respostas registradas no item 4.2 do questionário 01

Descrição das respostas do item 4.2	
Turma B	Aluno 03 – “Porque é muito cálculo pra fazer”. Aluno 10 – “Acho que pela quantidade de fórmulas que tem que aprender”. Aluno 16 – “Não gosto de números e fórmulas”. Aluno 23 – “Não tenho dificuldade”.
Turma C	Aluno 01 – “Conteúdos difíceis, com fórmulas difíceis com muitas variações”. Aluno 09 – “Alguns casos e a estrutura da questão e interpretação. Os esquecimentos de fórmulas podem atrapalhar”. Aluno 15 – “Poucas aulas, ausência de instrumentos para aula prática”. Aluno 17 – “Metodologia, interesse, barulho demais”.

Fonte: Autoria própria (2025).

Nas descrições os alunos apontaram que as dificuldades decorrem com maior frequência devido ao déficit na aprendizagem. Denota-se uma deficiência dos conhecimentos matemáticos, o que dificulta o entendimento de fórmulas e resoluções de questões.

O item 4.3 teve a finalidade de investigar a opinião dos estudantes sobre aulas práticas. Se ajudaria a melhorar a compreensão acerca da disciplina de Física. Conforme as respostas obtidas descritas no Quadro 5, os discentes relataram em ambas as turmas que as atividades práticas contribuem para a aprendizagem.

Quadro 5 - Descrição das respostas registradas no item 4.3 do questionário 01

Descrição das respostas do item 4.3	
Turma B	Aluno 02 – “Sim, poderia ajudar muito o aprendizado dos alunos da disciplina”. Aluno 10 – “Acredito que sim, pois seria mais lúdico o que faria nós alunos ter mais interesse e melhor compreensão”. Aluno 22 – “Talvez sim”. Aluno 23 – “Sim, nada melhor para compreender do que a prática”.
Turma C	Aluno 09 – “Acredito que sim, já que seria uma forma interessante de criar habilidades para determinadas áreas”. Aluno 13 – “Mais ou menos, pois depende do querer do aluno”. Aluno 14 – “Sim, mas dependendo como seria a aula e o ensinamento”. Aluno 23 – “Sim, iria trazer uma outra visão em relação aos conteúdos”.

Fonte: Autoria própria (2025).

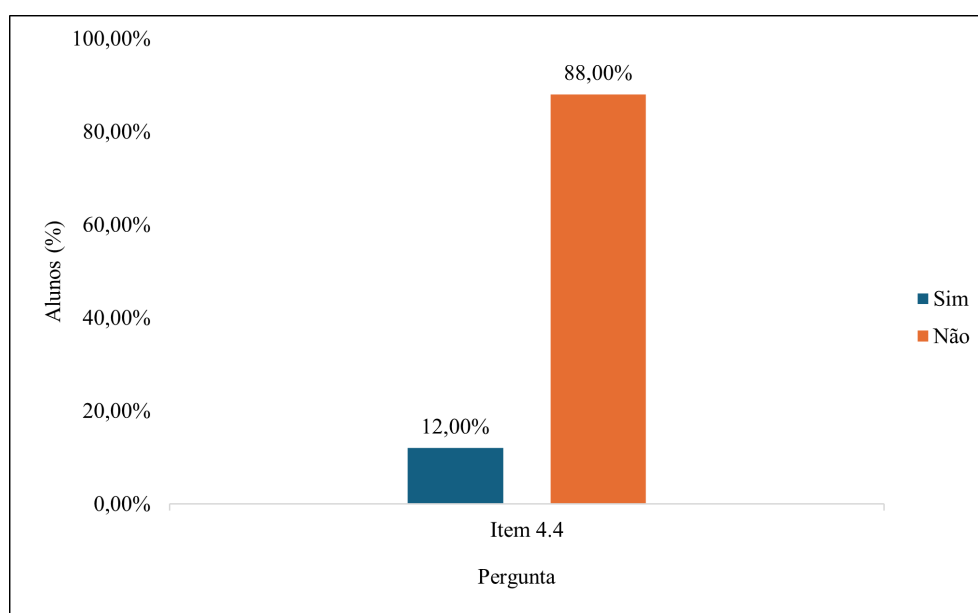
É possível verificar que a maioria dos discentes, para ambas as turmas acreditam que as atividades práticas melhoram o aprendizado na disciplina e apontam os possíveis benefícios que trariam por exemplo, ludicidade, diversão, novas habilidades e uma visão diferenciada em relação aos conteúdos.

Além dessas opiniões, foram obtidas respostas neutras e adversas. Alguns dos estudantes (Alunos 13, Turma C) mencionaram que a aprendizagem depende também do interesse do aluno. Outro disse que depende como a atividade é conduzida (Aluno 14, Turma C) . Um único aluno deu uma resposta negativa, porém ele não descreveu o motivo dessa percepção (Aluno 10, Turma B).

O item 4.4 buscou saber dos alunos se o professor utiliza recursos tecnológicos durante as aulas de Física. Os resultados obtidos de acordo com os Gráficos 13 e 14 expõem que em ambas as turmas o docente não utilizava ferramentas tecnológicas para auxiliar o processo de ensino aprendizagem dos estudantes. Alguns estudantes verbalmente acrescentaram que não tinham contato com experimentos.

Na turma B, 88% dos alunos asseguram que não há implementação desses recursos durante as aulas, apenas 12% responderam que sim. Destes que disseram sim, um deles (Aluno 07, Turma B) apontou o data show, entretanto, entende-se que este aparelho é utilizado frequentemente para dar suporte ao professor na exposição dos conteúdos. Não tem a finalidade de prover habilidades ou interações dos educandos.

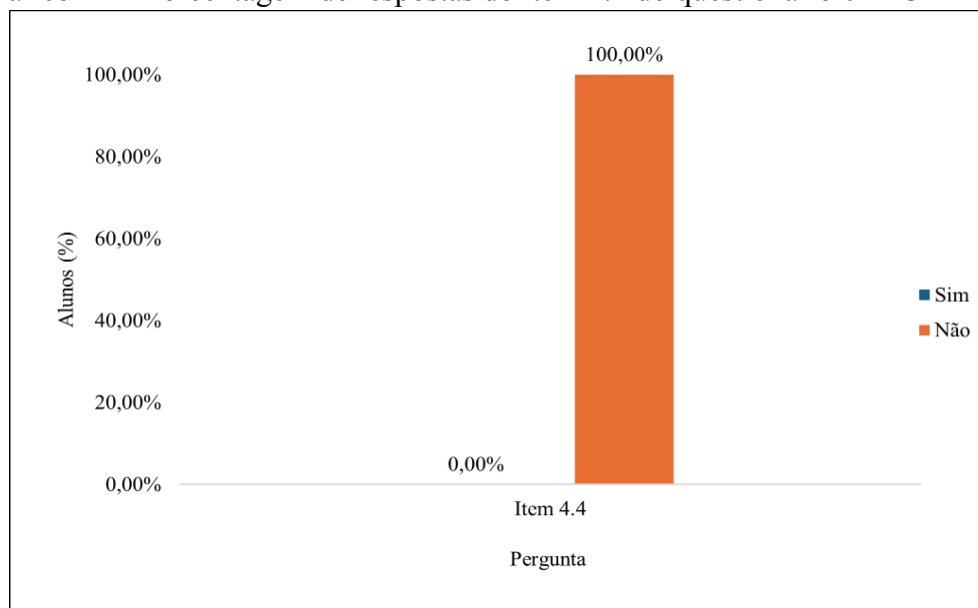
Gráfico 13 – Porcentagem de respostas do item 4.4 do questionário 01 – 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

Na turma C, 100% dos alunos confirmaram não haver o uso da tecnologia nas atividades da disciplina. A ausência da tecnologia no ambiente escolar prejudica a aprendizagem do alunado, além de provocar o desinteresse e a desmotivação pela matéria. Impede ainda realizar observações de fenômenos físicos dificultando a compreensão dos conceitos.

Gráfico 14 – Porcentagem de respostas do item 4.4 do questionário 01 – 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

4.5 ANÁLISE DA SEÇÃO 04 DO QUESTIONÁRIO 02

O item 4.4 do questionário 02 da avaliação da tecnologia Arduino após a realização de atividades experimentais. Com base no modelo TAM, foram seis para cada variável. As respostas de cada item foram registradas com base na escala Likert.

● Utilidade Percebida

De acordo com a utilidade percebida, analisando os itens para esta variável, nota-se que houve uma boa aceitação por parte dos alunos com relação ao uso Arduino. A respeito do item 4.1 o índice de concordância supera 70% na turma do 3º Ano B e chega a 93,33% na

turma do 3º Ano C. Os discentes acreditam que o uso dessa tecnologia é útil nas atividades experimentais, pois promove a aprendizagem da disciplina.

Em relação ao item 4.2 que aborda o uso do Arduino para realizar medidas elétricas, os níveis de concordância são de 62,50% na turma B e 93,33% na turma C. Os valores indicam que os discentes veem o microcontrolador como uma ferramenta útil e eficiente para este fim.

A afirmação seguinte procurou saber dos alunos se o uso do Arduino ajudou a melhorar a compreensão dos assuntos abordados nos experimentos. Foi verificado que mais de 70% concordaram em ambas as turmas. Esse resultado comprova que os estudantes reconheceram o Arduino como um recurso útil e facilitador da aprendizagem.

Os itens 4.4, 4.5 e 4.6 afirmaram que o uso do Arduino pode ser útil por contribuir nas aulas práticas quando há ausência de laboratório de Física, além de deixarem as aulas mais dinâmicas despertando o interesse e a motivação pela disciplina. Na turma B, mais de 65% dos alunos concordaram com os itens. Na turma C, os valores foram ainda mais significativos, 93,33% concordaram nos itens 4.4 e 4.5 e 86,65% no item 4.6.

Analisando as respostas dos que não sabiam na turma B destacamos os itens 4.2 e 4.5. Os dados revelaram a porcentagem de 31,25% para ambos. Os alunos que responderam dessa forma, talvez não tenham tido tempo suficiente de contato com a tecnologia em questão. Por consequência, nem todos os alunos estiveram envolvidos 100% nas atividades, os resultados obtidos neste questionário provêm de uma soma individual de cada participante.

● **Facilidade de Uso Percebida**

Conforme os dados coletados, observou-se a percepção dos alunos quanto a facilidade para usar o Arduino. Constatou-se bons resultados para esta variável. Aproximadamente, 86,67% na turma B classificaram como fácil a utilização do Arduino em atividades experimentais. Na turma C, 66,67% tiveram a mesma opinião a respeito da facilidade.

O item 4.8 afirmou que foi difícil entender o funcionamento do Arduino nos experimentos demonstrados, nessa questão 40% dos estudantes da turma B discordaram, 13,33% disseram não saber e 46,67% concordaram. Na turma C, 60% discordaram, 26,67% concordaram e o restante da turma 13,33% não sabiam.

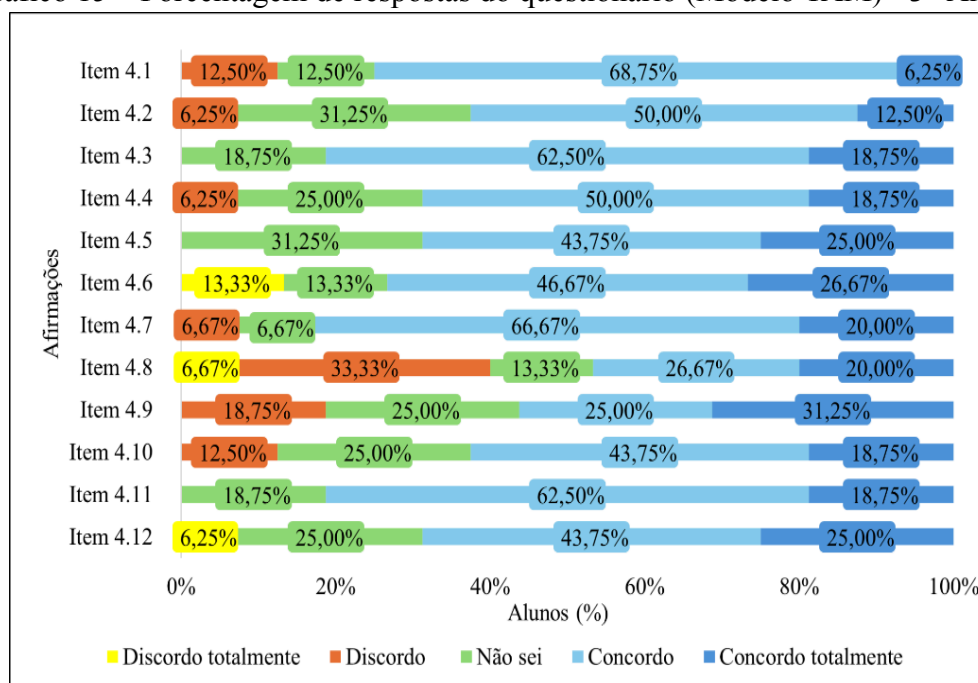
Percebe-se que, embora os alunos consideraram o Arduino fácil de ser utilizado, teve opiniões que não tem certeza de que as experiências adquiridas e as futuras sejam fáceis, sobretudo na turma B em que o percentual de discordância foi menor.

Os itens 4.9 e 4.10 abordaram sobre a confiança em realizar as atividades experimentais com o Arduino e a facilidade em compreender os assuntos trabalhados durante a aplicação desta pesquisa. Foi possível perceber através dos resultados que mais de 50% dos alunos da turma B concordaram com ambos os itens. Na turma C, houve maior índice de concordância, superando 70%.

Finalizando essa análise, os dois itens restantes, 4.11 e 4.12 investigou a opinião dos estudantes a respeito da possibilidade de realizar atividades futuras com o Arduino e se recomendariam esta ferramenta didática para colegas e professores. 100% das turmas para ambos os itens, expressaram uma percepção positiva.

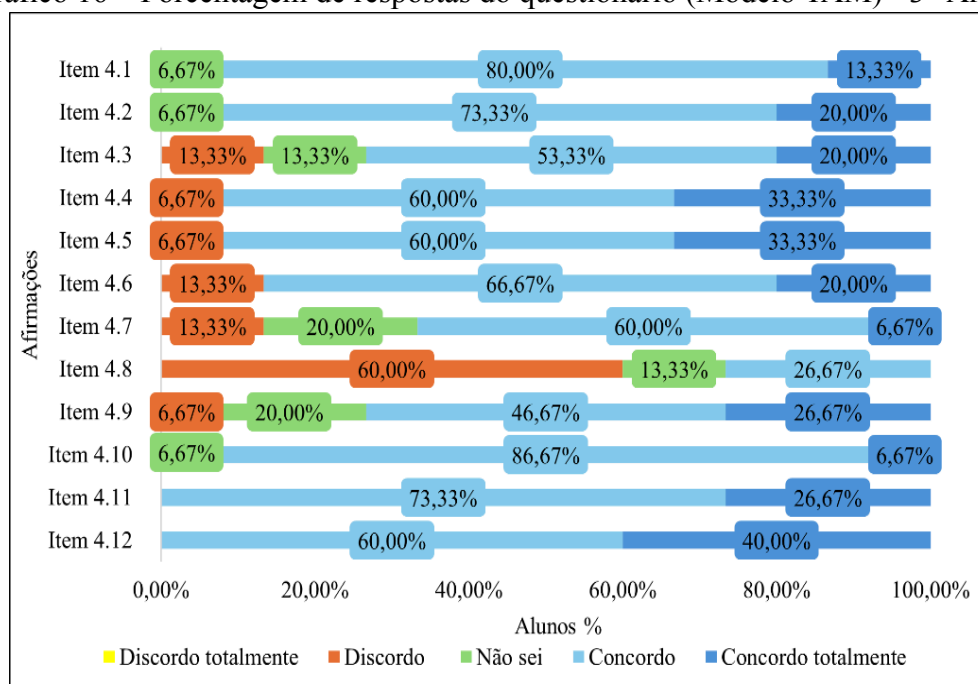
A partir desses dados, representados nos Gráficos 15 e 16, é possível inferir que a adoção desta tecnologia foi aceita pelos estudantes e demonstram boas perspectivas para o uso no ensino da Física. Constatou-se ainda que os resultados estavam alinhados com o Modelo de Aceitação de Tecnologia.

Gráfico 15 – Porcentagem de respostas do questionário (Modelo TAM) - 3º Ano B



Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 16 – Porcentagem de respostas do questionário (Modelo TAM) - 3º Ano C



Fonte: Autoria própria (2025).

4.6 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

Os experimentos foram previamente montados e levados para sala de aula para realização das aulas práticas com os alunos. As turmas foram divididas em Grupos para executarem as atividades.

Os conteúdos foram revisados antes de cada aula prática. Para o conteúdo de Campo elétrico foi abordado: A parte conceitual, as características do campo, demonstração das fórmulas, linhas de força e Campo elétrico uniforme. Para o Potencial elétrico, foi exposto: os conceitos, explicação da fórmula e as superfícies equipotenciais. As aulas foram expositivas com uso do quadro branco e pincel.

Na sequência, com o objetivo de mostrar o Arduino para os alunos, foi ministrada uma aula sobre esta ferramenta. Utilizou-se o recurso de slides produzidos com o *software PowerPoint* para ilustração dos componentes utilizados na montagem dos experimentos, principalmente, os sensores de tensão e distância. Além da demonstração, destacou-se as inúmeras possibilidades de se trabalhar com essa plataforma de prototipagem eletrônica.

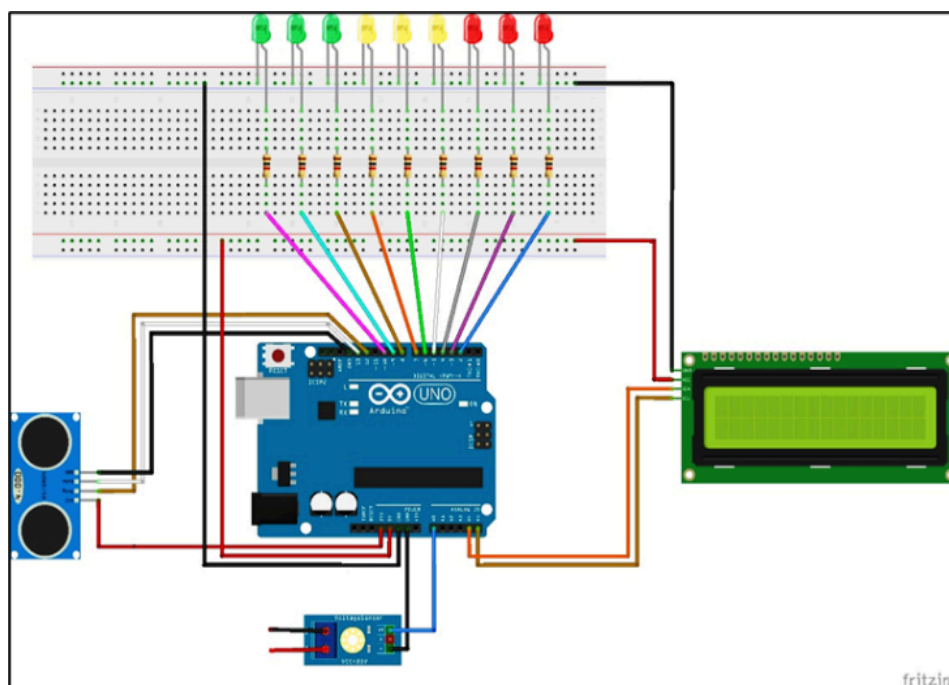
Durante a aula sobre o Arduino, os alunos tiveram contato com a placa Física. Quando questionados se conheciam, alguns disseram nunca ter ouvido falar sobre o

dispositivo, uma resposta comum nas duas turmas. Após essa etapa foi realizado o primeiro experimento conforme descrito a seguir.

4.6.1 Experimento 01 – Campo elétrico

Para a elaboração dos experimentos foram necessários diversos componentes eletrônicos para fazer as conexões com o Arduino. A montagem do circuito foi feita através do *software Fritzing*.

Figura 9 – Montagem do circuito do Campo elétrico



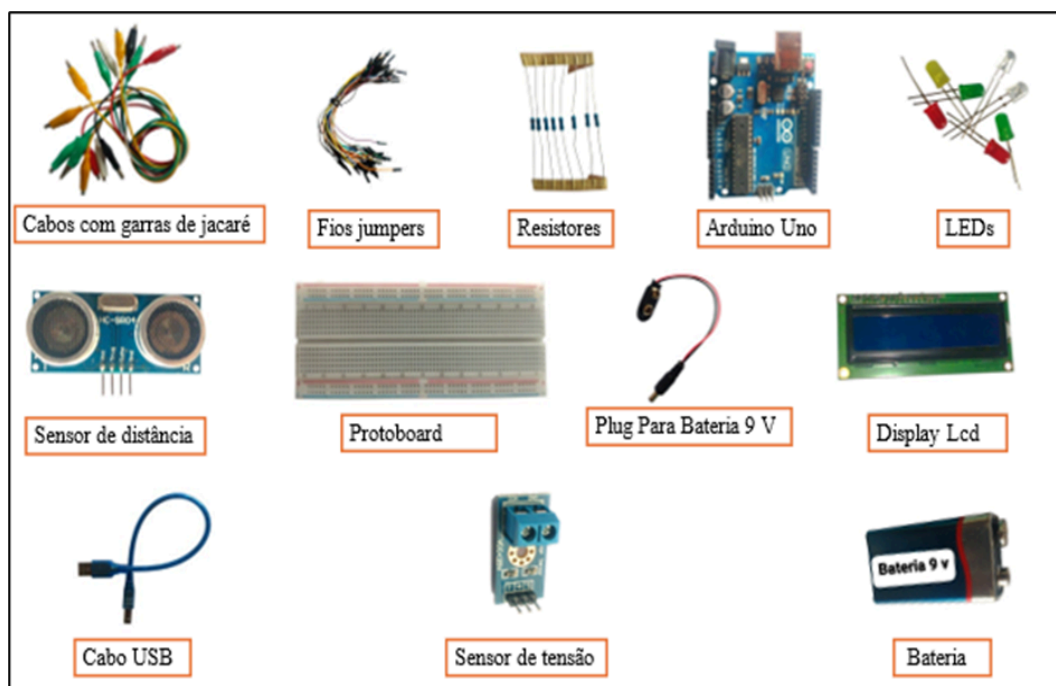
Fonte: Autoria própria (2025).

Os materiais utilizados nesses experimentos foram:

- 1 Arduino Uno;
- 2 Placas planas de metal (zinco) 8 cm² para serem submetidas a tensão da bateria;
- 1 Suporte de madeira para as posicionar as placas;
- 1 Régua de 30 cm para demarcar a distância entre as placas;
- 1 Display LCD (Liquid Crystal Display) 16x02 com Módulo I2c para exibir as informações;
- 1 Protoboard 830 pontos para inserção dos componentes eletrônicos.

- 4 cabos do tipo “garras de jacaré” para interligar o circuito;
- 1 Plug para bateria 9V;
- 1 Sensor de tensão medir a voltagem das placas;
- 1 Sensor ultrassônico HC-SR04 para realizar a leitura da distância entre as placas;
- 1 Bateria 9V alimentar a placa Arduino;
- 1 Bateria 12V para fornecer tensão para as placas;
- 9 Resistores 1 K Ω ;
- Leds (vermelho, amarelo, verde) de entradas/saídas digitais;
- 2 Pedacos de fios de 8 cm para conectar os terminais do sensor as garras de jacaré;
- 12 Jumpers macho/macho e 10 Jumpers macho/fêmea que conectam os componentes da *protoboard* com o Arduino.

Figura 10 – Componentes utilizados nos experimentos com Arduino



Fonte: Autoria própria (2025).

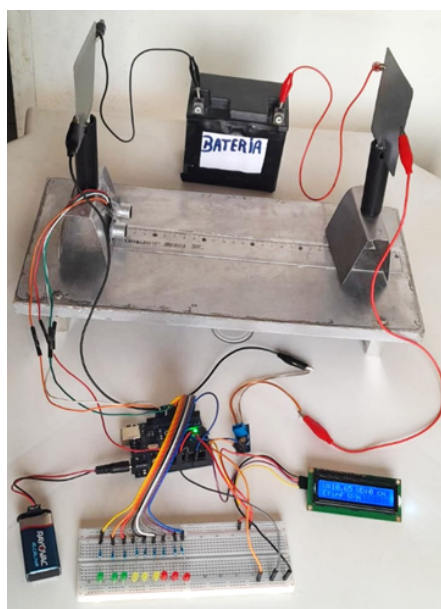
• Funcionamento

A ideia principal do experimento foi medir a intensidade do Campo elétrico entre placas paralelas separadas por uma determinada distância. A aquisição dos dados foi

realizada pelos sensores de tensão e distância conectados ao Arduino, responsável por processar as informações e exibi-las no display LCD .

A intensidade do Campo elétrico também pôde ser observada através do efeito visual emitido pela sequência de LEDs que indicava o nível de intensidade. Por exemplo, se o Campo fosse alto, todos os LEDs seriam acionados, se o Campo tivesse com média intensidade, somente os leds verde e amarelo seriam ativados. Quando o campo era baixo, apenas os leds de cor verde permaneciam ligados.

Imagem 2 – Medidor de Campo elétrico com Arduino



Fonte: Autoria própria (2025).

- **Procedimentos:**

1. Ajustar as placas, de modo que a placa com o sensor de distância deveria estar fixa no marco zero da régua, a outra estar sobre a régua.
2. Para medir a intensidade do Campo elétrico, era necessário mover a placa que estava sobre a régua variando a distância para se obter valores diferentes.
3. Realizar as anotações dos valores mostrados no display LCD, da tensão, da distância e do Campo elétrico, na tabela disponível no roteiro 01 (APÊNDICE E).

As turmas foram organizadas em Grupos descritos na Tabela 1. A atividade teve duração de 60 minutos, os primeiros 10 minutos foram utilizados para organizar o kit didático sobre a mesa, em seguida disponibilizou-se o roteiro 01, com orientações sobre a execução da atividade. Após a formação, cada Grupo, em sequência, se aproximou da mesa para realizar os experimentos.

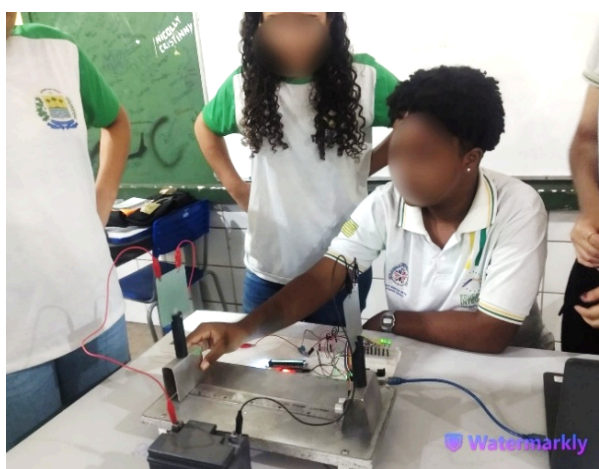
Tabela 1 – Participantes do experimento 01 - 3º Ano B

Grupos	Nº de participantes
Grupo A	5
Grupo B	5
Grupo C	4
Grupo D	4
Total	18

Fonte: autoria própria (2025).

Na turma B, os alunos estavam animados e curiosos com o experimento para saber como funcionava. Durante a atividade, surgiram questionamentos do tipo: “*Se eu tocar nos terminais do sensor, o que acontece?*” (Aluno 12; Grupo B). O (Aluno 01; Grupo B) Outro aluno perguntou, “*A bateria dá choque?*”. Nesse momento foi explicado que o circuito era seguro e que a bateria de 12 *Volts* não oferecia riscos de choque elétrico.

Imagem 3 - Alunos realizando o experimento



Fonte: Autoria própria (2025).

Imagem 4 - Alunos movendo as placas, analisando a variação do Campo elétrico



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 11 – Resultados da medidas de Campo elétrico uniforme

Grupo A				Grupo B			
Experimento 1: Campo elétrico				Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado	Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10.63	0.27m	42.624m	1	10.58	0.25	42.33
2	10.68	0.02m	523.97	2	10.58	0.30	52.91
3	10.69	0.09m	213.10	3	10.58	0.18	58.92
4	10.69	0.19m	106.30	4	10.61	0.17	62.94
5	10.61	0.14m	75.93	5	10.61	0.11	105.06
6	10.61	0.22m	48.21	6	10.63	0.09	132.88
7	10.63	0.07m	152.21	7	10.63	0.05	212.61
8	10.61	0.18m	58.92	8	10.61	0.02	530.30
9	10.58	0.24m	44.09	9	10.58	0.21	50.87
10	10.61	0.12m	88.38	10	10.58	0.10	105.82

Grupo C				Grupo D			
Experimento 1: Campo elétrico				Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado	Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10.56 v	0.24 m	43.59	1	10.29	0.25	41.15
2	10.58 v	0.25 m	42.23	2	10.29	0.30	51.32
3	10.56 v	0.21 m	50.29	3	10.29	0.15	68.59
4	10.58 v	0.13	81.21	4	10.24	0.20	46.66
5	10.58 v	0.16	66.14	5	10.29	0.13	78.95
6	10.58 v	0.10	105.82	6	10.26	0.16	64.15
7	10.58 v	0.09	117.85	7	10.26	0.17	60.38
8	10.56 v	0.16m	66.14 V/m	8	10.26	0.18	57.02
9	10.61 v	0.02 m	523.08 V/m	9	10.26	0.19	54.02
10	10.58 v	0.04 m	265.15	10	10.24	0.22	48.76

Fonte: Autoria própria (2025).

Ao final do experimento foi pedido para os Grupos fazerem uma breve análise, sobre o que observaram, o que aprenderam e os aspectos que mais chamaram atenção. Na turma B, descreveram a experiência da seguinte forma:

“Apresentação chamou atenção pela aproximar e os LEDs ficar todos acesos para demonstrar que o Campo elétrico está alto.” (Grupo A).

“ Observamos muita precisão nos leds e no painel e informações de U, D e E. Além disso, ficou evidente no experimento que quanto menor a distância entre as placas, maior a intensidade do Campo elétrico, verificando uma ideia vista só na teoria não na prática” (Grupo B).

“Foi observado que ao decorrer de cada medida exposta a potência elétrica variava entre baixa média e alta tensão, fazendo com que as cores verde, amarelo e vermelho acendessem ao decorrer das medidas.” (Grupo C).

“Quanto mais distanciava as placas a intensidade do campo variava e a tenção aplicada era a mesma.” (Grupo D).

Analisando as respostas dos comentários feitos, o Grupo A destacou que o efeito visual produzido pelos LEDs chamou atenção indicando a intensidade do Campo elétrico. O Grupo B, descreveu muito bem o experimento, revelando que compreenderam o fenômeno observado. Além disso, enfatizaram que o experimento oportunizou a verificação do que antes só era visto na teoria. O Grupo C, deu detalhes de alguns elementos do experimento, porém erraram na interpretação ao confundirem Potência elétrica com Campo elétrico. O Grupo D, comentou que o Campo elétrico variava ao mover as placas, mas não informaram se aumentava ou diminuía.

Na turma C, foi feita uma explicação inicial sobre o funcionamento do experimento. Posteriormente, os estudantes fizeram as ligações entre os componentes para realizar a coleta de dados. A Tabela 2 mostra a organização dos participantes:

Tabela 2 –Participantes do experimento 01 - 3º Ano C

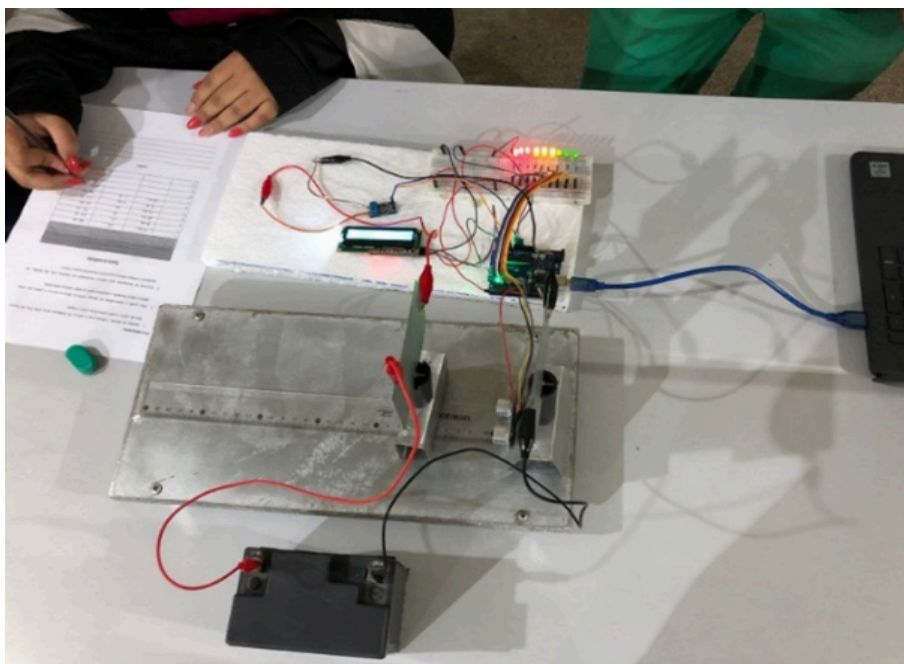
Grupos	Nº de participantes
Grupo A	4
Grupo B	4
Grupo C	4
Grupo D	3
Grupo E	4
Total	19

Fonte: Autoria própria (2025).

Durante o experimento os alunos demonstraram inseguranças ao lidar com os componentes, entretanto, foi explicado que não havia riscos significativos, quanto à integridade Física nem penalidades relacionadas a eventuais danos no manuseio do experimento.

Por meio das observações feitas, pode-se dizer que a atividade proporcionou momentos de interação entre os participantes de cada Grupo, além de promover o aprendizado. Foi possível que as atividades experimentais não fizessem parte da rotina de aulas da disciplina de Física, influenciando na motivação e falta de interesse pela matéria.

Imagem 5 – Alunos realizando as anotações das medidas de Campo elétrico



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 12 – Resultado das medidas de Campo elétrico

Grupo A

Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10,63 V	0,10 m	106,30 V/m
2	10,61 V	0,15 m	70,87 V/m
3	10,65 V	0,19 m	118,39 V/m
4	10,61 V	0,12 m	88,59 V/m
5	10,58 V	0,125 m	42,33 V/m
6	10,63 V	0,19 m	55,95 V/m
7	10,58 V	0,122 m	48,10 V/m
8	10,61 V	0,13 m	81,59 V/m
9	10,65 V	0,09 m	213,10 V/m
10	10,63 V	0,02 m	531,53 V/m

Grupo B

Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10,61	0,10	52,94
2	10,66	0,17	62,30
3	10,63	0,15	70,34
4	10,66	0,12	87,96
5	10,61	0,03	117,35
6	10,61	0,08	38,27
7	10,61	0,04	268,35
8	10,53	0,10	105,32
9	10,53	0,20	52,79
10	10,43	0,21	50,04

Grupo C

Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10,51 V	0,20 m	52,42
2	10,53 V	0,09 m	117,03
3	10,48 V	0,12 m	87,37
4	10,51 V	0,25 m	42,83
5	10,56 V	0,09 m	117,30
6	10,48 V	0,11 m	95,84
7	10,48 V	0,13 m	80,83
8	10,56 V	0,05 m	112,55
9	10,53 V	0,07 m	150,47
10	10,51 V	0,12	87,57

Grupo D

Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10,65 V	0,25 m	42,62 V/m
2	10,70 V	0,04 m	267,70 V/m
3	10,70 V	0,02 m	535,19 V/m
4	10,65 V	0,15 m	71,00 V/m
5	10,65 V	0,19 m	56,21 V/m
6	10,65 V	0,12 m	88,79 V/m
7	10,68 V	0,08 m	133,80 V/m
8	10,65 V	0,16 m	66,59 V/m
9	10,65 V	0,18 m	59,19 V/m
10	10,61 V	0,22 m	48,21 V/m

Grupo E

Experimento 1: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada (V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1	10,61	0,25	42,42
2	10,63	0,19	55,95
3	10,63	0,15	70,87
4	10,65	0,09	118,39
5	10,65	0,06	177,93
6	10,65	0,05	213,59
7	10,65	0,03	266,16
8	10,65	0,03	355,16
9	10,65	0,02	532,75
10	10,65	0,07	152,21

Fonte: Autoria própria (2025).

A seguir às análises feitas por cada Grupo da turma do 3º Ano C sobre o experimento envolvendo o tema de Campo elétrico.

“Quanto menor a distância, maior é o campo; é uma grandeza vetorial a tensão aplicada não varia” (Grupo A).

“De acordo com a distância entre as placas diminui a intensidade do Campo elétrico gerado ela tende a aumentar enquanto isso a tensão aplicada varia ou permanece a mesma dependendo da distância ou não” (Grupo B).

“Quando as placas se aproximam aumenta a luz do led quanto mais próximo maior intensidade” (Grupo C).

“Após cada mudança de distância a intensidade do campo oscila” (Grupo D).

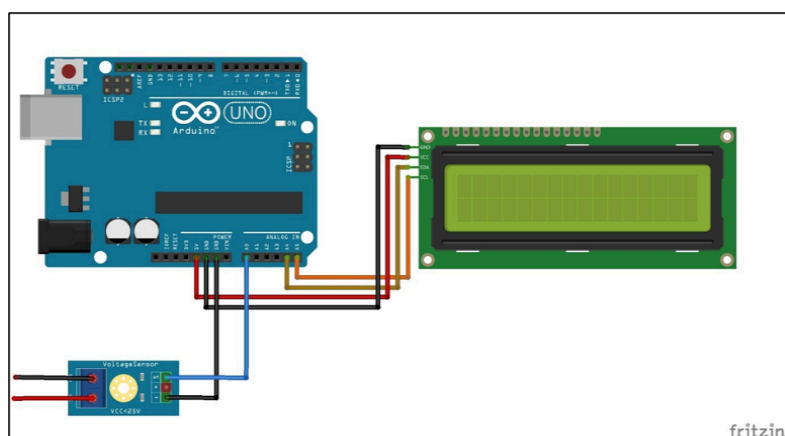
“Achamos interessante pelo fato que mede o Campo elétrico como a distância varia entre as placas” (Grupo E).

O Grupo A, fez uma análise correta do experimento, demonstraram que entenderam o funcionamento. O Grupo B, não soube explicar corretamente o fenômeno. Considerando que o campo varia com a distância, o Grupo não definiu os parâmetros desta distância. Além disso, a tensão se manteve constante durante o experimento e não variava como afirmaram. O Grupo C, assimilou corretamente o experimento, destacaram que os leds contribuíram visualmente na observação do Campo elétrico. Os Grupos D e E, coincidiram nas análises, comentaram sobre a variação do Campo ao relacionar com a variação da distância verificando na prática a teoria.

4.6.2 Experimento 02 – Voltímetro com Arduino

O voltímetro foi construído com o objetivo de mapear superfícies equipotenciais em um Campo elétrico uniforme em um meio aquoso. A Figura 13 mostra o diagrama de montagem.

Figura 13 – Montagem do circuito Voltímetro



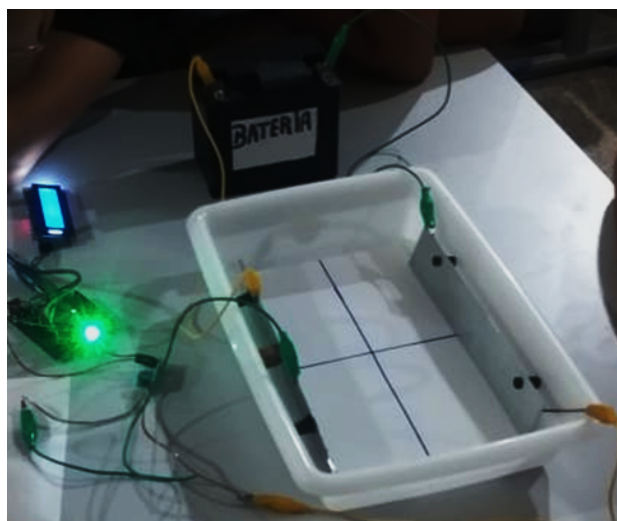
Autoria própria (2025).

O experimento foi realizado seguindo os passos do experimento 01. Entretanto, a participação foi menor, pois a divisão dos Grupos foi mais difícil. As turmas possuíam seus Grupos próprios quando solicitado o aumento ou diminuição do número de participantes houve uma resistência por parte dos alunos.

Na construção do voltímetro, os materiais utilizados foram:

- 1 Arduino Uno;
- 2 Placas planas de metal (zinco) 20cm comprimento e 4cm de largura;
- 1 Cuba de plástico;
- 2 parafusos;
- 1 Display lcd com módulo I2C;
- 4 Cabos com garras de jacaré;
- 1 Plug Para Bateria 9V;
- 1 Sensor de tensão;
- 1 Bateria 9V;
- 1 Bateria 12V;
- 1 folha de Papel milimetrado;
- 2 pedaços de fios de 8cm;
- 1 pedaço de fio de cobre esmaltado para ponta de prova;
- 6 Jumpers macho/fêmea, Água em temperatura ambiente.

Imagem 6 – Montagem do experimento



Fonte: Autoria própria (2025).

- Funcionamento

O experimento consistiu em mapear superfícies equipotenciais do Campo elétrico uniforme entre dois materiais condutores. Para isso, utilizou-se uma ponta de prova para obter os pontos para cada Potencial elétrico. Ao encontrar as medidas indicadas, os valores foram exibidos automaticamente no *display*, permitindo a análise dos dados coletados.

- Procedimentos

1. Com os condutores posicionados, colocar água dentro da cuba. Ligar os terminais da fonte de alimentação a cada um dos condutores. Em seguida, ligar o terminal negativo do voltímetro com Arduino ao condutor negativo e o terminal positivo à ponta de prova.
2. Medir os potenciais 1V, 2V, 3V e 4V. Encontrar, no mínimo, 7 pontos para cada tensão.
3. Anotar no papel milimetrado os valores de tensão(V) obtidos e traçar as linhas equipotenciais e o sentido das linhas de força do Campo elétrico.

Na turma B, três Grupos realizaram a atividade experimental, em uma aula de 60 minutos. Dois Grupos iniciaram simultaneamente para melhor desenvolvimento da prática e otimização do tempo. Após um dos Grupos concluir, o terceiro Grupo deu início a atividade proposta.

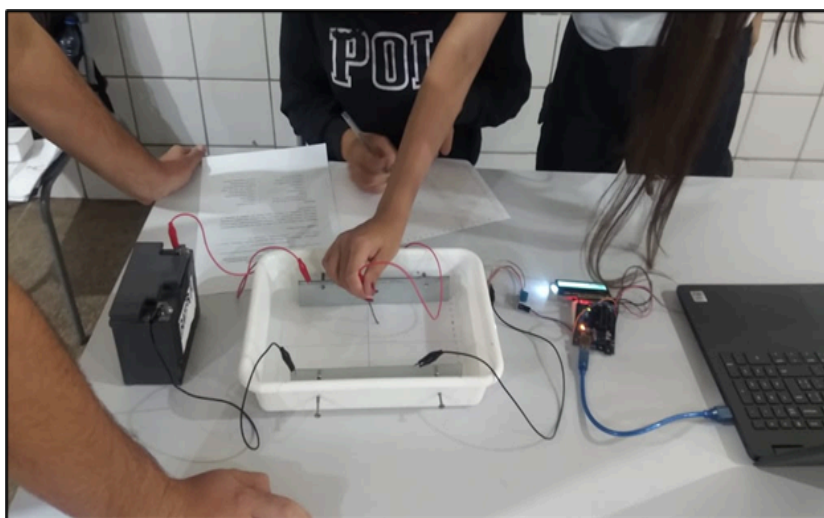
Tabela 3 - Participantes do experimento 02 da turma do 3º Ano B

Grupos	Nº de participantes
Grupo A	5
Grupo B	7
Grupo C	4
Total	16

Fonte: Autoria própria (2025).

Inicialmente os alunos não se organizaram conforme o esperado e definiram o Grupo de forma espontânea. Foi possível observar no Tabela 3 acima que o Grupo B teve mais participantes. O que gerou desafios na organização e desenvolvimento da atividade, ainda que, apesar dessa situação a experiência permitiu que estudantes adquirissem novos conhecimentos, além do trabalho colaborativo.

Imagem 7 – Alunos medindo as superfícies equipotenciais do campo elétrico uniforme



Fonte: Autoria própria (2025).

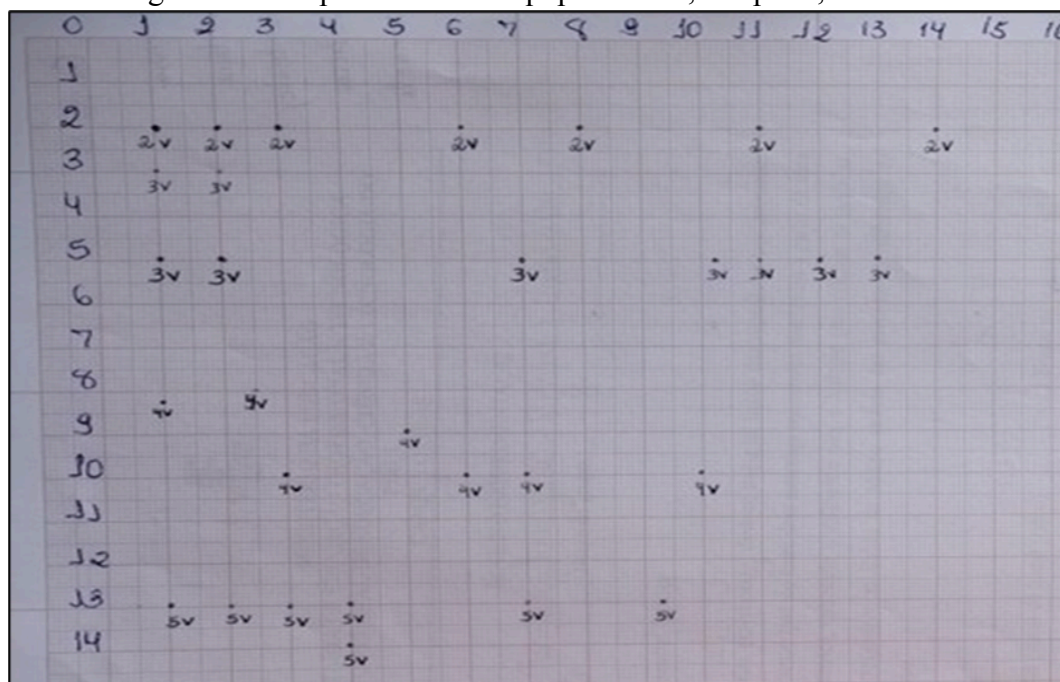
Imagem 8 - Dois Grupos realizando o experimento simultaneamente



Fonte: Autoria própria (2025).

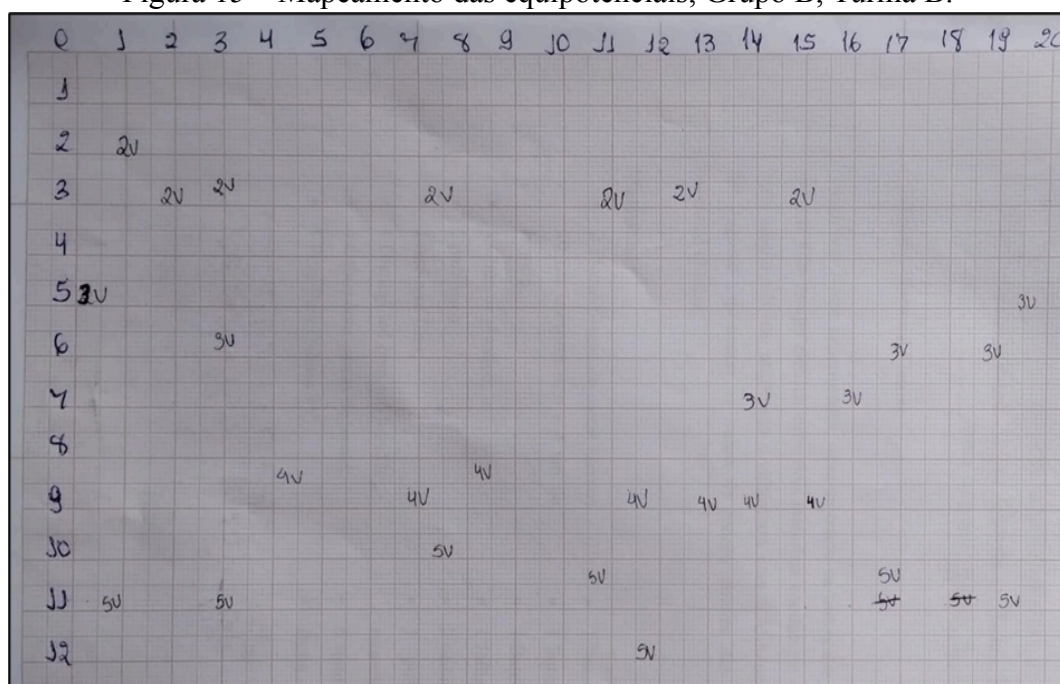
Durante o experimento, houve uma divisão de tarefas, enquanto um aluno realizava as medições, outro observava os valores no display e os demais registraram os números dos potenciais na folha milimetrada para, posteriormente, analisar as superfícies equipotenciais. Essa atividade exigiu mais tempo para conclusão, pois para fazer as medidas demandou mais atenção.

Figura 14 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo A, Turma B.



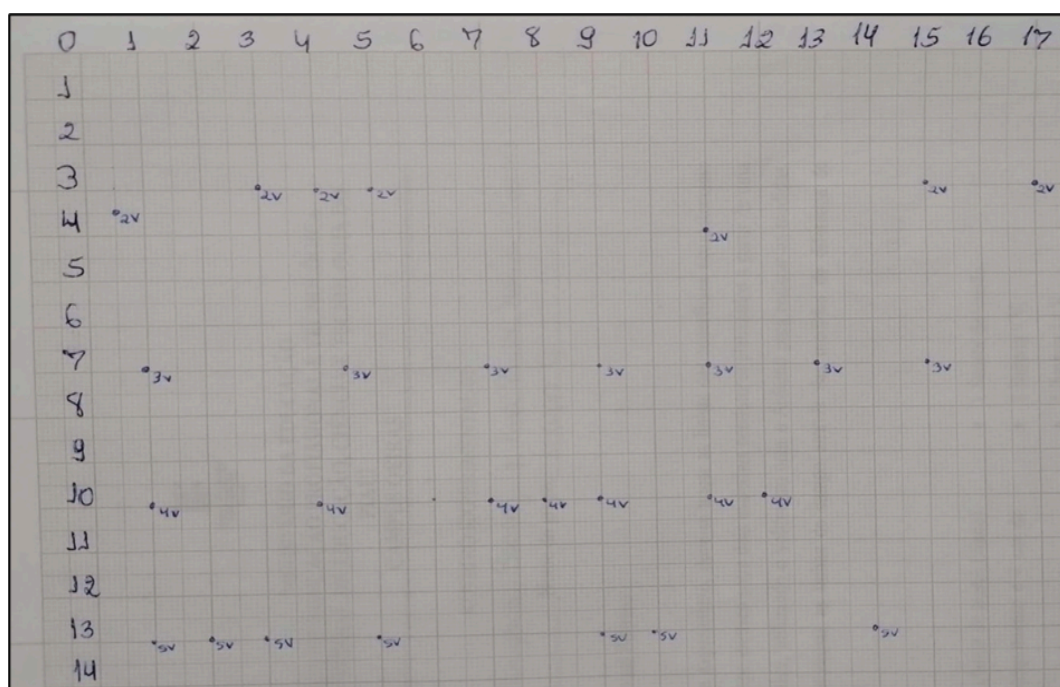
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 15 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma B.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 16 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma B.



Fonte: Autoria própria (2025).

Observou-se que as medidas correspondiam aos valores esperados de potenciais, apesar de algumas medidas apresentarem variações. Estas, ocasionalmente, podem estar

relacionadas a algum desajuste das placas paralelas. Os Grupos não realizaram o procedimento indicado no roteiro 02 (APÊNDICE E), traçar as equipotenciais e o sentido das linhas de força na folha milimetrada.

Neste experimento, também foi solicitado que os alunos fizessem uma análise do experimento. Em seguida estão expostas as impressões de cada Grupo.

“Se o campo está na vertical, as medidas estão na horizontal” (Grupo A).

“Podemos enxergar na prática as linhas de Campo elétrico e as superfícies equipotenciais” (Grupo B).

“No ponto 5, quanto mais perto da placa melhor se encontra todos os pontos na sequência fica entre linha reta” (Grupo C).

O Grupo A, apresentou dificuldade em desenvolver a análise, porém acredita-se que a interpretação é resultado de que as linhas de Campo elétrico estão na horizontal e as equipotenciais estão na vertical, paralelas às placas. O Grupo B, atribuiu uma visão coerente, entretanto a experimentação apresentada não permitiu uma visão direta dos fenômenos, mas proporcionou o entendimento do comportamento do Campo e das superfícies equipotenciais. O Grupo C, apontou a facilidade de realização das medidas dos pontos que estavam mais próximos da placa, contudo não atribuiu mais comentários.

Na Turma C, três Grupos se voluntariaram a participar. Esta turma também teve dificuldades para iniciar o experimento. A princípio, não entenderam como deveriam fazer as medidas. Neste momento de dúvidas foi explicado como prosseguir.

Tabela 4 - Participantes do experimento 02 da turma do 3º Ano C

Grupos	Nº Participantes
Grupo A	5
Grupo B	5
Grupo C	5
Total	15

Fonte: Autoria própria (2025).

No decorrer do experimento os alunos estavam mais concentrados que a turma anterior, a dedicação também foi outro aspecto positivo observado. Houve questionamentos e comentários acerca do experimento. O (Aluno 03) perguntou “*O que acontece se eu tocar a mão na água?*”. O Aluno 17 indagou: “*O que acontece se inverter a conexão dos terminais do sensor?*”

Imagem 9 – Alunos fazendo as conexões do circuito



Fonte: Autoria própria (2025).

Quanto à primeira pergunta, a tensão utilizada era mínima, não oferecia riscos, no entanto, se tratasse de tensão alta poderia causar danos à saúde ou até mesmo acidentes graves, pelo fato da água ser um condutor de eletricidade. Com relação à segunda pergunta, o Arduino possui limitações para fazer medidas negativas, e que ao inverter a polaridade do sensor poderia causar danos ao circuito.

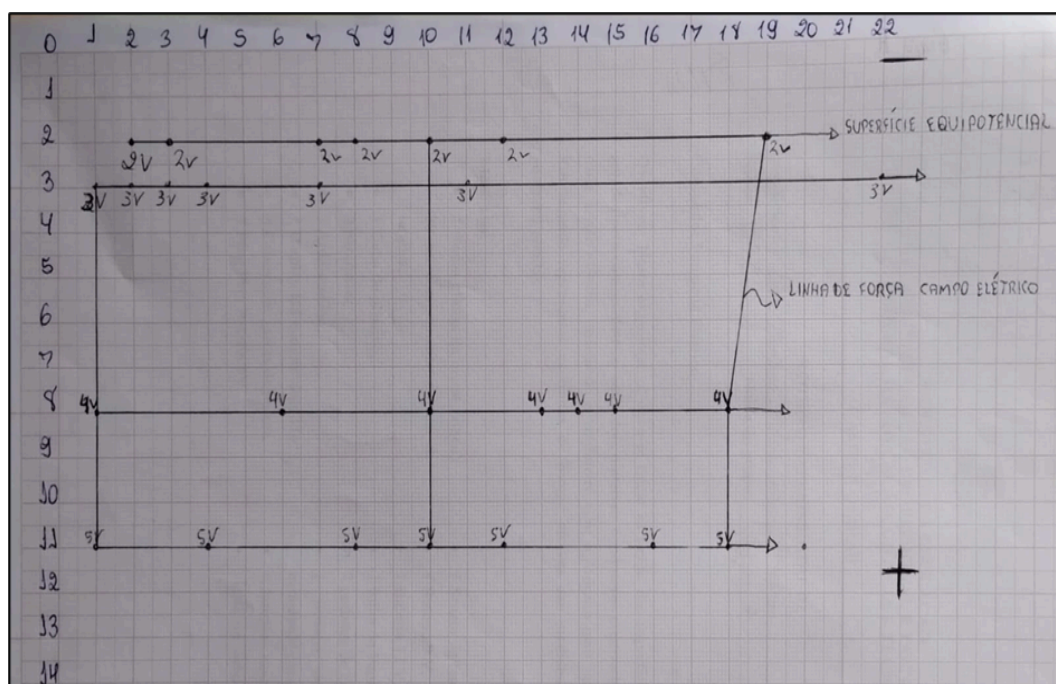
Imagem 10 - Alunos colocando água no recipiente para realizar o experimento



Fonte: Autoria própria (2025).

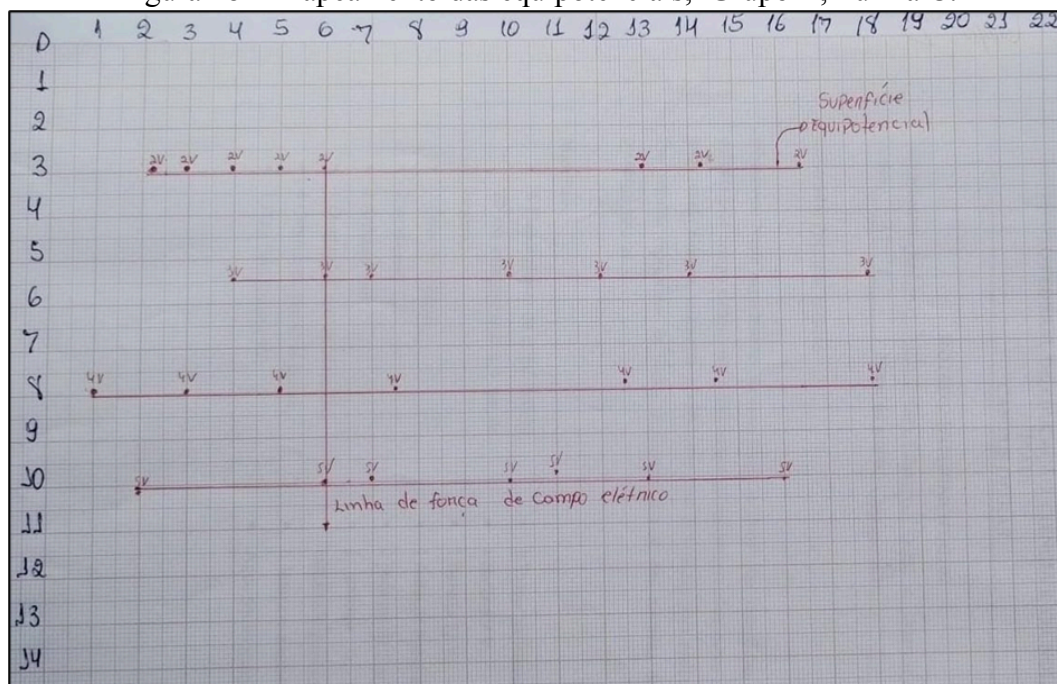
Ao final do experimento, os alunos avaliaram a atividade como legal e interessante e acrescentaram que não tiveram contato com algo parecido nas aulas de Física. De modo geral, a pesquisa foi bem aceita pela maioria dos estudantes. Os problemas encontrados foram: carga horária insuficiente, falta de interesse de alguns participantes, ausência de outros durante as aulas e dificuldade de organização dos Grupos.

Figura 17 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo A, Turma C.



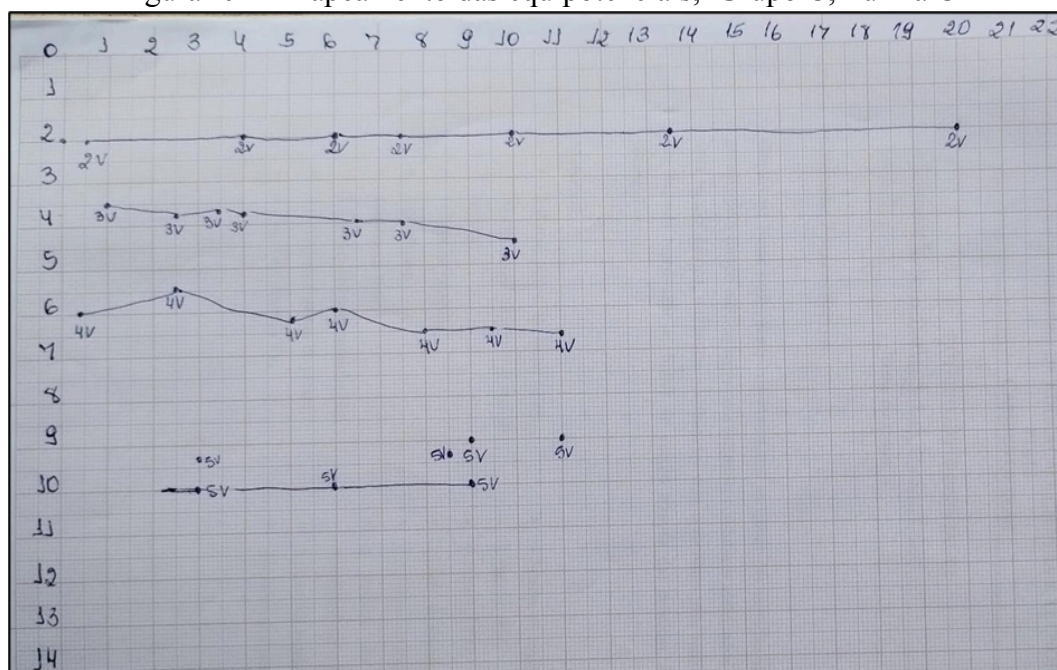
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 18 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo B, Turma C.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 19 – Mapeamento das equipotenciais, Grupo C, Turma C



Fonte: Autoria própria (2025).

A turma C, ao concluírem as medidas, os Grupos identificaram as linhas de Campo elétrico e as equipotenciais, com exceção do Grupo C, que traçou apenas as linhas equipotenciais. As Figuras 23, 24 e 25 mostram os resultados das análises feitas.

As análises feitas pelos grupos da turma do 3º Ano C, sobre o experimento de Campo elétrico.

“As linhas de Campo aumenta conforme cada medida o experimento existem em duas placas paralelas e as superfícies Potencial elétrico são paralelas às placas” (Grupo A).

“Em uma linha horizontal superfície equipotencial a voltagem não varia em alguns e se varia é por pouquíssima distância” (Grupo B).

Os Grupos A e B, evidenciaram as medidas e o comportamento do Campo elétrico, verificando as superfícies equipotenciais em um Campo elétrico uniforme. O Grupo C, não realizou a análise do experimento.

Ao concluir a análise dos resultados percebeu-se que a experiência promoveu aprendizados para os estudantes de cada turma. As dificuldades encontradas foram para responder os questionários e na realização das análises dos experimentos. Foi possível identificar que os comentários breves em alguns grupos eram breves, pouco interesse dos alunos em descrever o que aprenderam e dificuldades em relação à escrita.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o objetivo deste trabalho foi desenvolver experimentos de baixo custo com o uso do Arduino para alunos do 3º ano do Ensino Médio. A partir do direcionamento exposto buscou-se verificar quais as contribuições da inserção da experimentação no ensino da disciplina de Física.

Realizando a análise dos questionários 01 e 02, os dados apontaram interessantes resultados na seção 01, pois, a maioria dos participantes acertou as questões, indicando que houve melhoria na aprendizagem, apesar de alguns itens resultarem em valores inesperados. Na seção 02, houve decréscimos na porcentagem de acertos, somente o item 2.2 obteve valores superáveis em ambas as turmas participantes. Os demais itens do questionário 01 mostraram melhores resultados do que no questionário 02, fatores que podem ter sido influenciados pela pressa ao responder às questões ou, ainda, pela dificuldade de assimilação

do conteúdo. Outro aspecto evidenciado foi a falta de interesse por não haver atribuições de notas.

Na seção 03, a maioria dos alunos não responderam às questões que envolviam cálculo. Na seção 04, os discentes consideraram a disciplina de difícil compreensão. A maior parte dos participantes que avaliaram dessa forma atribuíram essa dificuldade ao excesso de fórmulas e cálculos.

Houve relatos de ausência de atividades práticas na sala de aula, nem mesmo com materiais de baixo custo. Relataram também que recursos tecnológicos não eram utilizados pelo(a) professor(a) no ensino da disciplina de Física.

No questionário sobre o Arduino, os resultados, baseados nas duas variáveis do modelo TAM, indicaram uma avaliação de uso útil e fácil. Além de contribuir no interesse e na motivação com relação à disciplina.

Testando as hipóteses levantadas na introdução deste trabalho, pode-se dizer que a experimentação associada à tecnologia gerou uma aprendizagem parcialmente significativa. Considerando os questionários 01 e 02, houve elevação nos percentuais de acertos para algumas questões. No entanto, observou-se resultados divergentes para outras. Com isso verificou-se algumas dificuldades encontradas indicando a necessidade de rever a metodologia utilizada e o tempo dedicado para execução das atividades.

A segunda hipótese, pode ser avaliada como verdadeira, pois o Arduino mostrou-se um instrumento eficiente e útil para realização de medidas elétricas. Os erros encontrados durante a aplicação podem estar relacionados à calibragem do protótipo, porém os valores mostrados foram próximos aos valores reais.

Em relação à terceira hipótese, conforme os resultados obtidos, foi possível inferir que as atividades experimentais de baixo custo com o Arduino, elaboradas neste estudo, tornaram as aulas mais interessantes e proporcionam motivação ao dinamizar o ambiente na sala de aula.

Em resposta ao problema de pesquisa, a partir da análise dos resultados podemos concluir que a implementação do Arduino trouxe contribuições ao ensino da disciplina de Física. Por meio das análises qualitativas, observou-se que as atividades permitiram relação da teoria com a prática de modo efetivo.

Sobre o conhecimento da plataforma eletrônica Arduino, o resultado foi surpreendente, pois os estudantes participantes não conheciam. Ao demonstrar as potencialidades desse recurso não apenas para o ensino da Física, mas também em outras

áreas do conhecimento, esse estudo incentivou os estudantes a buscarem a utilização das tecnologias para o desenvolvimento de projetos futuros na vida acadêmica, mesmo após o Ensino Médio. A investigação reforçou a compreensão de que a tecnologia está disponível para solucionar problemas podendo ser utilizada em diferentes meios.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se que os estudantes possam ter maior contato com o experimento, como listar os componentes, montagem do circuito, programação e funcionamento do protótipo. Logo, é fundamental o planejamento da proposta metodológica para que os objetivos propostos sejam alcançados com sucesso.

REFERÊNCIAS

- ADMIRAL, Tiago Destéffani. **Experimento de difração luminosa utilizando coleta de dados totalmente automatizada por Arduino**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100627&lang=pt. Acesso em: 12 mar. 2024.
- ATAIDES, Andreza Destefano. **A utilização da plataforma Arduino no ensino de física: medindo carga e energia armazenada em associações de capacitores**. Campo Mourão, 2020.
- BEZERRA, D P *et al.* **A evolução do ensino da física-perspectiva docente**. Scientia Plena. 2009. Disponível em: www.scientia plena.org.br. Acesso em: 12 set. 2024.
- BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física, 3: eletricidade: física moderna**. 3. ed., São Paulo: Saraiva, v. 3, 2016.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 12 set. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CEB Nº 2, de 13 de novembro de 2024**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/search?origem=form&SearchableText=diretrizes%20DCNEM>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução Nº 510, de 7 de abril de 2016**. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília, DF, 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html. Acesso em: 01 abr. 2025.
- CASTILHO, Weimar Silva; OLIVEIRA, Denise Lima; DUTRA, Marcos Vinícius Gomes. **O ensino de física e a aprendizagem significativa: Um kit experimental com arduino para o ensino de queda livre**. Experiências em Ensino de Ciências, v. 15, n. 3, p. 247–262, 2020.
- CID, Alberto Silva; ALMEIDA, Thiago Corrêa. **Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, n. 3, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000300606&lang=pt. Acesso em: 12 mar. 2024.
- JÚNIOR, Antônio de Lisboa Coutinho *et al.* **O ensino de Física integrado a plataforma Arduino, uma revisão sistemática de literatura**. Educere et Educare, v. 16, p. 175–197, 2021.

ELETROGATE. **O que é Arduino, para que serve, vantagens e como utilizar.** Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>. Acesso em: 8 Nov. 2024.

FEIJÓ, Amanda Monteiro; VICENTE, Ernesto Fernando Rodrigues; PETRI, Sérgio Murilo. **O uso das escalas Likert nas pesquisas de contabilidade.** Revista Gestão Organizacional, v. 13, n. 1, p. 27–41, 2020.

GARDELLI, Daniel. **Concepções de interação Física: Subsídios para uma abordagem histórica do assunto no Ensino Médio.** São Paulo: [s. n.], 2004.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** 1ª Edição. ed. Porto Alegre, 2009.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo.** 10ª ed. - Rio de Janeiro: LTC, v. 3, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual.** Bookman, [s. l.], v. único, 2011.

JUNIOR, Denilson Bahia de Souza; ARAÚJO, John Welvins Barros de; KAKUNO, Edson M. **Velocidade do som em metais pelo método do tempo de voo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, 2020.

JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo A. de Toledo. **Os fundamentos da Física.** v. 3, 2003.

MARTINAZZO, Claodomir Antônio *et al.* **Arduino: Uma Tecnologia no ensino de Física. PERSPECTIVA, Erechim.** v. 38, p. 21–30, 2014.

MEC. **DADOS DO CENSO ESCOLAR – Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências.** 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Física.** 2002.

MOREIRA, Marco Antônio. **A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.** 1985.

MOREIRA, Michele Paulino Carneiro *et al.* **Contribuições do Arduino no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 3, p. 721–745, 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma análise crítica do ensino de Física.** Estudos Avançados, v. 32, n. 94, p. 73–80, 2018.

MOURÃO, Oséias. **Arduino & Ensino de Física Automação de práticas experimentais.** p. 116, 2018. Disponível em: www.fisicarduino.com. Acesso em: 06 jun. 2024

OLIVEIRA, C G; GUMIERO, M R; COLUCI, V R. **Light interference pattern measurements from automated low-cost Young's double-slit experiments**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, p. 20200006, 2020. Disponível em: www.scielo.br/rbef. Acesso em: 12 abr. 2024.

ORTIZ, João Paulo Martins Tobaruela. **Ensinando o conceito de Campo elétrico a partir do fenômeno do raio**. São Carlos, SP: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7948/DissJPMTTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 set. 2024.

PINTO, Fernando Carlos Rodrigues. **Proposta de sequência didática baseada na aprendizagem significativa: Construção de uma mini estação meteorológica com Arduino**. Presidente Prudente, 2018.

PREPARAENEM. **Elementos básicos do átomo**. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/elementos-basicos-atomo.htm>. Acesso em: 06 Jun. 2024.

QEdU: **o maior portal de dados educacionais do Brasil**. Disponível em: <https://qedu.org.br/escola/22133968-ceti-rocha-neto>. Acesso em: 17 jun. 2024.

ROCHA, José Fernando *et al.* **Origens e evolução das idéias da física**. Scielo-EDUFBA, 2002.

RODRIGUES, Diego Samuel; ARNOLD, Francisco José. **Analyzing Atmospheric Pressure Variations in Time and Height: a Didactic Proposal Employing a Smartphone Barometer**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, 2022. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172022000100712&lang=p. Acesso em: 06 jun. 2024.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. **Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio**. 2005.

SILVEIRA, Márcio Velloso da; BARTHEM, Ricardo Borges; SANTOS, Antonio Carlos dos. **Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 41, n. 1, 2018.

SOARES, Antonio Augusto *et al.* **Polaridade magnética e sensor Hall: uma proposta de experimento para os ensinos fundamental e médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s. l.], v. 43, p. 1–5, 2021.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Felipe Luiz. **Física para o Ensino Médio**. 4ª edição, ed. São Paulo: [s. n.], 2016.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 01

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS OEIRAS**

QUESTIONÁRIO 01

Caro(a) aluno(a)!

Este questionário é parte integrante da pesquisa intitulada **FÍSICA EXPERIMENTAL COM ARDUINO PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE NO ENSINO MÉDIO**, realizada pela discente Conceição de Maria da Silva Santos, do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Piauí – IFPI, Campus Oeiras, Sob a orientação do Prof. Francisco Alysson da Silva Sousa. O objetivo deste questionário é avaliar seus conhecimentos acerca dos conteúdos de eletricidade, especificamente, Campo elétrico e Potencial elétrico abordados na disciplina de Física. Além disso, buscamos conhecer sua opinião sobre a disciplina de Física. Sua participação é muito importante para o desenvolvimento deste estudo. Suas respostas serão tratadas de forma confidencial e utilizadas apenas para fins acadêmicos. Portanto, seja sincero(a) e responda as questões/afirmações da maneira mais precisa possível.

Assim, pedimos que:

- Leia atentamente as instruções de cada seção para responder corretamente.
- Utilize caneta esferográfica na cor azul ou preta para respondê-los.

Agradecemos a sua colaboração!

IDENTIFICAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE:

Nome: _____ Turma: _____
Escola: _____ Idade: _____

Seção 01: Questões Conceituais

Afirmações	Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
	1	2	3	4	5
1.1. O Campo elétrico é uma grandeza vetorial.					
1.2. A ideia de Campo elétrico pode ser associada a região que fica sujeita a ação de forças.					
1.3. A intensidade do Campo elétrico depende tanto da carga geradora quanto da carga de prova.					
1.4. Define-se como Campo elétrico uniforme como sendo a região onde todos os vetores do Campo elétrico têm mesma direção e o mesmo sentido.					
1.5. Como Campo elétrico uniforme podemos citar por exemplo, aquele formado a partir de placas paralelas carregadas com cargas contrárias.					
1.6. O Potencial elétrico é uma grandeza que mede a capacidade de um corpo energizado em realizar trabalho.					
1.7. O Potencial elétrico não possui relação com a energia Potencial elétrica.					
1.8. A energia Potencial elétrico associada a um Campo elétrico é chamada de energia Potencial elétrico gravitacional.					
1.9. A diferença de Potencial elétrico (DDP) é uma grandeza que determina a diferença dos potenciais elétricos entre dois pontos em um Campo elétrico. A unidade de medida é o Volt (V).					
1.10. Em uma região de Campo elétrico existe infinitos pontos com o mesmo Potencial elétrico. Essas regiões são chamadas de superfícies equipotenciais.					

Seção 02 - Questões de aplicação prática

2.1 Considere um Campo elétrico uniforme obtido por meio de duas placas paralelas condutoras, muito pouco distanciadas uma da outra, eletrizadas igualmente, mas com cargas de sinais opostos. Qual a região as linhas de campo são uniformes?

- a) Região próxima às bordas das placas.
- b) Região central entre as placas.
- c) Região acima das placas
- d) Região abaixo das placas.

2.2 A intensidade do Campo elétrico entre duas placas paralelas pode ser influenciada por quais fatores?

- a) Apenas a distância entre as placas.
- b) Apenas a diferença de Potencial elétrico entre as placas.
- c) Tanto a diferença de Potencial elétrico quanto a distância entre as placas.
- d) Nem a diferença de Potencial elétrico nem a distância entre as placas.

2.3 As equipotenciais, em um Campo elétrico criado por uma partícula eletrizada e solitária, são:

- a) Circunferências ou superfícies esféricas.
- b) Retas ou superfícies planas.
- c) Perpendiculares às linhas de força.
- d) Superfícies curvas com formas aleatórias.

Seção 03 - Questões problemas

Sobre Campo elétrico

3.1 Em determinado local do espaço, existe um Campo elétrico de intensidade $E = 4 \cdot 10^3$ N/C. Colocando-se aí uma partícula eletrizada com carga elétrica $q = 2 \mu\text{C}$, qual é a intensidade da força que agirá sobre ela?

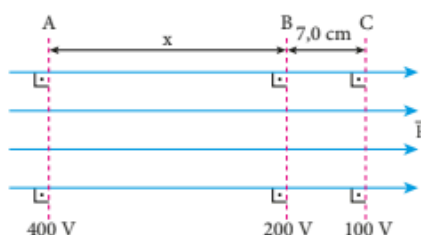
3.2 Determine a intensidade do Campo elétrico criado por uma carga pontual Q de $-8,0 \mu\text{C}$, em um ponto **A** situado a $6,0$ cm dessa carga. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^2$.

Sobre Potencial elétrico

3.3 Em um meio de constante eletrostática igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^2$, encontra-se uma partícula solitária eletrizada com carga de $+5,0 \mu\text{C}$. Qual é o valor do Potencial elétrico em um ponto **P** situado a $3,0$ m dessa partícula?

3.4 A Figura mostra linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme:

Figura 26 - Linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme



Fonte: Biscuola, Bôas, Doca (2016)

Com os dados fornecidos, determine a distância x entre as equipotenciais **A** e **B**.

Seção 04 - Questões abertas

4.1. Qual a sua opinião sobre a disciplina de Física, você considera difícil ou fácil a compreensão de determinados conteúdos?

4.2. Caso você ache difícil compreender a disciplina de Física aponte os motivos que dificultam essa compreensão.

4.3. Você acha que atividades práticas em laboratório ajudariam a melhorar a sua compreensão acerca da disciplina?

4.4. Acerca do uso da tecnologia nas aulas de Física, o(a) professor(a) costuma utilizar recursos tecnológicos, por exemplo: softwares, laboratório virtual, kit robótica, entre outros para realização das atividades?

() Sim

() Não

Se sim, qual(is)? _____

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 02



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS OEIRAS**

QUESTIONÁRIO 02

IDENTIFICAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE:

Nome: _____	Turma: _____
Escola: _____	Idade: _____

Seção 01: Questões Conceituais

Afirmações	Discordo Totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo Totalmente
	1	2	3	4	5
1.11. O Campo elétrico é uma grandeza vetorial.					
1.12. A ideia de Campo elétrico pode ser associada a região que fica sujeita a ação de forças.					
1.13. A intensidade do Campo elétrico depende tanto da carga geradora quanto da carga de prova.					
1.14. Define-se como Campo elétrico uniforme como sendo a região onde todos os vetores do Campo elétrico têm mesma direção e o mesmo sentido.					
1.15. Como Campo elétrico uniforme podemos citar por exemplo, aquele formado a partir de placas paralelas carregadas com cargas contrárias.					
1.16. O Potencial elétrico é uma grandeza que mede a capacidade de um corpo energizado em realizar trabalho.					
1.17. O Potencial elétrico não possui relação com a energia Potencial elétrico elétrica.					

1.18. A energia Potencial elétrico associada a um Campo elétrico é chamada de energia Potencial elétrico gravitacional.					
1.19. A diferença de Potencial elétrico (DDP) é uma grandeza que determina a diferença dos potenciais elétricos entre dois pontos em um Campo elétrico. A unidade de medida é o Volt (V).					
1.20. Em uma região de Campo elétrico existem infinitos pontos com o mesmo Potencial elétrico. Essas regiões são chamadas de superfícies equipotenciais.					

Seção 02 - Questões de aplicação prática

2.4 Considere um Campo elétrico uniforme obtido por meio de duas placas paralelas condutoras, muito pouco distanciadas uma da outra, eletrizadas igualmente, mas com cargas de sinais opostos. Qual a região as linhas de campo são uniformes?

- e) Região próxima às bordas das placas.
- f) Região central entre as placas.
- g) Região acima das placas
- h) Região abaixo das placas.

2.5 A intensidade do Campo elétrico entre duas placas paralelas pode ser influenciada por quais fatores?

- a) Apenas a distância entre as placas.
- b) Apenas a diferença de Potencial elétrico entre as placas.
- c) Tanto a diferença de Potencial elétrico quanto a distância entre as placas.
- d) Nem a diferença de Potencial elétrico nem a distância entre as placas.

2.6 As equipotenciais, em um Campo elétrico criado por uma partícula eletrizada e solitária, são:

- e) Circunferências ou superfícies esféricas.
- f) Retas ou superfícies planas.
- g) Perpendiculares às linhas de força.
- h) Superfícies curvas com formas aleatórias.

Seção 03 - Questões problemas

Sobre Campo elétrico

3.4 Em determinado local do espaço, existe um Campo elétrico de intensidade $E = 4 \cdot 10^3$ N/C. Colocando-se aí uma partícula eletrizada com carga elétrica $q = 2 \mu\text{C}$, qual é a intensidade da força que agirá sobre ela?

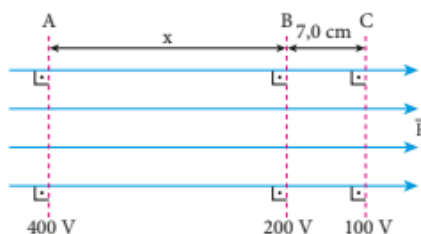
3.5 Determine a intensidade do Campo elétrico criado por uma carga pontual Q de $-8,0\mu\text{C}$, em um ponto **A** situado a $6,0\text{ cm}$ dessa carga. O meio é o vácuo, cuja constante eletrostática é igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^2$.

Sobre Potencial elétrico

3.6 Em um meio de constante eletrostática igual a $9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^2$, encontra-se uma partícula solitária eletrizada com carga de $+5,0\text{ }\mu\text{C}$. Qual é o valor do Potencial elétrico em um ponto **P** situado a $3,0\text{ m}$ dessa partícula?

3.5 A Figura mostra linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme:

Figura 27 - Linhas de força e equipotenciais de um Campo elétrico uniforme



Fonte: Biscuola, Bôas, Doca (2016)

Com os dados fornecidos, determine a distância x entre as equipotenciais **A** e **B**.

Seção 04 - questionário sobre Arduino

		Discordo totalmente	Discordo	Não sei	Concordo	Concordo totalmente
		1	2	3	4	5
Utilidade Percebida	4.1. Acredito que o uso do Arduino em experimentos de eletricidade é útil para a minha aprendizagem na disciplina de física.					
	4.2. O uso do Arduino permite a realização de medidas de grandezas elétricas de maneira eficiente.					
	4.3. O uso do Arduino melhorou minha compreensão sobre o conteúdo de campo elétrico e potencial elétrico.					
	4.4. Considero que essa ferramenta é útil em aulas práticas na falta de laboratórios de física.					
	4.5. Eu, acredito que as aulas de física ficaram mais dinâmicas com a utilização do Arduino.					
	4.6. Acredito que o uso do Arduino nas atividades experimentais foi útil, pois despertou meu interesse e motivação no aprendizado desses conceitos.					
Facilidade de Uso Percebida	4.7. É fácil utilizar o Arduino em atividades experimentais de Física.					
	4.8. É difícil entender o funcionamento do Arduino nos experimentos demonstrados.					
	4.9. Me senti confiante ao realizar o experimento com o Arduino.					
	4.10. Ficou fácil compreender os conteúdos de campo elétrico e potencial elétrico utilizando o Arduino.					
	4.11. Eu, gostaria de realizar mais atividades utilizando o Arduino.					
	4.12. Eu recomendaria o Arduino como ferramenta de ensino para meus professores e colegas.					

APÊNDICE C - CÓDIGO ARDUINO: MEDIDOR DE CAMPO ELÉTRICO

```

Arquivo  Editar  Sketch  Ferramentas  Ajuda

CAMPOELETRICO $

#include <Ultrasonic.h> //Inclui a bliblioteca
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//Define os pinos para o trigger e echo
#define pino_trigger 12
#define pino_echo 13

//Declarando os LED como constantes em seus respectivos pinos
int led1 = 2; //LED_VERMELHO
int led2 = 3; //LED_VERMELHO
int led3 = 4; //LED_VERMELHO
int led4 = 5; //LED_AMARELO
int led5 = 6; //LED_AMARELO
int led6 = 7; //LED_AMARELO
int led7 = 8; //LED_VERDE
int led8 = 9; //LED_VERDE
int led9 = 10; //LED_VERDE

//Inicializa o sensor nos pinos definidos acima
Ultrasonic ultrasonic(pino_trigger, pino_echo);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

const int sensorPin = A0;    // Entrada analógica para ler a tensão
int volts = 0.0;            // Variável para armazenar a tensão

void setup() {              // Inicia a função setup |
  lcd.begin(16, 2);         //Inicializa o display lcd I2c
  Serial.begin(9600);       //Inicializa a comunicação serial
  Serial.println();         //Imprime os valores no monitor serial
  lcd.backlight();

  pinMode(led1, OUTPUT);    //Declarando os LEDs como saída
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  pinMode(led4, OUTPUT);
  pinMode(led5, OUTPUT);
  pinMode(led6, OUTPUT);
  pinMode(led7, OUTPUT);
  pinMode(led8, OUTPUT);
  pinMode(led9, OUTPUT);
}

void loop() {               // Inicia a Função loop
  int cmMsec;               //Retorna a distancia em centímetros(CM)
  long microsec = ultrasonic.timing(); // Mede o tempo de ida e volta do sinal ultrasonic
  cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM); //Converte o tempo medido em distância
  float cmMsecM = cmMsec / 100.0; // Converte a distância de cm para metros
  volts = analogRead(0)*(5.0/1023.0); //Lê o valor analógico e converte a tensão de 0 a 5V
  volts = volts*5.0;        //Multiplica por 5 para medir a tensão maior que 5V
  Serial.println(volts);    // Imprime a tensão no monitor serial

  float campoEletrico = volts / cmMsecM; // Calculando o campo elétrico

```



```

// Exibe os valores
lcd.setBacklight(HIGH);          // Liga a luz de fundo
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("U:");
Serial.println("tensao");
lcd.print(volts);
//lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("V");

lcd.setCursor(9,0);
lcd.print("D:");
lcd.print(cmMsecM);
lcd.print("m");

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("E:");
Serial.println("CampoEletrico");
lcd.print(campoEletrico);
lcd.print(" V/m");

digitalWrite(led1, LOW);          //Desliga todos os LEDs
digitalWrite(led2, LOW);
digitalWrite(led3, LOW);
digitalWrite(led4, LOW);
digitalWrite(led5, LOW);
digitalWrite(led6, LOW);
digitalWrite(led7, LOW);
digitalWrite(led8, LOW);
digitalWrite(led9, LOW);

if (cmMsec >=0 and cmMsec < 10 ) { // se a distancia for menor que 10 cm
  digitalWrite(led1, HIGH);
  digitalWrite(led2, HIGH);
  digitalWrite(led3, HIGH);
  digitalWrite(led4, HIGH);
  digitalWrite(led5, HIGH);
  digitalWrite(led6, HIGH);
  digitalWrite(led7, HIGH);
  digitalWrite(led8, HIGH);
  digitalWrite(led9, HIGH);
}
if (cmMsec >=10 and cmMsec < 20) { // se a distancia for 10 cm e 20 cm
  digitalWrite(led1, LOW);
  digitalWrite(led2, LOW);
  digitalWrite(led3, LOW);
  digitalWrite(led4, HIGH);
  digitalWrite(led5, HIGH);
  digitalWrite(led6, HIGH);
  digitalWrite(led7, HIGH);
  digitalWrite(led8, HIGH);
  digitalWrite(led9, HIGH);
}
if (cmMsec >=20 and cmMsec <30) { // se a distancia for 10 cm e 20 cm
  digitalWrite(led1, LOW);
  digitalWrite(led2, LOW);
  digitalWrite(led3, LOW);
  digitalWrite(led4, LOW);
  digitalWrite(led5, LOW);
  digitalWrite(led6, LOW);
  digitalWrite(led7, HIGH);
  digitalWrite(led8, HIGH);
  digitalWrite(led9, HIGH);
}

delay(1000);
}

```

APÊNDICE D - CÓDIGO DO VOLTÍMETRO COM ARDUINO

```
codigo_voltmetro | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

codigo_voltmetro $
#include <Wire.h>                      //Inclui a bliblioteca
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //Endereço I2C e tamanho do display (16x2)

const int sensorPin = A0; // Pino analógico para o sensor de tensão
float volts = 0.0;        // Variável que armazena o valor da tensão em volts

void setup() {
  lcd.begin(16,2); //inicializa o display lcd I2c
  Serial.begin(9600); //inicializa a comunicação serial
  lcd.backlight();
} //fim do setup

void loop() { // Inicia a Função loop
  volts = analogRead(0)*(5.0/1023.0);
  volts = volts*5.0; //Multiplica por 5 para medir a tensão maior que 5V
  Serial.println(volts); // Imprime a tensão no monitor serial

  lcd.backlight(HIGH); // liga a luz de fundo do display
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" Voltmetro: ");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print(volts);
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("V");

  delay(1000); //Intervalo de 1 segundo

} //fim do loop
```

APÊNDICE E – ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS

ROTEIRO EXPERIMENTAL 01

Componentes: _____

Turma: _____ Nome do grupo: _____

Conteúdo: Campo Elétrico

Objetivo: Neste experimento, temos como objetivo principal medir a intensidade do campo elétrico com o Arduino entre duas placas paralelas, a partir das medidas da tensão elétrica por meio do sensor de tensão e da distância através do sensor ultrassônico.

Materiais:

- 2 Placas planas de metal (zinco) 8 cm²;
- 1 Suporte para as placas;
- 1 Régua;
- 1 Arduino Uno;
- 1 Display lcd com módulo I2c;
- 1 Protoboard 830 pontos;
- 4 Cabos com garras de jacaré;
- 1 Plug Para Bateria 9V;
- 1 Sensor de tensão;
- 1 Sensor ultrassônico HC-SR04;
- 1 Bateria 9V;
- 1 Bateria 12V;
- 9 Resistores 1K Ω
- Leds (vermelho, amarelo, verde);
- Dois pedaços de fios de 8 cm;
- 12 Jumpers macho/macho;
- 10 Jumpers macho/fêmea.

Procedimentos:

1. Ajustar as placas, a placa com o sensor de distância deve estar fixa no marco zero da régua, a outra deve ficar sobre a régua;
2. Para medir a intensidade do campo elétrico, deve-se mover a placa que está sobre a régua variando a distância para se obter valores diferentes;

3. Realizar as anotações dos valores mostrados no display lcd, da tensão, da distância e campo elétrico na tabela disponível nesse roteiro.

Tabela de medições

Experimento 01: Campo elétrico			
Nº de Leituras	Tensão aplicada(V)	Distância entre as placas (m)	Intensidade do campo elétrico gerado
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Análise

ROTEIRO EXPERIMENTAL 02

Componentes: _____

Turma: _____ Nome do grupo: _____

Conteúdo: Potencial Elétrico

Objetivos: Neste experimento, deve-se traçar as linhas das superfícies equipotenciais geradas pelo campo elétrico entre dois materiais condutores eletrizados a partir de uma dada tensão elétrica, utilizando o voltímetro com o Arduino para realizar as medidas. Em seguida representar as linhas de campo através das medidas de diferença de potencial obtidas.

Materiais:

- 2 Placas planas de metal (zinco) 20cm comprimento e 4 cm de largura;
- 1 Cuba de plástico;
- 2 parafusos;
- 1 Arduino Uno;
- 1 Display lcd com módulo I2c;
- 4 Cabos com garras de jacaré;
- 1 Plug Para Bateria 9V;
- 1 Sensor de tensão;
- 1 Bateria 9V;
- 1 Bateria 12V;
- 1 folha de Papel milimetrado;
- 2 pedaços de fios de 8 cm;
- 1 pedaço de fio de cobre esmaltado para ponta de prova;
- 6 Jumpers macho/fêmea;
- Água em temperatura ambiente;

Procedimentos:

- Com os condutores posicionados, deve-se colocar água dentro da cuba.
- Ligar os terminais da fonte de alimentação a cada um dos condutores, em seguida, ligar o terminal negativo do voltímetro com Arduino ao condutor negativo e o terminal positivo a ponta de prova.

- Deverá ser medido os potenciais 1V, 2V, 3V e 4V. Encontre no mínimo 7 pontos para cada tensão
- Anotar no papel milimetrado os valores de tensão(V) obtidos e traçar as linhas equipotenciais e o sentido das linhas de força do campo elétrico.

Análise
