

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

**LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: um estudo das contribuições para o  
planejamento de aulas práticas no ensino superior**

ITAJUBÁ - MG  
2026

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

**LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: um estudo das contribuições para o planejamento de aulas práticas no ensino superior**

Dissertação submetida à banca examinadora como requisito para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá.

Linha de Pesquisa: Educação e Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Caetano

ITAJUBÁ - MG  
2026

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá e  
Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,  
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

D481 Dutra de Oliveira, Isabela  
Laboratório Remoto de Ciências: um estudo das  
contribuições para o planejamento de aulas práticas  
no ensino superior / Isabela Dutra de Oliveira;  
orientador Thiago Costa Caetano. -- Itajubá,  
2026.  
126 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
em Educação em Ciências) -- Universidade Federal de  
Itajubá, 2026.

1. experimentos didáticos controlados  
remotamente. 2. tecnologias educacionais. 3.  
recursos didáticos. 4. atividades experimentais. 5.  
laboratório didático. I. Costa Caetano, Thiago,  
orient. II. Título.

ISABELA DUTRA DE OLIVEIRA

**LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: um estudo das contribuições para o  
planejamento de aulas práticas no ensino superior**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Thiago Costa Caetano (Orientador)  
Universidade Federal de Itajubá - Unifei

Prof. Dr. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho  
Universidade Federal de Viçosa - UFV

Prof. Dr. Newton de Figueiredo Filho  
Universidade Federal de Itajubá - Unifei

Prof. Dr. Wilton da Silva Dias  
Universidade Federal de Itajubá - Unifei

Itajubá, 05 de fevereiro de 2026

## AGRADECIMENTOS

Toda escrita carrega mais do que aquilo que se deixa ver. Este trabalho se fez de conversas, presenças e apoios que, muitas vezes, não aparecem nas páginas, mas que as tornaram possíveis.

A Deus, agradeço pelas coisas mais importantes: a saúde para a realização deste trabalho e Sua presença constante, que me basta e me sustenta.

Aos meus pais e à minha família, deixo meu agradecimento pelo apoio, pelo cuidado e pela confiança silenciosa que sempre sustentou meus passos.

Aos amigos da vida, da universidade e da pós-graduação, agradeço pelo apoio, pelas conversas, pelas trocas, pelas dificuldades compartilhadas e pela convivência que tornaram essa caminhada mais leve e feliz. Em especial, à Ana Clara, agradeço pela amizade, pela presença, pelas leituras compartilhadas e pelo apoio constante ao longo dos últimos dois anos.

Aos professores com quem tive a oportunidade de aprender, agradeço pela seriedade do trabalho, pelo compromisso com a educação de qualidade e pelas contribuições que atravessam este texto.

Ao meu orientador, Professor Dr. Thiago Costa Caetano, agradeço pela orientação incansável e cuidadosa, pelo apoio, pelos conselhos valiosos e pelas correções que ajudaram a amadurecer ideias e caminhos ao longo de minha trajetória na pesquisa.

Aos professores Dr. Alexandre Tadeu Gomes de Carvalho, Dr. Newton de Figueiredo Filho e Dr. Wilton da Silva Dias, que compõem a banca examinadora, agradeço por sua dedicação à leitura deste texto, pela atenção, pela disponibilidade e pelas contribuições que enriqueceram este trabalho.

À FAPEMIG, agradeço pelo apoio financeiro, por meio da concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização desta e de tantas outras pesquisas, contribuindo para o desenvolvimento da ciência no país.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEC), agradeço pelo apoio institucional, pela formação oferecida e pelo auxílio à participação em eventos acadêmicos.

À Universidade Federal de Itajubá, espaço de estudo, trabalho e encontros, deixo minha gratidão por ser o lugar onde este trabalho foi concebido e desenvolvido.

A todos, muito obrigada!

## RESUMO

A presente pesquisa busca identificar que contribuições a utilização de experimentos didáticos controlados remotamente (EDCR) pode oferecer para o planejamento de aulas práticas no ensino superior. É sabido que as aulas de laboratório nessa etapa do ensino, em sua maioria, baseiam-se em roteiros fechados, que dão pouca ou nenhuma margem para que estudantes possam explorar os recursos da experimentação. Isso constituiu-se historicamente devido a diversos fatores como a quantidade de estudantes por turma, a carga horária insuficiente e a formação docente. Assim, nossa principal questão de pesquisa refere-se à possibilidade de transpor alguns desses desafios com o recurso da experimentação remota. Afinal, esse tipo de recurso é viável para que se possa romper com o paradigma dos roteiros de laboratório engessados? Para responder a essa questão, os procedimentos de pesquisa foram estruturados conforme as seguintes etapas: i) levantamento de direcionamentos para o planejamento de atividades práticas com EDCR a partir de entrevistas com docentes que ministram ou ministraram aulas práticas; ii) concepção e planejamento de atividades centradas em EDCR a partir dos direcionamentos obtidos na primeira etapa; iii) análise do desempenho dos estudantes na atividade por meio de um estudo experimental baseado em pré-teste e pós-teste; e iv) avaliação da atividade a partir de questionário com os estudantes. De forma geral, os resultados indicam que o planejamento de atividades práticas, quando baseados em EDCR, pode contribuir para a flexibilização das aulas de laboratório, favorecendo abordagens menos engessadas e com roteiros fechados. As entrevistas com os docentes indicaram certas potencialidades do recurso, como a flexibilidade e facilidade de acesso, a diminuição de erros de medida e certa versatilidade no planejamento da atividade. Os dados do estudo quase-experimental apresentam indícios de manutenção e de aumento no desempenho dos estudantes após a intervenção. Já as percepções dos estudantes reforçam potencialidades do recurso, destacando a facilidade de observação do fenômeno estudado, a organização do roteiro e a autonomia na realização da atividade. Conclui-se que os EDCR podem ser uma alternativa complementar aos experimentos tradicionais, desde que sua utilização suponha um planejamento adequado aos objetivos de aprendizagem e às características dos estudantes aos quais se destina.

**Palavras-chave:** experimentos didáticos controlados remotamente, tecnologias educacionais, recursos didáticos, atividades experimentais, laboratório didático.

## ABSTRACT

This research aims to identify the contributions that the use of remotely controlled didactic experiments (RCDEs) can offer to the planning of practical classes in higher education. It is well known that laboratory classes at this educational level are mostly based on rigid, closed-ended laboratory protocols, which provide little or no opportunity for students to explore experimental resources. This situation has historically resulted from several factors, such as large class sizes, insufficient instructional time, and teacher education. Thus, the main research question of this study concerns the possibility of overcoming some of these challenges through the use of remote experimentation. In this sense, is this type of resource viable for breaking away from the paradigm of rigid laboratory protocols? To address this question, the research procedures were structured into the following stages: (i) identification of guidelines for planning practical activities with RCDEs based on interviews with instructors who teach or have taught laboratory classes; (ii) design and planning of RCDE-centered activities based on the guidelines obtained in the first stage; (iii) analysis of students' performance through a quasi-experimental study based on pre-tests and post-tests; and (iv) evaluation of the activity through a student questionnaire. Overall, the results indicate that planning practical activities based on RCDEs can contribute to greater flexibility in laboratory classes, favoring less rigid approaches. Interviews with instructors revealed several potential advantages of this resource, such as flexibility and ease of access, reduction of measurement errors, and pedagogical versatility in activity planning. Data from the quasi-experimental study show indications of maintenance and improvement in student performance after the intervention. Students' perceptions further reinforce the potential of RCDEs, highlighting the ease of observing the studied phenomenon, the organization of the activity guide, and autonomy in carrying out the activity. It is concluded that RCDEs can serve as a complementary alternative to traditional laboratory experiments, provided that their use is supported by careful planning aligned with learning objectives and students' characteristics.

**Keywords:** remotely controlled didactic experiments, educational technologies, teaching resources, experimental activities, teaching laboratory.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Atividades experimentais no ensino: entre a teoria e a prática.....	9
2.2 A inserção das atividades experimentais no ensino superior: um panorama histórico.....	12
2.3 O propósito das atividades experimentais nos cursos de graduação.....	16
2.4 Obstáculos à realização das atividades experimentais no ensino superior.....	18
2.5 As aulas práticas nos cursos da Unifei.....	20
2.6 Alternativas para a superação de obstáculos na implementação das atividades experimentais.....	22
2.7 Breve Histórico dos Laboratórios Remotos.....	27
2.8 Laboratório Remoto de Ciências da Unifei.....	32
<b>3. PROCEDIMENTOS DE PESQUISA.....</b>	<b>35</b>
3.1 O experimento remoto “Anel de Thomson”.....	35
3.2 Seleção dos sujeitos da pesquisa.....	38
3.3 Procedimentos de coleta de dados.....	40
3.3.1 Entrevistas semiestruturadas.....	40
3.3.2 Estudo quase-experimental.....	41
3.3.3 Questionário.....	45
3.4 Análise dos dados.....	45
<b>4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
4.1 Entrevista semiestruturada com os docentes.....	47
4.2 Construção e aplicação da proposta de atividade experimental.....	67
4.3 Estudo quase-experimental.....	69
4.4 Análise dos questionário com os estudantes.....	73
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entrevistas.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido estudantes.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE C - Roteiro das Entrevistas.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE D - Formulário de Pré-Teste.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE E - Formulário de Pós-Teste.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE F - Atividade Prática Grupo Experimental.....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE G - Questionário Final Estudantes do Grupo Experimental.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO A - Roteiro da Atividade Experimental do Grupo de Controle.....</b>	<b>122</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades experimentais são consideradas imprescindíveis para o Ensino de Ciências e sua importância, do ponto de vista didático, tem sido destacada há tempos pela literatura especializada (Alves Filho, 2000; Araújo; Abib, 2003; Borges, 2002). Tais atividades são conhecidas por contribuir para a construção do conhecimento e posicionamento crítico do estudante diante do mundo que o cerca, familiarizar os estudantes com os métodos da ciência, facilitar a compreensão de conceitos abstratos e estabelecer relações entre o conteúdo teórico e algo mais concreto (Santos *et al.*, 2019), além de auxiliar na participação ativa e mediadora do aluno no processo de aprendizagem, estimular a criatividade, etc.

De acordo com Tamir (1991, *apud* Alves Filho, 2000), as principais justificativas para a utilização dos laboratórios no contexto didático são: i) a necessidade que os estudantes possuem do concreto, o que pode contribuir para a superação de certas dificuldades de aprendizagem; ii) o desenvolvimento da capacidade de questionamento por parte dos estudantes, que é consequência do seu envolvimento em processos de investigação reais; iii) o desenvolvimento de certas habilidades e competências generalizáveis; iv) a oportunidade de cotejar concepções alternativas que os estudantes possuem, visto que o processo permite ao docente mapear o conhecimento manifestado por eles durante suas interações com o experimento; e v) o fato de que uma parcela significativa dos estudantes gostam do trabalho prático e do ambiente descontraído do laboratório - diferentemente do formalismo das aulas tradicionais.

Embora reconhecidas a importância e as contribuições das atividades experimentais e dos laboratórios para o ensino de ciências, estes não são utilizados pelos docentes em suas aulas com a frequência esperada e os principais fatores apontados por eles para a não utilização referem-se sobretudo à formação docente insuficiente ou defasada, infraestrutura insuficiente ou inadequada das escolas, carga horária reduzida das disciplinas de ciências, número excessivo de estudantes por turma, etc (Ramos; Rosa, 2008).

Além disso, nas vezes em que o laboratório didático é empregado, ou mesmo em atividades experimentais, existem problemas de cunho pedagógico na abordagem empregada pelos docentes. Com relação a isso, Borges (2002) aponta que: a) os estudantes enxergam apenas o propósito de verificar e testar teorias; b) há uma importância exagerada, atribuída aos resultados experimentais; c) ocorre normalmente um entendimento equivocado da relação entre teoria e observação; d) as causas do erro não são investigadas; e) o laboratório é visto como um local para ensinar um método científico infalível; f) os roteiros empregados são

normalmente fechados e existe um baixo grau de liberdade para discussões; g) os laboratórios contêm equipamentos caros e de difícil acesso.

Considerando esses problemas, pesquisas mais recentes têm apontado alternativas para que alguns destes obstáculos sejam contornados, como, por exemplo, o uso de experimentos com materiais de baixo custo, programas de computador gratuitos e simulações, ferramentas essas que oferecem a possibilidade para enfrentar dificuldades relativas à infraestrutura insuficiente das escolas e à escassez de materiais para a realização de aulas práticas (Silva; Assis, 2012; Jesus; Sasaki, 2014). Outra alternativa que, para o contexto desta pesquisa parece interessante, refere-se à utilização de experimentos didáticos controlados remotamente, ou EDCR (Auer *et al.*, 2018; Caetano *et al.*, 2022).

EDCRs consistem em experimentos reais que passam por um processo de automatização e que então passam a ser controláveis por meio de uma interface computacional acessível na internet, e monitorados em tempo real através de câmeras. Segundo Caetano *et al.* (2022), as vantagens dessa tecnologia para o ensino estão relacionadas ao fato de que os utilizadores têm a oportunidade de trabalhar com um sistema que está sujeito aos mesmos fatores que um experimento tradicional e, portanto, deve realizar os mesmos processos investigativos de observação, leitura dos instrumentos, análise de erros e entre outras habilidades que são mais facilmente desenvolvidas em um laboratório tradicional. Além disso, é possível que outras habilidades que não estão diretamente ligadas à experiência sensorial propriamente dita se sobressaiam no decorrer da interação e mediação de experimentos remotos, visto que o utilizador deve possuir uma compreensão avançada das informações que recebe e da relação dos dados obtidos e analisados com modelos teóricos.

Embora as discussões e implementações de monitoramentos e coletas de dados de forma remota sejam realizadas há tempos (Edner *et al.*, 1987), o uso deste recurso no ensino é relativamente recente - últimas três décadas - e vários pontos importantes relacionados a sua utilização carecem ainda de estudos mais aprofundados para que o potencial didático-pedagógico desse recurso possa ser adequadamente explorado. Apesar de o número de trabalhos ligados a essas questões ter apresentado um aumento expressivo, principalmente na última década (Tulha; Carvalho; Coluci, 2019), muitas das discussões têm ainda caráter incipiente e muitas perguntas não foram satisfatoriamente respondidas.

Uma pergunta particularmente interessante que surge no contexto desta pesquisa refere-se às contribuições que os experimentos didáticos controlados remotamente podem oferecer para o planejamento de aulas práticas no Ensino Superior. Tipicamente, nas aulas de laboratório para os cursos de graduação no Ensino Superior, as práticas são, muitas vezes,

desenvolvidas com o objetivo de preencher tabelas e construir gráficos com roteiros engessados e pouco investigativos, verificar e comprovar leis científicas, ensinar o método científico como se fosse um algoritmo infalível e o único a ser seguido, etc (Parreira; Dieckmann, 2020). A forma como tais atividades são estruturadas contribui também para que os estudantes as realizem de maneira mecânica, uma vez que tendem a realizá-las esperando encontrar um resultado previsto na teoria e, segundo Borges (2002), quando não o encontram, corrigem suas observações e dados a fim de obter a resposta correta, a qual já estava predeterminada. Com isso, os erros não são devidamente explorados e o foco da atividade passa a ser ajustar o resultado experimental ao modelo teórico, o que favorece um ensino em que a prática é vista como uma ilustração da teoria.

Assim, quando dizemos que esta pesquisa busca identificar que contribuições a utilização dos EDCR pode oferecer para o planejamento de aulas práticas em cursos do ensino superior, referimo-nos justamente a possibilidades que podem ser percebidas por docentes como alternativas a esse modelo que foi descrito, falho e com fragilidades em seus aspectos pedagógicos. Com vistas a esse objetivo, os procedimentos de pesquisa que foram adotados estruturam-se da seguinte forma: i) levantar inicialmente um conjunto de direcionamentos, a partir de docentes que ministram aulas práticas ou que as tenham ministrado nos últimos cinco anos, relativamente a suas ideias para planejamento de aulas experimentais envolvendo EDCRs; ii) conceber, planejar e assessorar aulas práticas centradas em EDCRs, elaboradas a partir dos direcionamentos da etapa anterior; iii) analisar os resultados dessa atividade no desempenho dos estudantes por meio de um estudo experimental, através da análise dos resultados de pré-teste e pós-teste; iv) estudar certos aspectos da interação dos estudantes com um EDCR através da aplicação e análise de questionários.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos alguns estudos que ajudam a fundamentar esta pesquisa. Na Seção 2.1, abordaremos o papel das atividades experimentais no ensino de ciências e como elas têm sido realizadas na prática, discutindo suas potencialidades e os desafios enfrentados para sua aplicação em sala de aula. Em seguida, nas seções 2.2, 2.3 e 2.4 abordaremos o contexto dessas atividades no ensino superior, discutindo sua inserção nos cursos de graduação, seus objetivos e os desafios para sua realização nos laboratórios didáticos.

Na seção 2.5, apresentaremos o contexto de realização das atividades experimentais na instituição na qual a pesquisa foi desenvolvida, descrevendo as características dessas atividades, os formatos das aulas e as dificuldades recorrentes em sua realização. Em seguida, na seção 2.6, discutiremos as estratégias adotadas pelos professores para contornar os obstáculos à realização de atividades experimentais, com ênfase na alternativa dos experimentos didáticos controlados remotamente. Para contextualizar o leitor sobre o surgimento e a implementação dos laboratórios remotos no ensino, dedicaremos a seção 2.7 a um breve histórico da experimentação remota e à apresentação do estado atual das pesquisas sobre este tema no Brasil. Encerrando o capítulo, dedicaremos a seção 2.8 à apresentação do Laboratório Remoto de Ciências, abordando seu funcionamento e os pressupostos educacionais por trás do projeto.

### 2.1 Atividades experimentais no ensino: entre a teoria e a prática

As atividades experimentais desempenham um papel essencial no ensino de ciências. Naquilo que se refere à Educação Básica (EB), essas atividades são reconhecidas por contribuírem para reduzir certas dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem (Arruda; Laburú, 1998; Araújo; Abib, 2003; Santos *et al.*, 2019), principalmente naquilo que diz respeito aos conteúdos específicos de ciências como, por exemplo, indução eletromagnética, fenômenos de difração e interferência, processos radiativos, conceitos de astronomia, entre outros. Tais conteúdos, em geral, exigem um elevado nível de abstração por parte dos estudantes, uma vez que tratam de fenômenos que não são diretamente observáveis ou que, muitas vezes, fogem à experiência cotidiana. A compreensão desses fenômenos não se restringe à simples observação, ela requer, na maioria

das vezes, a aplicação de raciocínios matemáticos complexos, fundamentais para sua análise e interpretação.

Para Santos *et al.* (2019), estas atividades apresentam grande potencial para familiarizar os estudantes com os métodos da ciência, uma vez que devem realizar medições, coletar dados, formular hipóteses e analisar os resultados obtidos. Os autores defendem que essas atividades podem levar ao desenvolvimento do raciocínio lógico e facilitar a compreensão de conceitos considerados abstratos. Entretanto, vale destacar que o desenvolvimento de habilidades específicas, como o raciocínio lógico e a criatividade, estão atrelados a um planejamento adequado dessas atividades e podem ser mais bem desenvolvidos em práticas investigativas, conforme apontam autores como Araújo e Abib (2003) e Borges (2002).

Nesse sentido, Alves Filho (2000) argumenta que essas atividades devem ser cuidadosamente planejadas para que cumpram seu papel pedagógico, pois para ele, a realização de experimentos científicos sem uma orientação específica não garante que os estudantes compreendam os princípios científicos e construam significados de forma adequada. Para que as atividades experimentais cumpram o seu papel, é necessário adaptar o conteúdo e a metodologia utilizada não apenas ao nível de compreensão atual dos estudantes, mas também às potencialidades que podem ser desenvolvidas mediante mediação adequada.

Em outras palavras, o planejamento deve considerar tanto a Zona de Desenvolvimento Real, na qual os estudantes são capazes de resolver problemas de forma autônoma, quanto a Zona de Desenvolvimento Potencial, que corresponde ao que podem realizar com a orientação de um professor ou com a colaboração de seus colegas. Ao atuar nesse espaço, denominado por Vygotsky (1978) como Zona de Desenvolvimento Proximal, o planejamento possibilita que os estudantes avancem para além de suas capacidades prévias, desenvolvendo competências investigativas, criatividade e uma postura mais ativa e reflexiva no processo de aprendizagem.

Embora o papel das atividades experimentais já esteja bem estabelecido e seja praticamente um consenso que elas apresentam um grande potencial não só para uma aprendizagem significativa mas também para o desenvolvimento de diversas habilidades, observa-se que os professores ainda não as utilizam com a frequência e os objetivos esperados. Entre as principais justificativas apresentadas pelos docentes para sua não utilização, destacam-se, principalmente, aquelas relacionadas à infraestrutura das escolas (Ramos; Rosa, 2008). Segundo dados do Censo Escolar de 2018, divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), o Brasil contava com

28.673 escolas que ofereciam o ensino médio, das quais apenas 44,1% dispunham de um laboratório de ciências (Brasil, 2019).

Apesar de o currículo nacional para o ensino médio, através da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), prever a realização de atividades experimentais e aulas de laboratório, é possível perceber um descompasso entre o que se propõe ensinar e o que, de fato, é possível desenvolver, considerando a infraestrutura disponível nas escolas. Contudo, é importante destacar que a existência de um laboratório de ciências na escola não garante, por si só, a realização de práticas experimentais em todas as áreas das ciências naturais (química, física e biologia), uma vez que isso pode variar de acordo com o investimento de cada escola em equipamentos e materiais de laboratório. Além disso, muitos experimentos demandam equipamentos específicos, de alto custo, de difícil manutenção ou que apresentam riscos à segurança, o que pode limitar sua implementação no contexto escolar.

Autores como Ramos e Rosa (2008) argumentam que a ausência das atividades experimentais em sala de aula também está relacionada à formação dos professores, uma vez que muitos relatam não se sentirem preparados para realizar tais atividades. Esse fato está associado não somente a um caráter técnico, de como utilizar os equipamentos de laboratório para realizar uma atividade prática, mas também aos aspectos didáticos que devem ser empregados para a elaboração e a execução dessas atividades. Segundo os autores, muitas vezes, os professores tendem a permanecer em sua zona de conforto, reproduzindo o modelo pedagógico com o qual se familiarizaram ao longo de sua trajetória escolar, pois sentem-se inseguros e despreparados para adotar novas práticas e métodos de ensino mais inovadores.

A falta de tempo é outra justificativa frequentemente apresentada pelos docentes para a não realização de atividades experimentais (Kanbach *et al.*, 2005). É seguro dizer que o parâmetro utilizado pelo professor, de forma natural e imediata, para avaliar se o tempo será suficiente, consiste, grosso modo, na razão entre o volume de conteúdo a ser ministrado no ano e a quantidade de aulas disponíveis para isso, levando-se em conta aulas ocupadas por simulados, avaliações, feriados, etc. Um equívoco muito comum é considerar que as atividades práticas interrompem necessariamente o programa da disciplina, de forma que essas atividades passam a ser vistas como um ônus ao planejamento didático, uma sobrecarga. Ocorrem como espécie de incisões ao longo do conteúdo e, então, teoria e prática coexistem em um currículo aquinhoado e sem nenhuma organicidade.

Parece existir um paradigma de que, para que o conteúdo seja considerado como trabalhado, é necessário que ele tenha sido exposto em sala de aula. Nesses moldes, pressupõe-se também, com muita frequência, uma postura essencialmente passiva dos

estudantes, embora não necessariamente. Dito de outra forma, o professor, por vezes compelido pela própria escola e seu sistema de ensino, parece buscar uma configuração em que ele assuma um papel predominantemente ativo, do contrário não é capaz de sentir que o conteúdo foi ensinado. Esse paradigma sustenta a resistência à utilização de atividades práticas, nas quais o professor deve assumir uma postura diferenciada, mais próxima daquela de um mediador. Em suma, se o professor precisa abdicar de seu papel ativo ele não considera o conteúdo como cumprido e as atividades práticas passam a ser vistas como um atraso para o cronograma. Essa concepção está alinhada ao modelo tradicional de ensino criticado por diversos autores, que destacam a centralidade excessiva do professor, a passividade atribuída aos estudantes e a resistência às práticas experimentais e investigativas (Alís *et al.*, 2006; Borges, 2002; Gaspar, 1997; Hofstein; Lunetta, 2004).

Essa questão nos remete novamente à formação docente, especialmente no que se refere à abordagem das atividades práticas. Mais do que um problema técnico relacionado à carga horária, número de turmas e volume de conteúdo, trata-se de uma mudança de perspectiva pedagógica. É essencial que os professores compreendam que as atividades práticas não interrompem o ensino do conteúdo, pelo contrário, podem torná-lo mais efetivo. Além disso, permitem abordar uma parte significativa do conteúdo em menos tempo, desde que se reconheça o papel ativo do aluno e seu comprometimento com a experiência proposta.

## **2.2 A inserção das atividades experimentais no ensino superior: um panorama histórico**

Para iniciarmos, nos parece lógico discutirmos sobre o processo de inserção das atividades experimentais nos cursos de graduação. No Brasil, é possível inferir que a introdução das atividades experimentais nos cursos de graduação está, de certa forma, vinculada à criação das primeiras instituições de ensino superior no país e, conseqüentemente, à criação dos primeiros laboratórios destinados a atender os cursos dessas instituições. Esse processo foi influenciado por transformações de ordem política, econômica e educacional que fizeram parte do desenvolvimento do Brasil ao longo dos anos.

As primeiras referências à implementação de atividades experimentais no ensino superior datam do século XIX, particularmente a partir da transferência da corte portuguesa para o Brasil, que ocasionou diversas mudanças no país, incluindo a criação das primeiras escolas de ensino superior, voltadas para cursos de Engenharia e Medicina. Nesse período, as aulas de laboratório eram voltadas para a formação técnica dos profissionais e não

apresentavam abertura ou qualquer incentivo para práticas investigativas (Schwartzman, 1979; Sampaio, 1991). Entre essas instituições, destacam-se a Faculdade de Medicina da Bahia, fundada em 1808, a Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro, fundada em 1832, e a Academia Real Militar, fundada em 1810, que posteriormente em 1894, se transformou em Escola Politécnica. Nesse cenário, no caso dos cursos de medicina, a presença das aulas de laboratório estava voltada para disciplinas como anatomia e farmacologia (Teixeira, 2001). Da mesma forma, para a formação dos futuros engenheiros, os laboratórios eram voltados para ensaios de materiais. No entanto, as atividades experimentais realizadas estavam longe de serem planejadas e desenvolvidas com o conhecimento didático-pedagógico que possuímos hoje (Gitahy, 2001).

No caso da Faculdade de Medicina da Bahia, há relatos de que tais espaços não estavam adequadamente equipados e preparados para a realização de atividades experimentais que de fato contribuíssem para a formação dos futuros profissionais da área da saúde (Teixeira, 2001). Em decorrência disso, as aulas eram realizadas majoritariamente de forma teórica, com pouca ou nenhuma articulação com a pesquisa e, de acordo com Andrade (2008, p. 246), “[...] não se realizavam estudos das doenças com bases científicas, nem se desenvolviam modelos experimentais das mesmas”. Tendo em vista a ausência de condições para a realização dessas atividades práticas, Teixeira (2001) relata que as aulas de cirurgia e medicina clínica passaram a acontecer no Hospital Santa Isabel, criado em 1883, mas que, contudo, não permitia o desenvolvimento de pesquisas mais avançadas.

Da mesma forma, as aulas de laboratório dos cursos de engenharia, principalmente as oferecidas pela Escola Politécnica de São Paulo, também assumiram, em suas fases iniciais, um caráter predominantemente demonstrativo, voltado mais para a comprovação de teorias científicas, com pouca abertura para práticas mais investigativas (Gitahy, 2001). Além disso, havia uma forte ênfase na formação técnica dos futuros engenheiros, com o objetivo de atender às demandas industriais do estado, particularmente a partir do início da República, quando se intensificaram as obras públicas, a construção de ferrovias, entre outras iniciativas. As atividades experimentais eram organizadas em “gabinetes”, como o de resistência dos materiais que, embora operassem como laboratórios rudimentares, constituíam os principais espaços destinados à prática experimental dos cursos, funcionando também como suporte às aulas teóricas (Cerasoli, 2018).

As primeiras universidades brasileiras começaram a surgir nas primeiras décadas do século XX. A Universidade do Rio de Janeiro, posteriormente denominada Universidade do Brasil e, mais tarde, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), foi fundada em 1920,

seguida pela criação da Universidade de Minas Gerais, atual Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 1927 (Brasil, 1920; UFMG, 2022). Na década de 1930, durante o governo de Getúlio Vargas, foram fundadas a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade de Porto Alegre, atual Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1934, consolidando um novo modelo de ensino superior no país, ainda fortemente influenciado por ideias europeias (Schwartzman, 1979). Nesse período, a Reforma Francisco de Campos representou um marco importante na história da educação no país, ao definir diretrizes sobre o funcionamento das universidades. Entre as principais mudanças, a reforma estabeleceu um novo sistema de avaliação, reconhecendo a importância das práticas ao incluí-las nas avaliações finais das disciplinas. Apesar disso, a reforma não detalhou como deveria ser a estrutura ou o funcionamento dos laboratórios, e o ensino experimental continuou a ser baseado na demonstração de experimentos, sem caráter investigativo, devido à ausência de estrutura adequada, à escassez de equipamentos e à formação docente insuficiente (Sampaio, 1991).

As discussões sobre as atividades experimentais no ensino superior só passaram a ganhar destaque, a partir da década de 1960, período marcado pela ditadura militar no Brasil. Nessa época, o país estava sob influência dos Estados Unidos, que passaram a direcionar parte de seus recursos para investimento em países subdesenvolvidos, como forma de garantir sua hegemonia sobre o continente americano. Entre suas estratégias de intervenção estavam as políticas de modernização do capitalismo na América Latina, cujo principal foco era o desenvolvimento da educação. Os investimentos no Brasil ocorreram por meio da *United States Agency for International Development* (USAID), criada em 1961 com o objetivo de fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico em países em desenvolvimento, promovendo reformas educacionais alinhadas ao modelo norte-americano (Oliveira, 2024).

Entre os anos de 1965 e 1967, foram firmados convênios entre o Ministério da Educação e Cultura (MEC) e a USAID, os chamados Acordos MEC-USAID. Esses acordos tinham o objetivo de reestruturar o ensino superior no Brasil, a partir da modernização dos currículos e do fortalecimento da infraestrutura universitária (Tuthill, 1967). Nesse contexto, foi realizada uma análise do sistema de ensino superior brasileiro da época, que concluiu sua defasagem em relação aos padrões dos Estados Unidos. Entre os principais problemas apontados estavam a rigidez curricular e a precariedade dos laboratórios, que não estavam adequadamente equipados para a realização de atividades experimentais e que não contavam com docentes devidamente preparados para a realização dessas atividades (Cunha, 2007). Embora o intercâmbio de professores e serviços entre universidades norte-americanas e

brasileiras já existissem em forma de convênios, foi durante o período de atuação da USAID que essas relações foram intensificadas. De acordo com Oliveira (2024, p. 233):

Os convênios que beneficiaram a UFV, a UFRGS e a UFC, além da Esalq/USP, propiciaram milhões de dólares para a montagem de laboratórios, compra de suprimentos e pagamento de pessoal. Tais recursos deram impulso a programas de pesquisa e pós-graduação, e contribuíram para a formação de centenas de pesquisadores.

Nesse contexto, as ações implementadas contribuíram para a consolidação de um novo modelo pedagógico nas universidades brasileiras, no qual as atividades experimentais passaram a ser consideradas importantes para a aprendizagem científica. A experimentação, que anteriormente se limitava à demonstração de fenômenos e ao treinamento técnico de profissionais, passou a ser integrada aos currículos como uma prática formativa indispensável. Entretanto, é importante destacar que essa reforma esteve associada e subordinada aos interesses geopolíticos e econômicos dos Estados Unidos, que estavam investindo na formação de mão de obra qualificada nos países em desenvolvimento, não apenas como estratégia de cooperação, mas também como meio de assegurar uma força de trabalho tecnicamente capacitada e economicamente acessível, em detrimento de uma formação crítica (Saviani, 2021).

Apesar das críticas vindas principalmente de setores da educação, intelectuais e movimentos sociais que apontavam a atuação da USAID no Brasil como uma estratégia de intervenção voltada à imposição de um modelo tecnocrático de universidade, mais alinhado aos interesses do capital do que às necessidades sociais do país (Leher, 2018), não se pode ignorar que essa atuação deixou um legado e impulsionou novas mudanças e discussões no âmbito do ensino superior brasileiro e, conseqüentemente, da realização das atividades experimentais.

Em um cenário mais recente, a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/1996, tornou-se um marco na história do ensino superior no Brasil, especialmente no que diz respeito à formação docente. Por meio dela, consolidou-se um modelo de ensino integrado, que valoriza a articulação entre teoria e prática, ensino e pesquisa. Reforçando esse modelo de integração entre teoria e prática, o artigo 65 da LDB determina que os cursos de licenciatura devem, obrigatoriamente, assegurar atividades de práticas de ensino durante a formação inicial dos docentes (Brasil, 1996). Embora essa exigência tenha sido estabelecida oficialmente em 1996, a legislação não inaugurou novas práticas, mas passou a formalizar e legitimar experiências que já vinham sendo desenvolvidas

em muitos cursos de licenciatura e bacharelado, sobretudo em função da atuação e da pressão exercida por docentes dessas áreas (Silva, 2015).

Nos anos que se seguiram à promulgação da LDB, programas de financiamento como o REUNI (Programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais), criado em 2007, e políticas de interiorização do ensino superior foram fundamentais para a ampliação e modernização dos laboratórios universitários, contribuindo para a democratização do acesso às atividades experimentais (Gomes, Machado-Taylor, Saraiva; 2018). Apesar dos avanços e do incentivo à expansão desses espaços, desafios importantes ainda persistem. A manutenção dos laboratórios, a formação continuada dos docentes para atuação nesses ambientes, as discussões em torno dos propósitos e das características das atividades experimentais e, sobretudo, a maneira como essas aulas são planejadas e conduzidas continuam representando obstáculos ao pleno aproveitamento das potencialidades didático-pedagógicas dessas práticas, como discutiremos nos próximos capítulos.

### **2.3 O propósito das atividades experimentais nos cursos de graduação**

No Ensino Superior, as atividades experimentais passam a desempenhar um papel mais específico, consolidando-se como ferramentas fundamentais para a formação científica, técnica e profissional dos discentes. Para além de seu caráter didático, enquanto recurso que auxilia na compreensão e construção do conhecimento, as práticas experimentais no Ensino Superior também contribuem para o desenvolvimento da autonomia científica e profissional dos estudantes, ao estimular tomadas de decisões, a resolução de problemas complexos e o pensamento crítico, preparando os discentes para desafios reais em ambientes acadêmicos, de pesquisa e de atuação profissional.

Nesse contexto, o espaço do laboratório didático caracteriza-se como um local propício não somente para a articulação entre teoria e prática, mas também para o desenvolvimento de certas habilidades práticas necessárias à formação profissional. É neste ambiente que os estudantes são estimulados a formular e testar hipóteses, a planejar e a executar procedimentos de laboratório, a coletar e analisar dados, a operar equipamentos, fazer testes com materiais, entre outros. A experiência adquirida nesse processo é essencial para o desenvolvimento de habilidades técnicas que são necessárias para a formação de futuros engenheiros e cientistas, como o domínio de equipamentos e instrumentos laboratoriais (espectrofotômetros, balanças analíticas, termômetros, dispositivos ópticos, entre

outros), a execução de procedimentos de laboratório e o respeito a normas de segurança e ética nesses ambientes.

Em diferentes áreas do conhecimento, as aulas práticas cumprem funções específicas que vão desde a elaboração e teste de protótipos, aparelhos e materiais em cursos de Engenharia, à realização de análises clínicas e biológicas na área da Saúde, passando pela síntese e caracterização de compostos em cursos de Química, ou pelo estudo de fenômenos físicos em situações controladas no âmbito da Física Experimental. Paralelamente, essas atividades favorecem o desenvolvimento de competências associadas, por exemplo, ao trabalho em equipe, à comunicação científica e à gestão de tempo e recursos. Além disso, os ambientes dos laboratórios constituem espaços formativos fundamentais para a iniciação científica, na medida em que possibilitam aos estudantes participação em atividades de pesquisa, estimulando o interesse pela produção de conhecimento e pelo trabalho de pesquisa acadêmica.

Não podemos nos esquecer que as atividades experimentais nos cursos de licenciatura também exercem uma função especial, principalmente naquilo que diz respeito aos Laboratórios de Ensino de Ciências (LEC). Nesses espaços destinados à formação docente, os estudantes são estimulados a exercitarem suas habilidades didático-pedagógicas, além de realizarem a troca de experiências e reflexão crítica sobre sua própria prática, fato esse que auxilia no desenvolvimento e construção da identidade profissional dos futuros docentes (Martins *et al.*, 2005; Pereira; Bartelmebs, 2023). No LEC as atividades experimentais passam a ser realizadas com o propósito de incentivar os futuros docentes a elaborarem e conduzirem atividades práticas, criarem experimentos, materiais didáticos como sequências didáticas e experimentos de baixo custo, entre outras atividades contextualizadas à realidade da educação básica, o que auxilia os estudantes no desenvolvimento de suas habilidades para sua futura atuação em ambiente escolar (Costa; Rotta, 2024).

Portanto, no contexto do ensino superior, as atividades experimentais não se restringem à construção do conhecimento teórico ou aos procedimentos experimentais, uma vez que as universidades frequentemente dispõem de diferentes recursos para esses fins. Também proporcionam aos estudantes experiências práticas que contribuem para a compreensão dos conteúdos, o desenvolvimento de habilidades específicas de cada curso e a aproximação dos discentes com a realidade profissional de sua área de formação. Essas atividades costumam ocorrer em ambientes urbanos, industriais ou institucionais, e envolvem igualmente procedimentos de coleta e análise de dados. Nesse sentido, no ensino superior as atividades experimentais apresentam um caráter multifuncional, podendo ser realizadas com

objetivos além da construção do conhecimento acerca de um conteúdo, abrangendo outras dimensões da formação, conforme as especificidades de cada área.

#### **2.4 Obstáculos à realização das atividades experimentais no ensino superior**

Apesar das atividades experimentais possuírem múltiplas funções e contribuírem em diversos aspectos da formação dos discentes, o contexto da realização dessas atividades no ensino superior é transpassado por desafios que não estão diretamente relacionados à ausência de atividades experimentais ou de infraestrutura para sua realização, visto que as universidades normalmente possuem laboratórios devidamente equipados e disciplinas específicas destinadas à prática experimental (Massoni, 2014; Parreira; Dickman, 2020)

É possível perceber problemas presentes na forma com que essas atividades são realizadas que, segundo Borges (2002), correspondem a uma distorção do verdadeiro propósito dos laboratórios didáticos. De acordo com o autor, as atividades experimentais têm sido realizadas na forma de um laboratório tradicional e os principais problemas por trás desse modelo são: a) os estudantes enxergam apenas o propósito de verificar e testar teorias; b) importância exagerada atribuída aos resultados experimentais; c) entendimento equivocado da relação entre teoria e observação; d) as causas do erro não são investigadas; e) é visto como um local para ensinar um método científico infalível; f) roteiros fechados e pouco grau de liberdade para discussões.

Quando analisamos as aulas de laboratório para os cursos no Ensino Superior, percebemos que, embora as atividades práticas estejam fundamentadas pedagogicamente e tenham objetivos didáticos bem definidos, no momento de sua realização observa-se frequentemente que o papel dessas atividades reduz-se ao mero preenchimento de tabelas e construção de gráficos, procedimentos esses que esvaziam o significado da prática. Os estudantes, portanto, nem sempre compreendem os conceitos científicos envolvidos no experimento, tampouco os procedimentos que realizaram, e acabam agindo mecanicamente apenas para que sejam bem avaliados naquela atividade. Eles vão ao laboratório com o objetivo de verificar e comprovar leis científicas. Além disso, a forma como tais atividades são comumente estruturadas faz com que os estudantes ajam como se estivessem seguindo uma receita de bolo e esperando encontrar resultados previstos na teoria. Quando não os encontram, corrigem suas observações e dados a fim de obterem a resposta correta, que já estava predeterminada. Dessa forma, os erros não são devidamente explorados e o foco da

atividade passa a ser o resultado experimental, o que favorece um ensino em que teoria e prática são tratados de maneira dissociadas (Borges, 2002).

Os resultados de uma pesquisa conduzida por Parreira e Dickman (2020) também apontam para uma distorção entre o papel do laboratório didático e aquilo que tem sido de fato realizado na prática. O laboratório didático deveria ser um ambiente pedagógico que estimula a investigação, a observação, a análise crítica, a resolução de problemas e o trabalho em equipe, promovendo uma aprendizagem significativa. Mas, de acordo com os autores, a função atribuída, tanto por estudantes quanto por professores, às aulas de laboratório no ensino superior é a de “visualizar a teoria na prática”, caracterizando-se como uma extensão das aulas teóricas. Dessa forma, é dada demasiada importância aos resultados experimentais enquanto que certos aspectos como a oportunidade de explorar aspectos do procedimento experimental, aproveitando esse momento para o desenvolvimento de outras habilidades por meio do teste de hipóteses, discussão das etapas e até mesmo dos erros, são deixados de lado.

Outro aspecto que merece destaque refere-se ao planejamento dessas atividades, que normalmente se resume a roteiros prontos que ficam disponíveis no laboratório para o professor e para os estudantes. No contexto de desenvolvimento desta pesquisa, esses roteiros são utilizados por todas as turmas, sem levar em consideração suas particularidades, de modo a contribuir para uma aprendizagem mais significativa. Além disso, apresentam uma estrutura fechada com uma sequência fixa de passos predeterminados que os estudantes devem seguir, como se fossem “receitas de bolo”, deixando pouco ou nenhum espaço para exploração, questionamento, realização de escolhas e discussão. Essa forma de planejamento impõe um caráter mecânico ao laboratório, passando a funcionar mais como um ambiente de execução de tarefas do que como um espaço de construção do conhecimento e de desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas.

Desse modo, com base no que foi exposto, é evidente que apesar de diversos estudos apresentarem as possibilidades e a importância das atividades experimentais para o ensino, os professores ainda não as utilizam com a frequência e os objetivos esperados. Embora os desafios para a realização de tais atividades sejam encontrados de formas diferentes em ambientes distintos, o fato de que mais investigações devem ser conduzidas a fim de propor alternativas a tais desafios e de encontrar maneiras de fazer com que seus resultados cheguem até os professores nas escolas e nas universidades não pode ser ignorado.

## 2.5 As aulas práticas nos cursos da Unifei

Para contextualizar o leitor, considera-se pertinente apresentar algumas informações acerca da instituição na qual esta pesquisa foi desenvolvida. O estudo foi realizado na Universidade Federal de Itajubá (Unifei), campus Itajubá, instituição pública de ensino superior localizada no sul do estado de Minas Gerais. Esta universidade possui uma trajetória consolidada na área das engenharias, sendo tradicionalmente reconhecida por sua atuação nos campos da ciência e tecnologia. Atualmente, a Unifei oferece 44 cursos de graduação presenciais, dos quais 27 são ofertados no campus de Itajubá, 13 no campus de Itabira e 3 no campus de Pouso Alegre. No campus Itajubá, foco deste estudo, são ministrados nove cursos de engenharia, além de outros cursos nas áreas de ciências exatas (Química e Física), ciências da computação, ciências biológicas, administração e design.

Dado o perfil institucional voltado majoritariamente às ciências exatas e às engenharias, é natural que, durante o ciclo básico, um conjunto de disciplinas seja compartilhado entre os diversos cursos. Esse núcleo compartilhado de disciplinas tem como objetivo fornecer uma base de conhecimentos essenciais, contemplando disciplinas como Cálculo Diferencial e Integral, Física Teórica, Física Experimental, Química Geral, Álgebra Linear, Geometria Analítica, entre outras.

No que se refere às aulas práticas, as disciplinas de laboratório na Unifei podem ser classificadas, de forma geral, em duas categorias: 1) disciplinas práticas de conhecimentos específicos, voltados às competências técnicas de cada curso, e 2) disciplinas práticas de conhecimento geral, pertencentes ao ciclo básico de disciplinas, comum a todos os cursos das áreas de ciências exatas e engenharias.

No primeiro caso, as práticas experimentais visam à consolidação de habilidades técnicas e operacionais relacionadas diretamente à formação profissional. Cada curso possui disciplinas práticas que envolvem conhecimentos específicos e exclusivos, ministradas em turmas reduzidas, o que favorece uma abordagem mais aprofundada dos conteúdos e permite certa personalização conforme as necessidades específicas de cada turma. Nesse sentido, tais disciplinas possibilitam a exploração de problemas abertos que envolvem momentos de discussão e investigação, colocando os alunos como sujeitos mais ativos na realização dos experimentos.

Essas disciplinas, geralmente conduzidas por professores com formação em engenharia, concentram-se no domínio e na aplicação de equipamentos, testes de materiais e simulações de situações reais, como ocorre, por exemplo, nos laboratórios de alta tensão da

engenharia elétrica. No entanto, é importante observar que esses docentes, embora dominem o conhecimento técnico, nem sempre possuem formação específica em práticas pedagógicas ou no ensino experimental, o que pode limitar o aproveitamento do potencial didático-pedagógico dessas atividades.

Já as disciplinas práticas de conhecimentos gerais estão vinculadas aos conteúdos de ciências que compõem uma base de conhecimentos essenciais, necessários para todos os cursos de ciências exatas da universidade. No contexto desta pesquisa, o foco consiste nos laboratórios de Física Experimental, os quais integram o currículo obrigatório do ciclo básico de todos os cursos de Engenharia, Química e Física da Unifei. Essas disciplinas são ministradas ao longo dos primeiros anos de curso em diferentes componentes: Física Experimental I (cinemática e dinâmica), Física Experimental II (termodinâmica e ondulatória), Física Experimental III (eletromagnetismo) e Física Experimental IV (Física Moderna). Essas aulas são conduzidas por docentes do Instituto de Física e Química (IFQ), todos com formação na área de Física.

Essas disciplinas, por atenderem simultaneamente a diversos cursos, contam com turmas numerosas e com uma estrutura padronizada. As práticas são realizadas nos laboratórios didáticos do IFQ, com base em roteiros previamente elaborados, disponibilizados tanto no ambiente físico quanto no site oficial do instituto<sup>1</sup>. Ao chegar ao laboratório, os estudantes encontram os experimentos já montados. Embora a abordagem possa variar entre os docentes, observa-se, de modo geral, que o professor realiza uma breve introdução, repassa as instruções e os estudantes executam os procedimentos conforme descrito nos roteiros, realizando a coleta de dados para uma análise *a posteriori* em casa. Ao final, devem entregar um relatório com os resultados obtidos.

Apesar da universidade oferecer uma infraestrutura adequada para a realização de aulas práticas, o modelo de ensino adotado nesses laboratórios apresenta limitações que comprometem o processo de aprendizagem. Conforme já apontado por Borges (2002), esse tipo de prática experimental tende a ser excessivamente engessada e mecânica. Os roteiros adotam uma estrutura fechada, com sequências de procedimentos a serem seguidos passo a passo, cujo único objetivo é a verificação de teorias ou leis científicas previamente conhecidas. Ao contrário das disciplinas práticas de conhecimentos específicos, esse formato reduz a autonomia dos estudantes e estimula uma postura passiva, na qual os alunos executam tarefas sem compreender claramente os objetivos dos experimentos, nem desenvolver habilidades investigativas e reflexivas. Não há espaço, por exemplo, para a discussão de erros,

---

<sup>1</sup> Acesso em: <https://labs-ifq.unifei.edu.br/>

o levantamento de hipóteses alternativas ou a repetição de procedimentos em caso de inconsistências nos dados coletados.

Outro fator limitante refere-se ao tempo e à estrutura das aulas. Normalmente, as práticas ocorrem quinzenalmente com turmas lotadas, o que dificulta a orientação individualizada e restringe a possibilidade de discussões mais aprofundadas durante a aula. Em função desse cenário, muitos alunos preocupam-se apenas em concluir rapidamente a coleta de dados, sem dedicar tempo à análise crítica dos procedimentos ou à compreensão dos fenômenos envolvidos.

Essa dinâmica também impacta negativamente a avaliação. Na maioria dos casos, os estudantes são avaliados por meio dos relatórios, os quais, por vezes, são corrigidos sem que haja um retorno detalhado ou uma discussão sobre as falhas. Essa ausência de orientação do professor dificulta a identificação de falhas relativas à aprendizagem dos estudantes e à superação dessas dificuldades, além de estimular práticas contraproducentes do ponto de vista da aprendizagem, como é o caso, por exemplo, da adulteração dos dados coletados para que os resultados se adequem aos resultados teóricos esperados.

Considerando o que foi exposto, esta pesquisa está relacionada ao segundo tipo de laboratório: as disciplinas práticas de conhecimentos gerais. Nessas, identificamos diversos problemas apontados por Borges (2002), para os quais buscamos apresentar possíveis encaminhamentos por meio da resposta à pergunta de pesquisa. Com esta seção, procuramos situar o leitor quanto aos problemas mais frequentes na forma como essas disciplinas são realizadas, bem como às implicações desses problemas na formação dos estudantes.

## **2.6 Alternativas para a superação de obstáculos na implementação das atividades experimentais**

Para contornar as dificuldades de implementação e realização de atividades experimentais, diversas estratégias didáticas têm sido adotadas, destacando-se aquelas que utilizam recursos digitais, como simulações, vídeo-análises, análise de dados (coletados previamente), experimentos de baixo custo, entre outras (Medeiros; Medeiros, 2002; Leitão; Teixeira; Rocha, 2011; Duarte, 2012). Quando bem planejadas e fundamentadas pedagogicamente, essas estratégias configuram-se como alternativas que podem auxiliar a contornar os desafios inerentes à implementação das práticas experimentais tradicionais, sobretudo aqueles relacionados à infraestrutura e aos recursos disponíveis nas instituições.

Um recurso frequentemente apontado na literatura como uma ferramenta didática com potencial para superar alguns desses consiste nas simulações computacionais. Especialmente na Física, essas ferramentas possibilitam a visualização e manipulação de conceitos abstratos, frequentemente identificados como um dos principais obstáculos nos processos de ensino e aprendizagem dessa área. Como ressaltam Medeiros e Medeiros (2002), a Física frequentemente lida com fenômenos que extrapolam os limites da percepção sensorial humana, como corpos em altas velocidades, partículas elementares e processos envolvendo radiações, potencialmente nocivas. Ao integrar animações, representações visuais e diversos elementos gráficos, as simulações não só tornam os conteúdos mais acessíveis, mas também promovem maior engajamento dos estudantes, incentivando a participação ativa e a construção significativa do conhecimento de maneira dinâmica e interativa (Jaime; Leonel, 2024). Nessas circunstâncias, as simulações emergem como ferramentas didáticas que não apenas ampliam as possibilidades experimentais, mas também garantem um ambiente de aprendizagem mais seguro e acessível.

No entanto, apesar de suas inúmeras possibilidades didáticas, as simulações apresentam limitações que devem ser consideradas. Embora sejam recursos poderosos, não substituem completamente as atividades práticas presenciais. Por se tratarem de ferramentas digitais, as simulações dependem do acesso a dispositivos eletrônicos e, em alguns casos, podem requerer conexão à internet, o que pode ser um desafio para as escolas. Ademais, por mais precisas que sejam, as simulações não reproduzem todos os aspectos do mundo real.

Nesse sentido, Medeiros e Medeiros (2002, p. 80) observam que "um sistema real é frequentemente muito complexo, e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade". Assim, como destaca Verbic (1996, *apud* Medeiros; Medeiros, 2002), é essencial compreender que existe uma diferença significativa entre realizar um experimento real e uma simulação computacional. Caso essa diferença não seja devidamente reconhecida, as simulações podem gerar concepções equivocadas sobre os fenômenos estudados. Enquanto o experimento envolve a interação direta com o sistema físico, estando sujeito a incertezas, erros de medição e variáveis não controladas, a simulação opera a partir de um modelo matemático previamente definido, cujos resultados tendem a reproduzir de forma idealizada o comportamento esperado do fenômeno. Entretanto, tais limitações não devem ser interpretadas como um argumento para desconsiderar o seu uso, mas sim como um ponto de partida para o planejamento de atividades adequadas que integrem esses recursos de forma crítica e consciente, promovendo uma aprendizagem significativa e alinhada às especificidades de seu uso.

A vídeo-análise (ou análise de vídeo) representa outro recurso bastante citado na literatura. Em diversas pesquisas, os benefícios dessa ferramenta são comparados àqueles observados nas simulações, como o desenvolvimento do raciocínio lógico, o aumento do envolvimento dos estudantes, a promoção de uma participação mais ativa e a facilitação da compreensão de fenômenos considerados complexos (Saavedra Filho *et al.*, 2017; Bordin; Bezerra Junior, 2019).

As vídeo-análises possuem uma característica única que as distinguem das simulações: a capacidade de capturar fenômenos reais, possibilitando uma observação direta e mais próxima do mundo real. De acordo com Bordin e Bezerra Junior (2019), ao utilizar dados experimentais verdadeiros, a vídeo-análise fomenta o desenvolvimento do pensamento crítico e das habilidades analíticas dos alunos, uma vez que eles se deparam com as variações naturais, imperfeições e incertezas típicas dos processos experimentais. Esse enfrentamento das complexidades do mundo real proporciona uma experiência de aprendizado mais próxima da prática científica, permitindo que os estudantes não apenas compreendam os fenômenos, mas também se envolvam na investigação de suas causas e implicações.

Cabe ressaltar que para que a vídeo-análise seja realizada com sucesso, ou seja, para que os resultados esperados sejam alcançados e os objetivos didáticos sejam atingidos, é necessário que a produção dos vídeos observe uma série de cuidados como, por exemplo, garantir uma iluminação adequada, resolução suficiente, redução das distorções/aberrações geométricas, escolha adequada de fatores de escala, etc. Dessa maneira, é importante que o professor tenha conhecimento das limitações inerentes à utilização desse recurso e como evitá-las ou contorná-las a fim de atingir seus objetivos pedagógicos e fornecer direcionamentos e instruções aos estudantes.

Experimentos de baixo custo, ou experimentos com materiais de baixo custo, ou ainda, experimentos com materiais acessíveis se referem a atividades realizadas a partir de materiais de fácil acesso, que normalmente podem ser encontrados em nosso cotidiano de forma rápida, barata e segura, como tampas de garrafa, garrafas, álcool, bicarbonato, vinagre, blocos de madeira, etc. Ao contrário das ferramentas anteriores, que dependem de tecnologias digitais, esse recurso permite que os estudantes realizem investigações presenciais, utilizando não apenas a visão, mas também outros sentidos para explorar os fenômenos científicos. O grande diferencial dos experimentos de baixo custo é que eles podem ser conduzidos com materiais simples e acessíveis, frequentemente encontrados no dia a dia dos estudantes, o que os torna uma opção viável para escolas com infraestrutura limitada. A literatura é bastante ampla no que se refere aos benefícios dessa abordagem, destacando sua capacidade de tornar

a aprendizagem mais contextualizada e envolvente, ao mesmo tempo em que proporciona uma maior liberdade ao professor para realizar atividades experimentais sem a dependência de laboratórios tradicionais ou equipamentos caros (Duarte, 2012; Silva; Leal, 2017; França; Lopez; 2022).

Conforme evidenciado no estudo de Nogueira e Hernandes (2021), os experimentos de baixo custo assumem um papel relevante, sobretudo em contextos nos quais a utilização de laboratórios se mostra inviável, a exemplo do período de ensino remoto desencadeado pela pandemia de Covid-19. Entre as possibilidades apontadas pelos autores, está o incentivo à aprendizagem tendo o aluno como sujeito principal do processo, sendo estimulado a projetar e realizar experimentos em casa utilizando materiais mais acessíveis. Esses experimentos também conferem maior flexibilidade ao planejamento didático, permitindo que o fenômeno seja investigado sem depender exclusivamente da disponibilidade de um laboratório. Além disso, ao realizarem experimentos com materiais de baixo custo, os estudantes adquirem autonomia, sendo responsáveis pela construção de seus próprios experimentos e pela coleta e análise de dados. Para os cursos de licenciatura, nos quais o foco está na formação de futuros professores, essa experiência é bastante proveitosa, pois prepara esses estudantes para utilizarem experimentos semelhantes em suas próprias aulas. Dessa forma, a utilização de experimentos de baixo custo no ensino superior, especialmente em cenários de ensino remoto, contribui significativamente para o aprimoramento das suas práticas pedagógicas e para familiarizá-los com os métodos e os procedimentos da ciência.

Apesar de seus claros benefícios, os experimentos de baixo custo apresentam limitações. Quando comparados aos equipamentos de laboratório, esses experimentos apresentam, em média, um desempenho consideravelmente inferior e fornecem resultados menos precisos, o que dificulta o estudo dos fenômenos naturais. Assim, é fundamental que esse recurso seja visto como uma alternativa ao laboratório tradicional, utilizado principalmente em contextos em que o acesso a tais experimentos é inviável. Além disso, para que esses experimentos cumpram efetivamente seu papel pedagógico, é imprescindível um planejamento adequado às características e necessidades de cada turma, uma vez que os resultados obtidos com materiais mais simples podem não ser tão precisos quanto os alcançados com equipamentos mais avançados.

Outra alternativa particularmente interessante no que se refere à superação dos desafios à utilização de atividades experimentais no ensino consiste em experimentos controlados remotamente (Alves *et al.*, 2018; Caetano *et al.*, 2022). Em suma, esses objetos correspondem a experimentos reais, com uma montagem próxima à dos experimentos de

bancada dos laboratórios, que podem ser controlados e monitorados em tempo real e à distância através da internet. O acesso ao experimento é realizado por meio de uma interface web na qual os utilizadores podem enviar comandos e receber as respostas dos experimentos.

Uma das principais vantagens de um experimento controlado remotamente reside no fato de que os utilizadores lidam com um sistema real, que está sujeito aos mesmos fatores que estão presentes nos experimentos tradicionais/presenciais. Isso fica evidente pois é necessário que o utilizador realize a leitura de instrumentos de medição, planeje os procedimentos de sua investigação, faça inferências a partir daquilo que ele observa, entre outras coisas que permitem o desenvolvimento de habilidades que estão normalmente associadas à utilização de um experimento clássico de bancada.

Além disso, a forma de mediação presente na utilização desses experimentos, como a internet e a interface web, pode contribuir para que outras habilidades sejam melhor desenvolvidas, conforme apontam Caetano *et al.* (2022):

[a pessoa que] realiza experimentos remotamente deve possuir uma compreensão avançada das informações que recebe – como essas informações são obtidas, as características dos instrumentos utilizados e suas limitações, a forma como esses instrumentos podem ser afetados por fatores ambientais, etc. Deve ser capaz de reconhecer padrões de comportamento nos dados e relacioná-los com modelos teóricos, bem como identificar anomalias nesses padrões e explicá-las (p. 2).

Embora algumas pesquisas tenham apresentado certas potencialidades relacionadas à utilização desses objetos (Caetano, 2019; Caetano, 2021; Caetano; Moreira; Rezende Júnior, 2024, Tulha; Carvalho; Coluci, 2019), o recurso é ainda relativamente recente no âmbito do ensino de ciências e existem diversos aspectos a seu respeito que ainda não foram satisfatoriamente explorados nesse contexto. Nesse sentido, podemos dizer que as perguntas em aberto distribuem-se principalmente em dois grandes agrupamentos: o primeiro relacionado aos aspectos didáticos da construção do objeto como, por exemplo, a investigação de quais são os elementos pedagógicos que devem ser observados na construção do objeto e o segundo, referente aos aspectos pedagógicos de sua utilização como, por exemplo, a investigação das formas de avaliar um estudante que realiza um experimento em um ambiente sem a presença do professor.

Em particular, nosso grupo tem se dedicado à construção de experimentos didáticos controlados remotamente há aproximadamente dez anos, quando teve início o projeto que se intitula “Laboratório Remoto de Física”, no Instituto de Física e Química da Universidade Federal de Itajubá. Esse laboratório foi utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa por

dois fatores: 1) trata-se de um projeto no qual a autora está envolvida há cerca de quatro anos, possuindo um conhecimento específico relativamente à construção e implementação desses experimentos; e 2) por se tratar de um laboratório com uma característica particular - os experimentos pertencentes ao seu acervo oferecem a possibilidade de realizar atividades seguindo uma abordagem investigativa, considerada a modalidade que permite um maior envolvimento dos estudantes e proporciona um maior grau de liberdade para discussões e trabalhos em equipe (Arruda; Laburú, 1998).

## **2.7 Breve Histórico dos Laboratórios Remotos**

A utilização de experimentos controlados remotamente como uma alternativa no contexto da educação está inserida em um contexto que vem se desenvolvendo há tempos. Embora a inserção desses recursos no ensino de ciências seja relativamente recente, propostas de experimentação remota vêm sendo desenvolvidas há várias décadas, especialmente em áreas nas quais o acesso físico aos equipamentos é limitado. Nesse contexto, apresentamos a seguir um panorama histórico da experimentação remota, discutindo seu surgimento, o desenvolvimento dos primeiros laboratórios remotos, sua disseminação ao redor do mundo e o estado atual das pesquisas sobre sua inserção no ensino.

As primeiras iniciativas relacionadas ao uso da experimentação remota antecedem sua aplicação no contexto educacional e estão associadas, principalmente, a áreas nas quais o acesso físico aos equipamentos experimentais é restrito ou envolve custos elevados para sua realização. Entre essas áreas, destacam-se a Astronomia e a Engenharia, nas quais a operação de sistemas complexos e a necessidade de compartilhamento de recursos impulsionaram o desenvolvimento de soluções que permitissem o controle desses equipamentos a distância (Edner *et al.*, 1987, Menzies; Chahine, 1974).

Na Astronomia, o desenvolvimento de telescópios controlados remotamente teve destaque na década de 1970, período em que sistemas que permitiam a operação de telescópios de forma remota a partir de diferentes localidades passaram a ser desenvolvidos. Esses sistemas ampliaram o acesso a telescópios de grande porte e permitiram a realização de observações por pesquisadores e estudantes sem a necessidade de presença física nos observatórios, que normalmente estão localizados em outros países e demandam elevados custos de deslocamento (Degennaro; Wilkinson, 2000; Penston, 1982).

Paralelamente, o envio de sondas espaciais, como a Cassini-Huygens, para a exploração de planetas e outros objetos astronômicos, impulsionou práticas de coleta e

transmissão de dados baseadas em técnicas de sensoriamento remoto, as quais passaram a desempenhar um importante papel nas pesquisas científicas de áreas relacionadas à Astronomia (Jaffe; Herrell, 1997). Essas experiências, que inicialmente estavam voltadas para fins de pesquisa, contribuíram para o desenvolvimento de novas tecnologias de acesso remoto, comunicação e coleta de dados, que, posteriormente, passaram a ser exploradas e utilizadas também na área da educação.

No contexto educacional, as primeiras iniciativas de desenvolvimento de laboratórios remotos passaram a surgir a partir da década de 1990, impulsionadas pelo avanço das redes de comunicação e pelo aumento de sua utilização para fins acadêmicos. Em 1995, foi desenvolvido pela Universidade de Oregon o laboratório *Second Best To Being There* (SBBT) com o primeiro experimento controlado remotamente voltado para a educação, que consistia em uma aplicação em rede que integrava softwares e equipamentos experimentais, possibilitando o acesso remoto a um braço robótico. Conforme apontam Shor, Bohus e Atkan (2011), o SBBT foi desenvolvido apenas para esse experimento, que seria utilizado em uma disciplina de Engenharia de Controle, visto que a Universidade de Oregon não pretendia expandir sua utilização em outros cursos e disciplinas de engenharia.

Apesar de ser o primeiro registro do desenvolvimento de um experimento remoto associado a um contexto educacional, o SBBT não foi inicialmente concebido a partir de uma preocupação com a inserção da experimentação remota no ensino. Seu desenvolvimento esteve voltado para as demandas das engenharias, nas quais o acesso remoto a equipamentos já era visto como uma solução para a realização de atividades experimentais, especialmente devido às limitações logísticas, ao elevado custo de implementação e da baixa utilização de equipamentos de laboratório pela universidade ao longo do ano. Conforme apontam Bohus *et al.* (1995):

Experimentos de controle inovadores exigem tempo, dinheiro e energia para serem projetados e construídos, e muitas vezes não são totalmente utilizados ao longo do ano letivo. Compartilhar experimentos remotamente permite um maior uso de equipamentos de laboratório exclusivos, reduz o custo do experimento por aluno e disponibiliza mais experimentos. O objetivo do paradigma de laboratório remoto é fornecer acesso remoto tão eficaz quanto o acesso local (p. 2919, tradução nossa).

Após a década de 1990, com o avanço das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), os laboratórios remotos passaram a ser progressivamente adotados em diferentes instituições ao redor do mundo e em outras áreas do conhecimento (Matarrita; Concari, 2015; Ribeiro, 2018; Silva Neto, 2016). Em 1997, na Universidade de Illinois, nos

Estados Unidos, pesquisadores desenvolveram um laboratório completo de instrumentação eletrônica controlado remotamente.

A partir dessa iniciativa, outros laboratórios remotos começaram a ser implementados em universidades e centros de pesquisa, como na Europa, nos Estados Unidos e na Austrália. Com o avanço das tecnologias, o aumento do acesso à internet e o aprimoramento das interfaces de acesso remoto, essas iniciativas passaram a contemplar não apenas experimentos voltados a áreas técnicas, mas também a aplicações em contextos educacionais e, posteriormente, a propostas voltadas ao ensino de ciências.

Nesse sentido, destacam-se alguns projetos internacionais que buscaram articular a utilização de laboratórios remotos a propostas educacionais de forma mais estruturada. Entre essas iniciativas, podemos citar o LabShare, na Austrália, mantido pelo grupo *UTS Remotelab*, que tem como objetivo a criação de uma rede australiana de laboratórios remotos que resulte em um laboratório de maior qualidade. Além disso, destacamos ainda o Weblab Deusto, desenvolvido na Universidade de Deusto, na Espanha, com o objetivo de aumentar a aprendizagem experimental através da utilização e desenvolvimento de laboratórios remotos (WebLab-Deusto, s.d.).

Já nos Estados Unidos, o ILabs, desenvolvido e mantido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) de junho de 2000 a dezembro de 2019, foi um dos maiores laboratórios remotos do mundo, operando também como uma infraestrutura de *softwares* que possibilita o desenvolvimento e a integração de outros laboratórios remotos (ILabs, s.d.). De acordo com as informações disponibilizadas em seu site oficial, o iLabs reúne experimentos em áreas como microeletrônica, engenharia química, processamento de sinais, entre outras. Outra iniciativa que merece destaque é o projeto VISIR+ (*Virtual Instrument Systems In Reality*), que corresponde a um consórcio internacional envolvendo instituições da Argentina, Brasil, Áustria, Portugal, Espanha e Suécia. O projeto contempla tanto experimentos presenciais quanto remotos e tem como foco a grande área da Engenharia Elétrica e Eletrônica, disponibilizando experimentos remotos voltados ao ensino teórico e prático de circuitos elétricos.

No Brasil, iniciativas voltadas ao desenvolvimento e à utilização de laboratórios remotos passaram a ser implementadas, a partir dos anos 2000. Entre essas iniciativas, destaca-se o *Remote Experimentation Laboratory* (RExLab), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que se caracteriza como um dos projetos mais antigos do país, tendo sido fundado em 1997. O RExLab integra uma rede composta por 12 universidades distribuídas em cinco países, que colaboram no desenvolvimento e na disponibilização de

experimentos remotos (RExLab, s.d.). Atualmente, o projeto disponibiliza 23 experimentos nas áreas de Física, Biologia e Robótica, dos quais nove encontravam-se indisponíveis no site no momento desta consulta.

Recentemente, uma iniciativa brasileira foi desenvolvida com o objetivo de democratizar e integrar o acesso a experimentos remotos em uma única plataforma. Através de uma parceria entre o RExLab (UFSC), PiLab (UnB), CDC (UESC), LTE (Unicamp) e IFCE foi criado o Portal de Experimentos Remotamente Controlados para a Educação do Brasil (PERCEB). De acordo com o site oficial, este portal “[...] reúne laboratórios de referência em inovação educacional e tecnológica, unindo esforços em prol da popularização da ciência e do fortalecimento do ensino experimental nas escolas e universidades” (PERCEB, s.d.). Dessa maneira, é possível que o uso da infraestrutura e dos experimentos desses laboratórios sejam otimizados, permitindo um maior acesso a esses recursos por estudantes de todo o país.

Outra iniciativa no cenário nacional, trata-se do Laboratório Remoto de Ciências (Labremoto), vinculado à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), em Minas Gerais. O Labremoto disponibiliza através da internet, de forma gratuita, doze experimentos reais nas áreas de Física, Química, Matemática e Astronomia. Recentemente, diferentes pesquisas vêm sendo desenvolvidas pelo grupo de pesquisadores do Labremoto, com foco nos aspectos didático-pedagógicos relacionados à inserção e à utilização de experimentos remotos no ensino de Ciências (Caetano, 2019; Caetano *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2024). Em função de sua importância para esta pesquisa, o Laboratório Remoto de Ciências será abordado de forma mais detalhada em uma seção específica deste trabalho.

A expansão de iniciativas de desenvolvimento de laboratórios remotos no Brasil permitiram o crescimento de pesquisas científicas dedicadas à análise de suas potencialidades, limitações e possibilidades no ensino. Nesse sentido, alguns estudos de revisão da literatura têm buscado analisar e sistematizar o estado atual das pesquisas sobre laboratórios remotos no país, em especial no ensino de Ciências, contribuindo para a compreensão das tendências, abordagens predominantes e das lacunas presentes nesse tema.

Tulha, Carvalho e Coluci (2019), por meio de uma revisão sistemática sobre o uso de laboratórios remotos no Brasil, identificaram que a maior parte das pesquisas está voltada para disciplinas de *STEM* (Ciência, Tecnologia e Engenharia) do ensino superior. Os autores apontam que, embora haja um interesse crescente na utilização desses recursos no ensino, muitos trabalhos estão voltados para aspectos técnicos do desenvolvimento dos experimentos e para a implementação de plataformas de laboratórios remotos, enquanto as investigações

voltadas para as potencialidades e limitações desse recurso no processo de ensino e aprendizagem, possibilidades para as práticas docentes, entre outros temas de pesquisa ainda são pouco explorados. De acordo com os autores:

[...] também é possível notar a ausência de avaliações da efetividade do uso de laboratórios remotos no aprendizado dos estudantes como, por exemplo, por meio de uma análise quantitativa. A falta de métricas de avaliação dificulta a compreensão do impacto da apropriação desta ferramenta no processo de ensino e aprendizagem (Tulha; Carvalho; Coluci, 2019, p. 207).

Resultados semelhantes são apresentados por Beraldo, Oliveira e Stringhini (2021), que analisaram pesquisas sobre laboratórios remotos e virtuais voltadas para o ensino no Brasil. Os autores destacam que, apesar do aumento no número de publicações ao longo dos últimos anos, é possível observar que a maior parte das pesquisas desenvolvidas estão voltadas à avaliação da aceitação e da usabilidade desses sistemas pelos estudantes, em detrimento de investigações sobre os processos de ensino e aprendizagem em ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). Conforme apontam os autores, “[...] muitos estudos estão focados apenas no desenvolvimento e na apresentação técnica do projeto, e menos em questões pedagógicas decorrentes do uso dos laboratórios virtuais ou remotos” (Beraldo; Oliveira; Stringhini, 2021, p. 339), o que evidencia uma lacuna nas pesquisas relacionadas à utilização desses recursos e à compreensão de seu papel nos processos de ensino e aprendizagem.

Ao analisar teses e dissertações brasileiras, Campos *et al.* (2022) apresentam que as pesquisas sobre laboratórios remotos concentram-se majoritariamente no ensino superior, havendo uma ausência de estudos voltados para a educação básica e para a formação de professores. Os autores apontam ainda, que, embora essas pesquisas defendam o uso dos laboratórios remotos nos processos de ensino e aprendizagem, grande parte das produções são voltadas para a construção e a implementação de experimentos ou até mesmo dos laboratórios remotos, enquanto as investigações que analisam suas contribuições didáticas e pedagógicas e que buscam fornecer direcionamentos de sua utilização para os professores são ainda pouco desenvolvidas.

Diante desse panorama, é possível observar que, embora os laboratórios remotos sejam considerados um recurso tecnológico importante para o ensino, as pesquisas que investigam suas potencialidades a partir de uma perspectiva didático-pedagógica são ainda incipientes. Nesse sentido, a presente pesquisa busca contribuir para esse campo de investigação, direcionando-se para as contribuições que os experimentos didáticos

controlados remotamente (EDCR) podem oferecer ao planejamento de atividades práticas no ensino de Ciências. Na próxima seção, apresentaremos o Laboratório Remoto de Ciências da Universidade Federal de Itajubá, ambiente no qual a investigação proposta nesta pesquisa foi desenvolvida.

## **2.8 Laboratório Remoto de Ciências da Unifei**

O projeto intitulado Laboratório Remoto de Ciências, ou Labremoto, teve início há cerca de 12 anos nas dependências do Instituto de Física e Química da Unifei. Esse projeto tem como objetivo a construção de experimentos didáticos controlados remotamente para a aplicação no ensino de ciências. Inicialmente, o acervo contava apenas com experimentos de Física que, no decorrer dos anos, com a participação de alunos de Iniciação Científica e de mestrado, foi se expandindo para outras áreas da ciência como, Química, Astronomia e Matemática.

O desenvolvimento desses EDCR, desde sua concepção até sua finalização, é realizado integralmente no Labremoto. Para isso, o laboratório conta com uma equipe de professores da universidade e estudantes que colaboram para cada uma das etapas, incluindo a aplicação desse recurso em sala de aula. Os experimentos encontram-se disponíveis gratuitamente no site do Labremoto<sup>2</sup>, podendo ser acessados através de dispositivos com acesso à internet, em tempo integral (24 horas por dia, sete dias por semana), de qualquer lugar do mundo.

As sessões de acesso ao experimento estão limitadas a 10 minutos, dessa forma, ao término dessa seção, o usuário poderá acessar o experimento novamente, quantas vezes desejar. Entretanto, não é possível que dois usuários acessem o mesmo experimento simultaneamente e por isso o website realiza a gestão dos acessos. Ao tentar acessar um experimento que já está sendo utilizado por outra pessoa, o usuário recebe uma mensagem informando-o que o experimento se encontra ocupado e quanto tempo resta para o término da sessão atual.

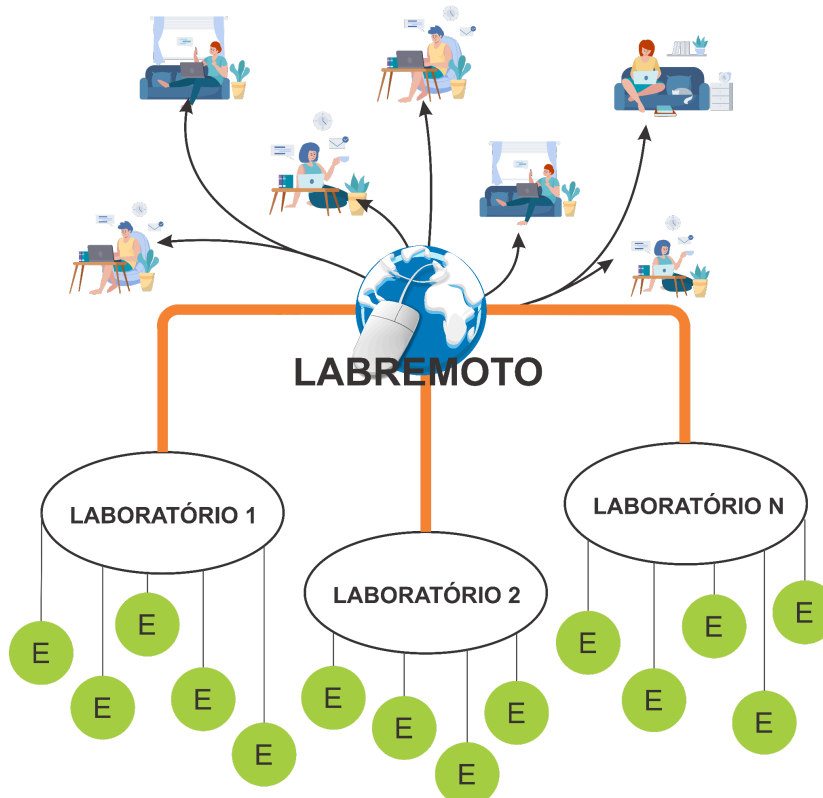
Conforme os aspectos do funcionamento do laboratório que foram apresentados, é possível perceber que algumas das vantagens deste recurso estão associadas à otimização dos equipamentos e recursos que o constituem. A ampliação do acesso ao laboratório, via internet, contribui para que o tempo em que os equipamentos permanecem inativos seja reduzido e para que mais usuários tenham acesso ao site. Isto deve-se ao fato de que o Labremoto não

---

<sup>2</sup> Acesso em: <https://labremoto.unifei.edu.br>

possui certas limitações como, por exemplo, a distância entre o usuário e o laboratório, uma vez que este pode acessá-lo de qualquer lugar do mundo e também as restrições de acesso que muitas vezes são empregadas por outras instituições em que apenas os alunos matriculados podem ter acesso ao recurso (Caetano, 2019). Além disso, o Labremoto pode permitir o uso compartilhado de equipamentos em diversos laboratórios em qualquer parte do mundo, conforme a Figura 1:

**Figura 1:** rede de laboratórios integrantes de um único grande laboratório remoto



Fonte: a autora

Conforme mostra a figura 1, os demais laboratórios (laboratório 1, 2 e n) não possuem tantos experimentos quanto o próprio Labremoto. Esses demais laboratórios podem possuir experimentos diferentes para a composição do acervo ou até mesmo uma unidade repetida de um já existente no Labremoto. Essa repetição pode ser considerada vantajosa, visto que quando um desses experimentos já estiver sendo utilizado, haveria um segundo disponível que poderia ser utilizado sem que fosse necessário aguardar o término da sessão do primeiro.

Outro aspecto que vale ser destacado está relacionado ao fato de que alguns experimentos podem ser caros ou perigosos, podendo assim serem equipamentos de difícil acesso para as escolas. Assim, ao serem automatizados e fazerem parte do acervo do

Labremoto, poderiam se tornar acessíveis ao público sem que houvesse comprometimento de sua segurança e sem impacto financeiro para os mesmos. Um exemplo disso é o caso da Física Moderna e Contemporânea, que possui experimentos caros, perigosos e de difícil acesso, o que dificulta ainda mais a inserção desses conceitos e de aulas práticas no ensino médio.

No que diz respeito aos pressupostos educacionais por trás desse projeto, Caetano (2019) aponta que o desenvolvimento dos experimentos didáticos controlados remotamente tem como principal pressuposto a importância atribuída às atividades experimentais no ensino e aprendizagem de ciências, que devem ser utilizadas mediante um planejamento adequado, de acordo com as características de cada abordagem e das particularidades de cada grupo de estudantes para o qual essa se destina. O segundo pressuposto consiste no fato de que os experimentos desenvolvidos, bem como sua interface, não devem apresentar restrições a nenhum tipo de metodologia que venha a ser utilizada. Nesse contexto, os experimentos do acervo do Labremoto são, no geral, mais elaborados e permitem ao usuário a realização de processos investigativos nos quais possam trabalhar com dados reais e situações problematizadoras.

Por fim, o último pressuposto educacional baseia-se nos seguintes pontos: 1) a experimentação remota como uma alternativa às dificuldades que os docentes enfrentam na implementação de atividades experimentais no ensino de ciências, e 2) a experimentação remota como uma forma de realizar experimentos reais. Dessa maneira, com relação ao primeiro ponto é necessário um esclarecimento adicional que consiste no fato de que para que a experimentação remota seja verdadeiramente uma alternativa eficiente para as dificuldades encontradas é necessário que haja algum tipo de formação ou preparação em seu uso. É por isso que um dos planos iniciais do projeto refere-se à formação continuada de professores para a utilização desse recurso. Já o segundo, destaca-se como uma alternativa ao problema apresentado no primeiro ponto, a realização de atividades experimentais com experimentos reais e não qualquer outra alternativa.

### **3. PROCEDIMENTOS DE PESQUISA**

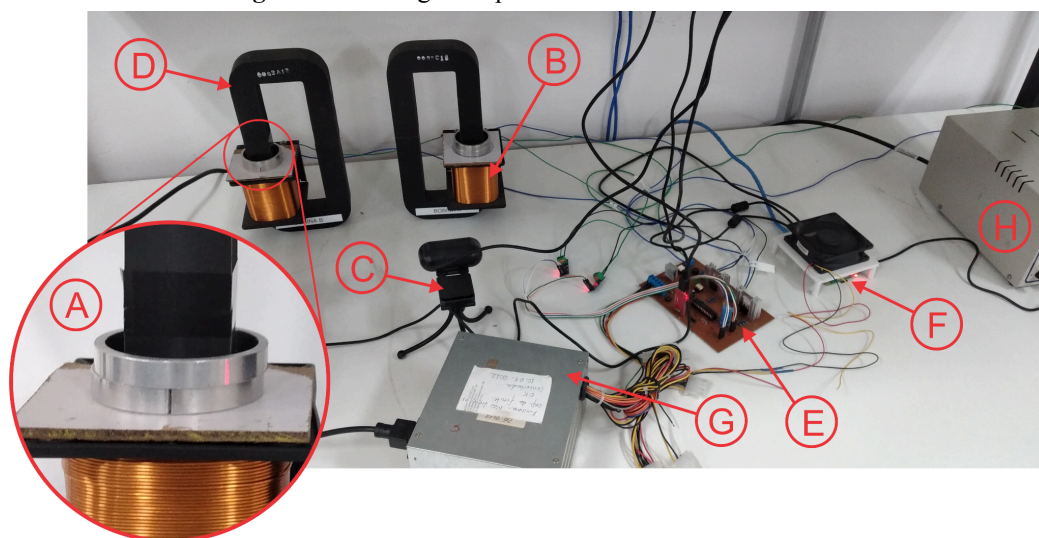
Grosso modo, podemos descrever o percurso metodológico deste trabalho em três etapas, a saber, entrevista com docentes com o propósito de obter direcionamentos para a construção de uma atividade prática baseada em um EDCR; estudo quase-experimental com base nessa atividade e envolvendo discentes de cursos de engenharia de uma universidade pública e, por fim, aplicação de questionário a esses discentes como forma de avaliar a atividade que foi proposta em suas diversas dimensões. Dessa forma, é natural que este trabalho requeira que investiguemos múltiplos aspectos relacionados à utilização dos EDCR, de forma que a coleta de dados ocorreu em momentos diversos e envolvendo diferentes sujeitos de pesquisa.

Neste capítulo, apresentamos inicialmente uma breve descrição do EDCR utilizado nesta pesquisa, destacando aspectos relevantes de sua montagem e a justificativa por trás da escolha do mesmo. Em seguida, são apresentados os sujeitos de pesquisa, caracterizando-os e explicando os critérios de seleção. A metodologia de coleta de dados é apresentada em três etapas distintas: 1) entrevista semiestruturada com os docentes; 2) estudo quase-experimental; e 3) questionário com os estudantes. Por fim, apresentamos a metodologia de análise de dados, que também se encontra dividida conforme as etapas de coleta de dados.

#### **3.1 O experimento remoto “Anel de Thomson”**

O experimento didático controlado remotamente selecionado para a realização da atividade prática corresponde ao experimento denominado “Anel de Thomson”, pertencente ao acervo do Labremoto. Esse experimento foi desenvolvido integralmente pela autora deste trabalho, no âmbito de um projeto de Iniciação Científica realizado entre os anos de 2021 e 2023, sendo a autora responsável por todas as etapas de sua construção, desde a concepção, o desenvolvimento do circuito eletrônico, até os testes e a montagem (Oliveira; Caetano; Silva, 2023). Trata-se de um experimento destinado ao estudo do conceito de indução eletromagnética, cuja montagem consiste, de forma geral, em duas bobinas de 900 espiras (item B da Figura 2), atravessadas por núcleos de ferro laminados fechados, conforme ilustrado na Figura 2.

**Figura 2** - Montagem experimental “Anel de Thomson”



Fonte: a autora

Em cada um dos núcleos de ferro (item D) existe um par de anéis de alumínio apoiados sobre a bobina, como pode ser observado no item A da figura. No caso da bobina da esquerda, são empregados dois anéis diferentes: o anel inferior possui um corte transversal enquanto que o anel superior é contínuo. Já na bobina da direita, ambos os anéis são idênticos e contínuos. Uma fonte de corrente alternada (H) está conectada às bobinas, aplicando sobre elas uma corrente elétrica.

Ao circular pela bobina, a corrente alternada produz um campo magnético cujo sentido se alterna com a mesma frequência da corrente, provocando o surgimento de uma corrente induzida no anel de alumínio - essas correntes são comumente denominadas correntes parasitas ou correntes de Foucault. O sentido da corrente induzida obedece à Lei de Faraday-Lenz e se opõe à variação do fluxo magnético que a originou. Como consequência, ao longo de um ciclo completo da corrente alternada, a interação entre a corrente induzida no anel e a corrente que percorre a bobina resulta, em média, em uma força magnética de repulsão entre a bobina e o anel. Todas essas ações podem ser executadas e monitoradas em tempo real por meio da interface web, uma vez que, ao acessar o experimento, o usuário conecta-se ao servidor do experimento (F), que executa a função de streaming de vídeo, ou seja, obtêm as imagens da câmera (C) conectada, as codifica e as envia novamente para o usuário.

A interface do experimento é mostrada na Figura 3. No quadro à direita podemos observar a imagem de uma das câmeras disponíveis no experimento, a qual mostra em tempo real a bobina (item B da Figura 2), atravessada por um dos núcleos de ferro laminado. É possível observar dois anéis contínuos apoiados sobre ela. Ao alterar a câmera pelo ícone

suspensão identificado na figura como “Câmera 1”, observa-se a bobina B (item D da Figura 2). Através da imagem transmitida pelas câmeras, é possível acompanhar o que acontece com os anéis de alumínio quando a corrente é ativada em cada uma das duas bobinas. Os quadros mais à direita da figura 3 correspondem ao painel de controle, na parte superior, e o log do experimento na parte inferior, através do qual pode-se acompanhar o envio dos comandos e a resposta da interface do experimento. Esses elementos de controle estão presentes em todas as interfaces dos experimentos no Labremoto, podendo variar de um para o outro e, neste caso, apresentam as seguintes características:

- botões: são utilizados para enviar uma instrução imediata e podem disparar o envio quando são pressionados ou liberados;
- botões de alternar: usados para enviar instruções binárias, como interruptores liga/desliga, para cima ou para baixo;
- display: utilizado como saída

**Figura 3 - Interface do Experimento**  
**Anel de Thomson**



Fonte: a autora

Na Tabela 1, é possível observar uma descrição detalhada de cada uma das opções de controle disponíveis para o experimento “Anel de Thomson”, destacando o tipo de controle, o título mostrado na interface do experimento e uma descrição da ação desempenhada por ele.

**Tabela 1** - Funções disponíveis no experimento “Anel de Thomson”

<b>Título</b>	<b>Tipo</b>	<b>Função</b>
Bobina A	Botão de alternar	Ativa ou desativa a corrente alternada (AC) na bobina A
Bobina B	Botão de alternar	Ativa ou desativa a corrente alternada (AC) na bobina B
Ler corrente em A	Botão	Realiza a leitura dos valores de corrente na bobina A no instante em que é selecionado
Ler corrente em B	Botão	Realiza a leitura dos valores de corrente na bobina B no instante em que é selecionado
Corrente (A)	Display	Exibe o valor de leitura da corrente na bobina selecionada

Fonte: a autora

Em particular, a experiência “Anel de Thomson” integra a ementa de experimentos da disciplina de Física Experimental III, na qual parte desta investigação foi conduzida. Essa experiência é realizada com um experimento tradicional de bancada que possui uma montagem bastante semelhante à disponível no Labremoto, fato que justifica a escolha por esse experimento. O experimento aqui descrito foi utilizado pelos estudantes do grupo experimental durante a atividade prática conduzida.

### 3.2 Seleção dos sujeitos da pesquisa

Os sujeitos desta pesquisa estão divididos em dois grupos segundo a etapa da investigação, conforme mencionado no início do capítulo:

- **Grupo 1:** docentes de uma universidade pública que lecionam ou já lecionaram disciplinas de laboratórios de física nos últimos dois anos, a fim de levantar direcionamentos para a elaboração e aplicação de uma atividade utilizando um EDCR.
- **Grupo 2:** cerca de 100 discentes matriculados em diferentes turmas da disciplina Física Experimental III da mesma universidade, os quais foram submetidos à atividade experimental mencionada na descrição do grupo anterior.

Como critérios de inclusão dos sujeitos levou-se em consideração a experiência como docente no Ensino Superior e com aulas de laboratório de física. Foram selecionados docentes que possuem um tempo mínimo de 10 anos de experiência como professor no Ensino Superior, que ministram aulas de laboratório ou que as tenham ministrado no interstício dos

últimos dois anos, tendo em vista que os processos de ensino e aprendizagem são dinâmicos e o perfil dos discentes tem se modificado consideravelmente e de forma acelerada com o tempo, uma consequência direta do dinamismo observado na área tecnológica e científica, o qual tem impacto direto nas relações interpessoais. Esses parâmetros foram escolhidos para certificarmos-nos de que os docentes apresentassem um perfil mais atualizado, estando familiarizados com procedimentos didáticos e fundamentos pedagógicos atuais.

Convém destacar também que esses docentes passaram pelo Regime de Tratamento Excepcional (RTE), uma forma de trabalho remoto que foi adotada pela universidade em questão durante o período da pandemia da Covid-19. Naquele momento, foi necessário buscar alternativas para que as aulas de laboratório pudessem ser realizadas respeitando o isolamento social imposto pelas medidas adotadas no combate à proliferação do vírus da Covid-19. Assim, muitos docentes recorreram a recursos como, por exemplo, vídeo-análises, simulações, dados coletados remotamente, experiências filmadas, experimentos controlados remotamente. Essa experiência permite inferir que os mesmos já possuíam certo grau de familiaridade com ferramentas digitais e com práticas de ensino remoto.

A escolha pelas turmas de Física Experimental III para a aplicação da atividade experimental como parte da coleta de dados fundamenta-se em diversos fatores que visam garantir a validade e a representatividade dos dados obtidos. Primeiramente, cabe ressaltar que essa disciplina é comumente cursada por todos os alunos dos cursos de engenharia da instituição na qual esta pesquisa está sendo conduzida durante o ciclo básico de sua formação. Dessa forma, a cada semestre letivo são ofertadas diversas turmas da mesma disciplina o que, conseqüentemente, gera um número representativo de estudantes matriculados. É importante destacar que a pesquisadora e autora deste trabalho realizou estágio de docência nessas turmas ao longo de todo o semestre letivo, o que possibilitou maior familiaridade com o perfil dos estudantes, bem como o acompanhamento da dinâmica das aulas e o conhecimento do contexto da disciplina, contribuindo para a condução desta pesquisa.

Além disso, essa disciplina possui uma ementa que inclui o estudo das leis e princípios fundamentais do eletromagnetismo, com experimentos sobre campo e potencial eletrostáticos, capacitores e capacitância, campo magnético, indução eletromagnética, entre outros. Em particular, o experimento sobre indução eletromagnética, que consiste no anel de Thomson, também pode ser encontrado, com a mesma montagem experimental, em formato remoto no acervo do Labremoto, o que para o contexto dessa pesquisa é relevante e justifica a escolha por essa disciplina.

Por fim, destacamos que todos os participantes da pesquisa foram devidamente esclarecidos acerca dos objetivos, procedimentos e natureza do estudo, bem como sobre a voluntariedade de sua participação e a garantia de anonimato e confidencialidade das informações fornecidas. A participação ocorreu mediante a assinatura dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponíveis nos Apêndices A e B. O projeto de pesquisa foi submetido à apreciação e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição, sob o parecer nº 7.397.036, em conformidade com as diretrizes e normas vigentes para pesquisas envolvendo seres humanos.

### **3.3 Procedimentos de coleta de dados**

O procedimento de coleta de dados se divide em três fases: 1) a realização de uma entrevista semiestruturada com docentes; 2) prática experimental com discentes e 3) questionário, também com os discentes.

#### **3.3.1 Entrevistas semiestruturadas**

Nesta fase, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com oito docentes de uma universidade pública de Minas Gerais que lecionam ou já lecionaram disciplinas de laboratórios. De acordo com Ludke e André (1986, p.16), “a vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela nos permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer informante e sobre os mais variados tópicos”. Além disso, o uso de entrevistas semiestruturadas permite certa flexibilidade para explorar o mundo do entrevistado sem a necessidade de uma ordem de formulação de perguntas, deixando que as mesmas, conforme as respostas dos entrevistados, sejam colocadas no momento mais adequado (Flick, 2009). Estudos apontam ainda o uso frequente dessa ferramenta para o entendimento de questões de caráter educacional, visto que possui uma estrutura flexível e interativa, caracterizando-se como uma ferramenta adequada para investigar os diversos atores presentes no contexto educacional e levantar dados relevantes para a compreensão dos processos educativos (Manzini, 2012).

A fim de validar o instrumento de coleta de dados, foi realizada uma entrevista piloto com um docente que também se enquadra nos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Segundo Lakatos e Marconi (2003), a validação tem como objetivo verificar até que ponto o instrumento é capaz de garantir resultados fidedignos e isentos de erros. Além disso, permite

identificar questões subjetivas, mal formuladas ou ambíguas, avaliar a acessibilidade da linguagem utilizada, bem como adequar a ordem ou realizar ajustes nas perguntas para assegurar a fluidez da entrevista. Nesse sentido, a validação conduzida permitiu identificar a necessidade de um pequeno ajuste na estrutura do roteiro, especificamente no bloco de perguntas relacionadas às atividades práticas conduzidas pelos docentes. Como resultado, foi acrescentado um “por quê?” ao final da segunda pergunta, com o objetivo de aprofundar a compreensão das razões que orientam as escolhas metodológicas dos docentes.

O roteiro da entrevista foi construído em quatro blocos de perguntas e pode ser consultado pelo leitor no Apêndice C. No primeiro bloco, buscamos levantar as concepções dos docentes relativamente às modalidades de atividades práticas existentes, suas características, limitações e potencialidades, além de compreender como as suas aulas práticas são realizadas. No segundo, foram exploradas as concepções dos entrevistados no que concerne aos problemas presentes na maneira como as atividades experimentais são realizadas nos laboratórios tradicionais e as soluções propostas por esses docentes. O terceiro bloco de perguntas tem o objetivo de identificar e explorar os conhecimentos e as experiências dos docentes no que se refere à utilização de experimentos remotos, mais especificamente aqueles pertencentes ao acervo do Labremoto. Por fim, o último bloco se dedica aos direcionamentos e aspectos relevantes do planejamento de aulas práticas utilizando um experimento remoto, bem como suas potencialidades e limitações.

### 3.3.2 Estudo quase-experimental

Na segunda etapa desta investigação, foi realizado um estudo quase-experimental com pré-teste e pós-teste para identificar as possíveis contribuições da atividade experimental mencionada anteriormente. Conforme Hochman *et al.* (2005), um estudo experimental (ou quase-experimental) corresponde àquele em que o pesquisador realiza uma manipulação/intervenção, de forma intencional e controlada, em uma ou mais variáveis dependentes a fim de identificar se estas são influenciadas pela intervenção realizada.

Como apontam Campbell e Stanley (1959), esse tipo de estudo pode ser planejado seguindo dois designs diferentes: o design experimental e o design quase-experimental. Em linhas gerais, o primeiro utiliza uma randomização dos sujeitos na distribuição entre o grupo experimental (que recebe uma intervenção) e o grupo de controle (que não recebe intervenção), enquanto no segundo essa randomização não é empregada, visto que o

pesquisador opta por utilizar grupos preexistentes, que não se agruparam aleatoriamente e, por essa razão, podem induzir diferentes vieses.

O estudo foi realizado com a participação de cerca de 70 discentes de cursos de engenharia de uma universidade pública, matriculados em turmas da disciplina Física Experimental III. Nessa disciplina, é comum que os discentes se organizem em grupos desde o início do semestre para a realização dos experimentos. Esses agrupamentos são realizados pelos próprios estudantes com a única restrição de que sejam no máximo cinco integrantes por grupo. Dessa forma, podemos dizer que esse agrupamento não é estritamente aleatório, visto que os estudantes podem levar em consideração diversos aspectos para tal como a afinidade, gênero, idade, entre outros.

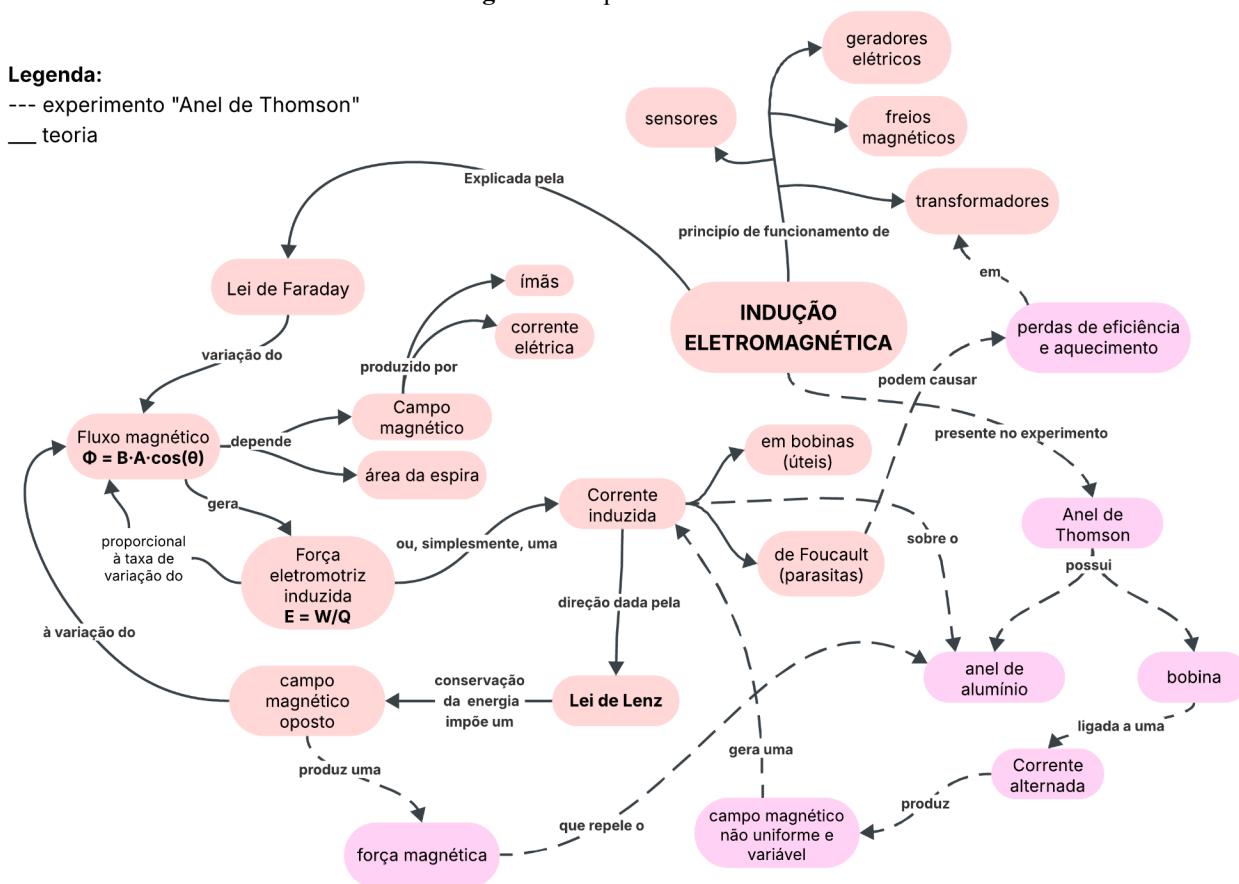
Nesse sentido, buscando utilizar os grupos preexistentes, essa etapa foi realizada seguindo um design quase-experimental que, de acordo com Campbell e Stanley (1959), configura-se como um dos designs experimentais mais utilizados no âmbito educacional, uma vez que:

[...] envolve um grupo experimental e um grupo de controle, ambos submetidos a um pré-teste e a um pós-teste, mas nos quais o grupo de controle e o grupo experimental não possuem equivalência amostral pré-experimental. Em vez disso, os grupos constituem coletivos naturalmente formados, como turmas de aula, tão semelhantes quanto possível, mas ainda assim não tão similares a ponto de dispensar o pré-teste (Campbell; Stanley, 1959, p.47, tradução nossa).

Inicialmente foi aplicado um pré-teste - disponível no Apêndice D - com o objetivo de delinear um ponto de partida de nossa investigação, identificando os conhecimentos que os estudantes já dominavam sobre o assunto que será trabalhado. O mesmo foi aplicado de forma simultânea aos estudantes do grupo controle e do grupo experimental, durante o horário normal de aula, por meio de um formulário elaborado na plataforma *Google Forms* disponibilizado aos estudantes através do ambiente Moodle da disciplina.

Para auxiliar na construção do pré-teste, foi elaborado um mapa conceitual com os conteúdos necessários para a aprendizagem do tema indução eletromagnética. Esse mapa baseou-se no livro didático Fundamentos de Física: eletromagnetismo (Halliday; Resnick; Walker, 2016) tipicamente utilizado em disciplinas teóricas de eletromagnetismo da universidade em que a pesquisa foi realizada. Em uma consulta a esse material, foram identificados os conteúdos que normalmente são trabalhados para a construção do conhecimento acerca do tema e que, conseqüentemente, são mobilizados na execução do experimento a ser realizado pelos estudantes.

Figura 4: mapa conceitual



Fonte: a autora

A partir do mapa conceitual elaborado, foram identificados os objetivos de aprendizagem que se busca atingir com a posterior aplicação da atividade experimental, os quais orientaram a elaboração das questões do pré-teste. Dessa maneira, ao final da atividade experimental, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- perceber que nem todos os metais são ferromagnéticos, e que a interação entre ímãs e metais depende do tipo de material.
- descrever a relação entre a variação do campo magnético e a indução de corrente elétrica,
- conhecer estratégias de engenharia para a eliminação do efeito das correntes parasitas em condutores.
- explicar o comportamento do anel de alumínio presente no experimento Anel de Thomson com base nas leis do eletromagnetismo.

Em seguida, os estudantes foram submetidos à prática experimental. O grupo controle utilizou o experimento tradicional de bancada, seguindo o roteiro convencional da disciplina -

disponível no Anexo A - conforme o formato tipicamente adotado nas aulas de laboratório da instituição. Por sua vez, o grupo experimental realizou uma atividade com o experimento remoto “Anel de Thomson”, elaborada com base nos direcionamentos fornecidos pelos docentes através das entrevistas, disponível no Apêndice F. Os detalhes da elaboração da atividade serão apresentados na seção 4.2.

Posteriormente, foi aplicado um pós-teste - disponível no Apêndice E - com o objetivo de averiguar o quanto os estudantes avançaram em termos de aprendizagem e compreensão do fenômeno estudado, bem como identificar as dificuldades manifestadas e as possíveis contribuições e limitações da prática realizada. Assim como no pré-teste, essa etapa também foi aplicada de forma simultânea aos estudantes de ambos os grupos, no horário normal de aula, através de um formulário.

No que diz respeito à sua elaboração, vale destacar que as questões do pós-teste devem garantir que os mesmos aspectos relacionados ao processo de aprendizagem presentes no pré-teste sejam examinados de forma adequada, sendo, contudo, diferentes das questões anteriores. Essa medida tem o objetivo de minimizar os efeitos de fatores rivais que podem comprometer a consistência interna da investigação. Para isso, foram estabelecidos alguns indicadores de aprendizagem, conforme a tabela 2, para orientar a elaboração de perguntas que explorassem os mesmos aspectos e mobilizassem os mesmos conteúdos que o pré-teste.

**Tabela 2** - objetivos e indicadores de aprendizagem

<b>Indicadores</b>	<b>Objetivos</b>
i. Apontar a diferença de atração/repulsão magnética entre ímãs e materiais ferromagnéticos e repulsão/atração por indução eletromagnética.	a
ii. Associar variação de fluxo magnético à produção de corrente em uma malha fechada.	b
iii. Selecionar corretamente, entre as alternativas, a disposição das lâminas dos núcleos de transformadores que reduz perdas por correntes de Foucault.	c
iv. Determinar a presença ou ausência de corrente induzida em condutores de acordo com diferentes configurações do campo magnético (constante ou variável)	b
v. Associar corretamente a configuração dos núcleos de transformadores à redução das correntes parasitas.	c
vi. Explicar o surgimento da corrente induzida no anel a partir da variação do campo.	d
vii. Explicar os efeitos observados ao manter o anel flutuante pressionado contra a bobina com base na corrente induzida e no efeito Joule.	d
viii. Reconhecer que no anel cortado não há uma corrente induzida, o que explica a ausência da repulsão eletromagnética.	d

Fonte: a autora

Em suma, não é aconselhável empregar as mesmas perguntas em ambos os testes de um estudo experimental porque isso irá indubitavelmente comprometer a consistência do estudo, pelo simples fato de que os estudantes teriam conhecimento prévio das questões do pós-teste e, portanto, estariam preparados para elas. Os resultados seriam melhores por conta desse fator, falseando assim a leitura que teríamos dos impactos gerados pela intervenção naquele grupo. Adotar indicadores de aprendizagem como parâmetros geradores para questões que sejam diferentes parece ser um método razoável para garantir a qualidade do estudo, mas admissivelmente imperfeito.

### 3.3.3 Questionário

Após a realização da atividade, um questionário - disponível no Apêndice G - também aplicado por meio da ferramenta *Google Forms*, foi disponibilizado aos estudantes do grupo experimental através do ambiente Moodle da disciplina de Física Experimental III. O questionário buscou levantar informações relevantes relativamente à interação desses estudantes com o EDCR utilizado, os facilitadores e obstáculos percebidos durante a utilização do experimento e possíveis sugestões de melhorias a serem implementadas. De acordo com Miranda (2020), a escolha dessa ferramenta de coleta de dados justifica-se por ser a mais comum em pesquisas qualitativas visto que, com ela, é possível buscar a informação primária direto do sujeito pesquisado. Além disso, o questionário permite o anonimato das respostas, o que pode ser mais cômodo para os respondentes uma vez que estes podem se sentir menos expostos do que em uma entrevista (Gillham, 2008).

## 3.4 Análise dos dados

Na fase inicial, a metodologia escolhida para a análise dos resultados das entrevistas é de natureza qualitativa e está apoiada na perspectiva de Miles e Huberman (1994), seguindo a organização dos dados em três etapas: redução, exibição e conclusão/verificação. A etapa de redução consiste em um processo de simplificação, na qual os dados são selecionados e simplificados em resumos organizados seguindo, então para a etapa de exibição em que esses dados são apresentados para uma análise sistemática das informações. Por fim, na última etapa, apresentam-se discussões e conclusões relevantes extraídas dos dados analisados.

A respeito da segunda fase, os dados obtidos foram analisados através de uma análise quantitativa utilizando o teste U de Mann-Whitney, que corresponde a um teste estatístico

não-paramétrico utilizado para comparar duas amostras independentes (Lam; Longnecker, 1983). No contexto desta pesquisa, o teste foi aplicado com o objetivo de verificar se houve diferenças significativas entre os grupos em relação à intervenção realizada. A análise foi realizada comparando as classificações das observações de cada grupo, adotando um nível de significância de 5% para interpretar os resultados. A execução do teste foi realizada por meio de um algoritmo desenvolvido em trabalhos anteriores, o qual computou os dados permitindo a interpretação estatística dos resultados.

Por fim, para a terceira fase, os resultados obtidos através do questionário também foram analisados utilizando uma análise qualitativa proposta por Miles e Huberman (1994), seguindo a organização dos dados em três etapas: redução, exibição e conclusão/verificação.

## 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção apresentaremos a análise e discussão dos dados coletados. Como a coleta envolveu diferentes procedimentos, os resultados de cada um deles serão apresentados separadamente.

### 4.1 Entrevista semiestruturada com os docentes

Os dados coletados por meio das entrevistas semiestruturadas com os docentes foram separados em quatro categorias:

- 1) **modalidades de atividades práticas** - analisar as concepções dos entrevistados no que se refere às modalidades de atividades práticas e identificar a forma como estes realizam suas aulas práticas;
- 2) **limitações do laboratório tradicional** - analisar as percepções dos entrevistados relativamente aos problemas presentes na forma como o laboratório tradicional é conduzido;
- 3) **experimentos remotos** - explorar as experiências e concepções dos entrevistados relativas à utilização de EDCR em aulas práticas, suas possibilidades e limitações;
- 4) **possibilidades para o planejamento de aulas práticas** - identificar os direcionamentos fornecidos pelos docentes para a elaboração de atividades práticas utilizando os EDCR.

A partir das análises realizadas, os dados foram organizados no Quadro 1, em que constam os agrupamentos citados anteriormente, nossas considerações e inferências e os dados que as justificam, na forma de excertos.

Quadro 1 - organização dos dados coletados

(continua)

Agrupamentos	Considerações	Excertos
<p style="text-align: center;"><b>Modalidades de Atividades Práticas</b></p>	<p>- Os entrevistados alegam que empregam principalmente a modalidade investigativa, exceto para cursos de engenharia;</p> <p>- Obstáculos para a utilização de atividades investigativas: falta de tempo, turmas superlotadas e desinteresse dos alunos e professores; resistência a novas metodologias e abordagens por parte dos estudantes; descompasso geracional no processo de ensino e aprendizagem; despreparo dos professores, etc.</p>	<p><b>E2:</b> “[...] o interesse de fazer diferente é do próprio professor e, o aluno, você pode levá-lo a construir coisas mesmo sendo da engenharia [...] quando o professor não quer, não tem jeito! É o que acontece pelo que eu vejo é assim: ‘quero só seguir aquele negócio e acabou, para ter menos dor de cabeça, menos trabalho possível.’”;</p> <p><b>E3:</b> “para engenharia não só com a carga horária, mas com a experiência que eu tenho do desinteresse [...] se eu der um problema aberto não vai funcionar [...] ele (aluno) quer que você escreva no quadro, ele quer ser passivo, não quer ter nenhum tipo de trabalho.”</p> <p><b>E4:</b> “eu também sinto resistência dos próprios alunos. Os alunos também meio que entraram na conformidade do sistema, né? Eles chegam lá no horário do laboratório, querem fazer o experimento e pronto, eles não querem pensar sobre [...]”</p> <p><b>E6:</b> “[...] a gente está tendo dificuldade de ensinar, do jeito que a gente aprendeu a ensinar [...] porque a velocidade de alteração das coisas é maior do que a velocidade de formação do indivíduo.”</p> <p><b>E6:</b> “outro problema que eu vejo é também o nosso lado. A gente também não está preparado para dar uma aula assim [...]”</p> <p><b>E7:</b> “[...] se você sai muito do script (da aula tradicional), eles ficam perdidos no que está sendo proposto.”</p>

Fonte: a autora

Quadro 1 - organização dos dados coletados

(continuação)

Agrupamentos	Considerações	Excertos
<p align="center"><b>Limitações do laboratório tradicional</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudantes como meros reprodutores, aulas automatizadas, roteiros fechados, equipamentos caros; complexos, teoria e prática dissociadas, etc.</li> <li>- Os estudantes modificam os dados para concordar com a teoria;</li> <li>- Pouco tempo e pouca possibilidade para discussão dos erros e resultados devido à forma como são planejados e conduzidos;</li> <li>- Aulas de laboratório são planejadas sem conexão com o cotidiano dos estudantes.</li> </ul>	<p><b>E1:</b> “[...] um aluno veio me perguntar: ‘professor agora que eu cheguei aqui, o que esse A, esse B e esse C que eu encontrei quer dizer?’. Então eu vi que ele não entendeu nada, aí eu expliquei na hora mas aí eu falei (que) eu não vou usar mais roteiro.”</p> <p><b>E3:</b> “a gente usava um cronômetro que os caras (alunos) nunca entendiam, como é que funcionava, o que era para fazer. Como aquilo atrapalhava muito, aí a gente passou a filmar a experiência e usar o tracker [...].”</p> <p><b>E4:</b> “[...] a maioria dos laboratórios são laboratórios demonstrativos, ou seja, ele é construído para funcionar. Isso impede, talvez, uma das coisas mais interessantes do laboratório que é o processo reflexivo.”</p> <p><b>E5:</b> “[...] o aluno tem um olhar de tédio e muitas vezes você vê que ele não está entendendo, mas ele está cumprindo aquele algoritmo que o roteiro traz para chegar no resultado que o professor quer [...]”</p> <p><b>E6:</b> “[...] eles ficam meio que aéreos na situação, eu acho que se perguntando mentalmente, para que serve isso para mim? Em que isso vai ajudar na minha formação?”</p> <p><b>E7:</b> “[...] eles vêm preparados para fazer, dar o resultado e fazer os dados se ajustarem à teoria”</p>
<p align="center"><b>Experimentos Remotos (ER)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos os entrevistados conhecem os ER mas apenas 3 deles já utilizaram em sala de aula;</li> <li>- Possibilidades oferecidas pelos ER: facilidade de acesso; flexibilidade de horário; redução de erros de medidas e leituras de instrumentos; sistema real sujeito às mesmas condições que um experimento tradicional de bancada; versatilidade didática; evolução iterativa dos experimentos;</li> </ul>	<p><b>E1:</b> “[...] nas vezes que eu usei foi bastante satisfatório principalmente na pandemia”;</p> <p><b>E6:</b> “[...] achei muito simples, sem complicações para usar. Tem um acesso praticamente direto, uma interface boa [...] não vi dificuldade nenhuma de efetuar o experimento.”</p> <p><b>E1:</b> “tem essa facilidade de poder acessar e realizar os testes, analisar os resultados novamente [...]”;</p>

Fonte: a autora

Quadro 1 - organização dos dados coletados

(continuação)

Agrupamentos	Considerações	Excertos
<p><b>Experimentos Remotos (ER)</b></p>	<p>- Limitações dos ER: limitação do acervo e da montagem experimental; ausência de interação física com o experimento; falta de material de apoio disponível no site para o docente; impossibilidade de cometer e analisar erros;</p> <p>- Um dos entrevistados relatou não saber utilizar uma abordagem diferente da de verificação;</p>	<p><b>E3:</b> “[...] vai ser mais rápido e mais direto. Como está tudo muito esquematizado, a chance do próprio aluno cometer um erro na coleta é menor.”</p> <p><b>E5:</b> “[...] sou fã do laboratório remoto. Primeiro porque ele lida com problemas reais. Não é uma simulação. Então, de fato é um laboratório de física controlado remotamente.”</p> <p><b>E5:</b> “[...] você pode usar o experimento remoto como demonstração, você pode usar como investigação. Eu acho que o fato de ser remoto não limita o tipo de aula que eu posso planejar [...]”</p> <p><b>E8:</b> “eu não acho que ele (laboratório remoto) substituiria o laboratório (tradicional) por enquanto. Principalmente porque eu acho que a Física já é muito abstrata. Então, acho que o laboratório didático é importante para ele (o aluno) pegar nos equipamentos, mexer nos equipamentos.”</p> <p><b>E1:</b> “[...] esse (experimento) [...] eu procuraria algum vídeo, talvez alguns materiais, talvez um tutorial me explicando [...]”</p> <p><b>E4:</b> “[...] no laboratório (tradicional) se você põe de qualquer jeito o teu instrumento (de medida), você tem resultados errados. Então, eu acho que o aluno perde um pouco nesse quesito da coisa (experimento remoto) já vir toda pronta [...]”</p> <p><b>E7:</b> “[...] sendo um laboratório remoto, não sei o que as pessoas ganham ao ver as coisas acontecendo ali. Uma vez que já estaria tudo controlado.”</p> <p><b>E2:</b> “eu acho que eu não sei fazer nesse contexto (investigação, roteiros abertos), com o laboratório remoto, algo diferente. Eu não sei utilizar o experimento para as possibilidades que ele fornece, né?”</p>

Fonte: a autora

Quadro 1 - organização dos dados coletados

(continuação)

Agrupamentos	Considerações	Excertos
<p><b>Possibilidades para o planejamento de aulas práticas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualizar com situações relacionadas ao cotidiano dos discentes e às suas futuras profissões;</li> <li>- Atividade em grupo;</li> <li>- Pedir que os alunos compartilhem suas experiências da realização da atividade em vez de pedir um relatório;</li> <li>- Os estudantes deveriam fazer uma autoavaliação de seu desempenho na atividade com o ER;</li> </ul>	<p><b>E2:</b> “Você pode iniciar apresentando, por exemplo, que você usa isso na vida real. Por exemplo, você não vai pegar um astrofísico aqui no Brasil e levar ele para o Chile para observar. Hoje se faz isso com um smartphone, né? Então, já é uma experiência para eles de aplicação de experimentação remota que é bem legal.”</p> <p><b>E1:</b> “[...] a gente poderia fazer um experimento em um grupo assim, eu acho que todo o grupo discutindo é legal.”</p> <p><b>E4:</b> “na tentativa de fazer esse processo mais reflexivo, eu proporia para os alunos tentarem fazer uma relação, por exemplo, com esse experimento (ER ondas estacionárias) e um violino, um instrumento que muitas vezes o aluno tem em casa. Então ele consegue perceber que as cordas têm espessuras diferentes, o que leva a intensidades diferentes [...]”</p> <p><b>E5:</b> “o relatório é outra coisa que eu aboli porque é cópia da cópia. E hoje com internet chat GPT os alunos só copiam [...] uma coisa que eu tenho feito, são vídeos curtos [...] eu digo para a equipe: ‘agora vocês vão gravar um vídeo de no máximo 3 minutos, contando como foi a experiência e os resultados que vocês já tiveram.’ Eles fazem ali na minha frente e os resultados são muito bons.”</p> <p><b>E5:</b> “[...] fazer o experimento remoto, simplesmente entrando lá na interface e fazendo, pode ser muito difícil para o aluno compreender todo potencial do experimento [...] Então, um vídeo permitiria ao professor e aos alunos se familiarizarem com o experimento, antes de fazer.”</p>

Fonte: a autora

Quadro 1 - organização dos dados coletados

(conclusão)

Agrupamentos	Considerações	Excertos
<p align="center"><b>Possibilidades para o planejamento de aulas práticas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de uma introdução ao ER;</li> <li>- Conhecer a turma e suas necessidades pedagógicas antes do planejamento da atividade prática;</li> <li>- Maior foco na aprendizagem do conteúdo;</li> <li>- Os docentes mencionam a abolição de um roteiro fechado e tradicional para trabalhar com o experimento remoto;</li> </ul>	<p><b>E6:</b> “<i>eu procuro fazer o planejamento dependendo da maturidade da turma. Então, isso vai depender da disciplina [...]</i>”</p> <p><b>E6:</b> “<i>[...] eu não faria um roteiro tão esmiuçado, porque não vai ter que fazer os procedimentos laboratoriais, mas seria um roteiro mais focado no que o aluno tem que prestar atenção, mais aberto.</i>”</p> <p><b>E6:</b> “<i>[...] eu acho que os laboratórios que a gente tava aplicando eram mais coisa da cabeça da gente do que necessidade para o curso, para formação dos engenheiros [...] você poderia fazer coisas mais direcionadas, né, para área deles.</i>”</p> <p><b>E6:</b> “<i>[...] eu inseriria um foco no aprendizado de conteúdo, porque o procedimento não vai ser tão fundamental assim.</i>”</p> <p><b>E8:</b> “<i>a avaliação para mim sempre é assim: eu acho que os alunos têm que aprender a ter um processo de autoavaliação de autocrítica [...]</i>”</p>

Fonte: a autora

Segundo o primeiro agrupamento do Quadro 1, parece existir um consenso entre os entrevistados de que as atividades investigativas apresentam resultados mais significativos, conforme apontado na literatura (Zômpero; Laburú, 2011). Entretanto, segundo eles, as aulas de laboratório são desinteressantes para a engenharia, pois as turmas são superlotadas e a carga horária da disciplina é bastante reduzida. A escolha por realizar atividades tradicionais parece ser mais adequada, conforme pode-se perceber na resposta do entrevistado E3:

*[...] para engenharia não só com a carga horária, mas com a experiência que eu tenho do desinteresse [...] se eu der um problema aberto não vai funcionar [...] ele (aluno) quer que você escreva no quadro, ele quer ser passivo, não quer ter nenhum tipo de trabalho. (E3)*

Analisando justificativas como essas para o não uso de atividades práticas de forma mais aberta e investigativas, podemos inferir alguns fatores que justificam esse

comportamento como, por exemplo, aquele apontado por Freitas e Villani (2002), segundo o qual os professores tendem a reproduzir o modelo tradicional de ensino, no qual as informações são transmitidas pelo docente e recebidas passivamente pelos estudantes. A reprodução do método tradicional está diretamente relacionada ao fazer pedagógico do qual o professor já está acostumado a realizar diariamente em suas aulas e que, na maioria das vezes, pode apresentar uma forte relação com aquilo que os docentes vivenciaram no decorrer de sua formação, ou melhor, das memórias, lembranças e dos conhecimentos construídos através da mediação de seus professores, desde a escola até a educação superior (Tardif, 2014). Como os próprios entrevistados apontam:

*[...] um professor que só está acostumado a verificar, não importa, ele sempre vai fazer um experimento de verificação. Ao passo que se o professor tiver um olhar mais amplo, eu acho que ele vai saber utilizar de diferentes formas (os experimentos), seja remotamente, seja presencialmente. (E5)*

É importante destacar ainda que tal dificuldade não se limita apenas à permanência dos docentes em sua zona de conforto ou à simples reprodução do modelo pedagógico vivenciado durante sua formação inicial. Ela também está relacionada à ausência de uma formação que prepare os docentes para a realização de atividades práticas com caráter investigativo e, principalmente, que incentive-os a refletir sobre a própria prática. Ao longo das entrevistas, foi possível identificar que alguns docentes reconhecem suas limitações nesse aspecto, demonstrando insegurança quanto à adoção de abordagens que rompam com o modelo tradicional das atividades experimentais. Essa percepção é evidenciada na fala do entrevistado E6: “*outro problema que eu vejo é também o nosso lado. A gente também não está preparado para dar uma aula assim [...]*”.

Contudo, é possível que esse cenário seja revertido, uma vez que, segundo Nóvoa (1992), a identidade profissional dos professores está em constante desenvolvimento e a aprendizagem contínua é essencial para essa construção. Os professores devem estar abertos a novas ideias, práticas e desafios, buscando constantemente se atualizar e aprimorar suas habilidades. Nesse sentido, a formação continuada caracteriza-se como um processo essencial para que o professor tenha contato com novas metodologias, diferentes abordagens de ensino e também momentos de troca de experiências e incentivo para refletir sobre sua prática pedagógica. As instituições de ensino, por sua vez, podem desempenhar um papel mais direto nesse processo, incentivando os docentes a buscarem essas formações e oferecendo condições para que elas aconteçam.

Outro fator relevante diz respeito ao interesse e à receptividade dos estudantes frente à realização de práticas que fujam do modelo tradicional. Ao propor uma atividade investigativa, a mudança ocorre não apenas na condução da atividade pelo professor, mas também na postura do aluno, que deixa de ser um sujeito passivo, sendo estimulado a pensar criticamente, debater, interpretar dados, refletir e tomar decisões, assumindo uma postura mais ativa e um papel central no processo de ensino-aprendizagem.

Essas atividades exigem dos discentes um engajamento muito maior do que aquele requerido pelo modelo tradicional, no qual lhes era fornecido um roteiro pré-estabelecido e fechado, sem espaço para questionamentos, já que os resultados esperados são previamente conhecidos e, conforme mencionado por Borges (2002), diante de eventuais erros, o estudante tende a corrigir seus dados para adequá-los à teoria, o que reforça a abordagem mecanicista e desprovida de reflexão. Essa resistência foi mencionada por docentes como uma das justificativas para a não realização de atividades práticas investigativas, como pode-se observar na fala do entrevistado E4: *“eu também sinto resistência dos próprios alunos. Eles também entraram na conformidade do sistema. Eles chegam no horário do laboratório, querem fazer o experimento e pronto, eles não querem pensar sobre [...]”*.

Além das atividades investigativas demandarem maior esforço e envolvimento dos estudantes, o que pode gerar desinteresse e até mesmo resistência à sua realização, é importante considerar que esse desinteresse também pode estar relacionado às rápidas transformações pelas quais o mundo tem sido submetido. A velocidade com que as informações e as novas tecnologias surgem frequentemente supera a capacidade dos indivíduos de se adaptarem e se formarem criticamente, o que influencia, de certa maneira, no processo de construção de significados. Como ressalta o entrevistado E6, *“[...] estamos tendo dificuldade de ensinar, do jeito que a gente aprendeu a ensinar [...] porque a velocidade de alteração das coisas é maior do que a velocidade de formação do indivíduo”*.

Essas rápidas transformações são refletidas, por exemplo, no comportamento dos estudantes, que estão inseridos em uma sociedade marcada pelo consumo acelerado de informações e pelo excesso de estímulos digitais, sobretudo em função do uso excessivo das redes sociais. Nesses novos ambientes, os conteúdos são consumidos de forma acelerada e com informações condensadas, como ocorre nos vídeos curtos encontrados em plataformas como *TikTok* e *YouTube*. Além disso, as pessoas têm sido cada vez mais estimuladas a receber informações de maneira rápida e pouco reflexiva, principalmente por meio de ferramentas digitais que permitem acelerar áudios recebidos em mensagens, como no *WhatsApp*, ou resumir textos com a ajuda da inteligência artificial, o que reforça essa busca por respostas

imediatas. É comum que os estudantes cheguem à sala de aula esperando respostas prontas e, até mesmo, esperando receber o mesmo estímulo recebido através das redes sociais. Ao se depararem com situações que envolvem uma postura mais ativa, que envolvem pensamento, investigação, possibilidades de erro, muitos demonstram resistência a essas práticas e tendem a se acomodar ao modelo tradicional de ensino, que não os desafia a sair de sua zona de conforto.

É natural que nos perguntemos como contornar tais desafios em meio a uma sociedade que tem se transformado rapidamente. Apesar de não existir uma solução imediata e universal para contornar o problema, Perrenoud (1999) aponta que a busca por uma solução passa pela necessidade de repensar o papel das instituições de ensino e do professor, rompendo com a lógica escolar herdada da sociedade industrial e adaptando-se a um mundo marcado pela complexidade e velocidade das mudanças. Como uma possível alternativa, podemos pensar na formação inicial e continuada dos docentes, para que estejam preparados para promover atividades que estimulem a autonomia e que estejam relacionadas ao cotidiano dos estudantes, o que de certa forma pode contribuir para aumentar o interesse por práticas mais abertas e investigativas. Além disso, a implementação de ferramentas tecnológicas nas atividades pode tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e atrativo para os estudantes, principalmente considerando a crescente familiaridade dos jovens com novas tecnologias e recursos digitais, como os experimentos didáticos controlados remotamente, que utilizam linguagens multimídia às quais esses estudantes já estão habituados.

Os dados do agrupamento “Limitações do laboratório tradicional” sugerem que todos os entrevistados têm consciência dos problemas e limitações normalmente enfrentados durante a realização de atividades práticas tradicionais. Nesse sentido, os docentes relataram algumas limitações e problemas que podem ser percebidos nos laboratórios tradicionais como as aulas automatizadas, com roteiros extensos e cansativos, os estudantes ocupando o papel de meros reprodutores do roteiro, a pouca possibilidade de discussão dos erros e dos resultados, a utilização de equipamentos caros, complexos e, em alguns casos, perigosos, entre outros. Podemos perceber que tais limitações apresentadas pelos docentes entrevistados estão de acordo com aqueles citados por Borges (2002) e outros autores apresentados no capítulo 2.4.

Apesar dos dados da segunda categoria apontarem para problemas que apresentam discussões bem estabelecidas na literatura especializada e, portanto, conhecidos no âmbito da educação, vale destacar um obstáculo mencionado recorrentemente nas entrevistas: o fato dos laboratórios tradicionais estarem, muitas vezes, estruturados apenas com o objetivo de demonstrar ou verificar teorias, funcionando como espaços pouco reflexivos. Isso não ocorre

apenas em função de roteiros fechados ou das habilidades pedagógicas do professor para o planejamento e condução das atividades práticas, mas também em razão da própria lógica de funcionamento da disciplina de laboratório definida pelas universidades. Como destaca o entrevistado E4: “[...] a maioria dos laboratórios são laboratórios demonstrativos, ou seja, ele é construído para funcionar. Isso impede, talvez, uma das coisas mais interessantes do laboratório, que é o processo reflexivo.”

Como alternativas para contornar esse problema, os docentes entrevistados mencionaram a necessidade de uma revisão curricular e estrutural das disciplinas experimentais. Entre as principais sugestões está o aumento da carga horária das disciplinas práticas, permitindo que os experimentos possam ser realizados com mais profundidade, com tempo suficiente para análise, discussão dos erros e reflexão acerca do experimento trabalhado, dando mais liberdade para o docente conduzir atividades mais abertas e investigativas. A esse respeito, um dos entrevistados ressalta:

*“[...] falta poder ir devagar, não ter uma única aula de laboratório (por experimento) na qual (o aluno) tem que fazer o experimento, tirar a medida e já entregar o relatório. Eu acho que o jeito que está sendo dado, não está ajudando eles (os alunos). Acho que mudando esse estilo vai melhorar por ter menos experimentos sendo melhor trabalhados.” (E8)*

O problema da rigidez curricular e da estrutura engessada das disciplinas de laboratório também interfere diretamente na liberdade dos docentes para propor atividades mais dinâmicas, contextualizadas e investigativas, que geralmente necessitam de mais tempo para serem realizadas, pois demandam análise, discussão e maior envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem. Como aponta o entrevistado E6: “do jeito que são bolados (estruturados) os nossos laboratórios, eu acho que fica difícil fazer coisas muito diferentes [...] no sentido de deixar o aluno trabalhar mais à vontade.” Essa limitação faz com que as aulas de laboratório sejam planejadas e conduzidas de forma mecânica e desconectada da realidade e dos interesses dos estudantes, sem que eles compreendam o propósito dessas atividades e as realizem sem criticidade, como pode ser observado na seguinte fala: “[...] eles ficam meio que aéreos na situação, eu acho que se perguntando mentalmente: pra que serve isso pra mim? Em que isso vai ajudar na minha formação?” (E6).

Tendo em vista as limitações apresentadas e explorando a categoria “Experimentos Didáticos Controlados Remotamente”, foi possível identificar algumas percepções dos docentes relativamente ao uso dessa tecnologia no ensino. Os entrevistados já conheciam o

recurso, quatro deles os haviam utilizado em suas aulas e relataram terem obtido resultados satisfatórios. Nesse sentido, parece-nos interessante fazer aqui algumas considerações relativamente à resposta apresentada pelo entrevistado E2, que relatou possuir dificuldades em elaborar atividades que não sigam a forma tradicional, ou melhor, atividades mais abertas e investigativas, utilizando um experimento remoto: *“eu acho que eu não sei fazer nesse contexto (investigação, roteiros abertos), com o laboratório remoto, algo diferente. Eu não sei utilizar o experimento para as possibilidades que ele fornece, né?” (E2)*

Analisando sua resposta, pode-se inferir que, assim como apresentado anteriormente, os professores tendem a reproduzir o método com o qual estão acostumados e, nesse contexto, parece evidente afirmar que, se o docente não estiver disposto a sair de sua zona de conforto, não conhecer os fundamentos epistemológicos e metodológicos que envolvem os experimentos pertencentes ao Laboratório Remoto de Ciências e as filosofias que orientam o uso das tecnologias na educação, independente do tipo de tecnologia utilizada, podendo ela ser tanto a menos desenvolvida quanto a mais desenvolvida, eles continuarão a utilizar tais recursos como meras ferramentas para ensinar um conteúdo ou demonstrar um conceito.

É importante destacar, ainda, que o fato do experimento ser remoto não impõe limitações quanto às possibilidades pedagógicas de seu uso. Isso é principalmente válido no caso dos EDCR pertencentes ao Labremoto, os quais foram planejados e desenvolvidos com o objetivo de viabilizar práticas investigativas, coleta e análise de dados, permitindo que os docentes elaborem atividades de demonstração, verificação ou investigação a depender de suas escolhas. Como ressalta o entrevistado E5: *“[...] você pode usar os experimentos do Labremoto como demonstração, você pode usar como investigação. Eu acho que o fato de ser remoto não limita o tipo de aula que eu posso planejar [...]”*.

Analisando aquilo que diz respeito às possibilidades oferecidas pelos EDCR para as aulas práticas em geral, presentes na terceira categoria, nossas principais conclusões podem ser observadas no Quadro 1. Entretanto, algumas dessas possibilidades merecem maior destaque. A primeira delas refere-se à possibilidade de contornar algumas das dificuldades apontadas por docentes relativamente ao laboratório tradicional como, por exemplo, a limitação da carga horária das aulas práticas. Nesse sentido, os entrevistados apontam para a flexibilidade de horários e de acesso ao Labremoto. O estudante pode repetir a coleta de dados ou o experimento quantas vezes forem necessárias em caso de erro, sem que seja necessário utilizar somente o horário destinado à aula, como apontado pelo entrevistado E1: *“O laboratório remoto tem essa facilidade de poder acessar e realizar os testes, analisar os*

*resultados novamente [...] então ele (o aluno) tem bastante facilidade de acesso ao laboratório.”*

Outro aspecto bastante interessante trata-se da possibilidade de trabalhar com situações que aproximem os estudantes de sistemas reais e explorar aspectos de seu cotidiano. Trabalhos como os de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) apontam para a importância de trabalhar com fenômenos e aspectos que fazem parte do cotidiano e da realidade dos estudantes, pois contribuem para uma aprendizagem mais significativa e facilitam a compreensão e aprendizagem de conceitos mais abstratos. Nesse sentido, os EDCR podem ser utilizados para promover discussões relacionadas ao sensoriamento remoto, envio de sondas para a exploração de outros planetas, entre outros assuntos que são mais atrativos e aproximam os estudantes de aplicações reais desse tipo de recurso no dia a dia, como afirmou o entrevistado E2:

*“você pode iniciar apresentando, por exemplo, que você usa isso na vida real. Por exemplo, você não vai pegar um astrofísico aqui no Brasil e levar ele para o Chile para observar. Hoje se faz isso com um smartphone, né? Então, já é uma experiência para eles de aplicação de experimentação remota que é bem legal.” (E2)*

Ainda, os entrevistados destacaram que o uso desse recurso contribui para a diminuição de erros de medição e leitura em alguns equipamentos que, frequentemente, são considerados complexos para os estudantes: “[...] vai ser mais rápido e mais direto. Como está tudo muito esquematizado, a chance do próprio aluno cometer um erro na coleta é menor.” (E3). Essa possibilidade está relacionada ao fato de que os EDCR utilizam componentes que substituem a função dos equipamentos de medição mais complexos e, ao mesmo tempo em que facilitam os procedimentos de medida, permitem a coleta de dados mais precisos por utilizarem sensores e outros componentes eletrônicos que garantem valores com poucas possibilidades de erros.

Por fim, é importante apresentarmos algumas limitações associadas ao uso dos EDCR no ensino. Um dos entrevistados relatou uma de suas experiências utilizando um EDCR na qual os estudantes apresentaram dificuldades para compreender do que se tratava um experimento remoto e os objetivos da atividade proposta, visto que os estudantes pensaram que o experimento tratava-se de uma simulação e que seria utilizado apenas para observar um fenômeno. Esse fato nos leva a concluir que, para a realização de uma atividade prática utilizando esse recurso, talvez seja necessário incluir no planejamento um momento destinado à explicação e apresentação dos experimentos aos estudantes. Desta forma, eles poderão

perceber que o experimento consiste em um equipamento real, através do qual é possível coletar dados, alterar e explorar parâmetros, além de compreender como seu aparato está montado. Na fala do entrevistado E3 é possível perceber essa reflexão: “[...] vamos admitir que o aluno nunca viu essa plataforma. Então tem que ensinar, mostrar para ele a plataforma, tem que mostrar a coleta. Ele não vai analisar os dados imediatamente [...]”.

Foi possível identificar ainda a necessidade de fornecer para o professor uma explicação sobre o experimento, seja através de um material escrito ou de um vídeo explicando a montagem experimental, as funções do experimento e uma sugestão de aplicação. Esse aspecto foi percebido em falas como as do entrevistado E2:

*[...] esse que eu abri aqui, o termometria, eu vi que tem um fio aqui, né? Eu fiquei pensando o que eu faria. Eu procuraria algum vídeo [...] talvez alguns materiais, talvez um tutorial me explicando (que) aquilo ali é um fio, você está esquentando o fio. Uma coisa básica, sabe? [...].*

Nesse sentido, uma solução seria acrescentar roteiros, sugestões de atividades, vídeos mostrando a montagem experimental e orientações de uso desses experimentos no site do laboratório remoto. Esses recursos poderiam auxiliar ainda na dificuldade relatada pelos professores de realizar atividades com modalidades mais abertas e investigativas com um EDCR, visto que estariam disponíveis no site algumas sugestões de atividades possíveis utilizando essa tecnologia.

Conforme apontam alguns docentes entrevistados, uma das possíveis limitações dos EDCR refere-se à impossibilidade do estudante manipular fisicamente os equipamentos de medição ou de coleta e o experimento. Embora os experimentos remotos permitam o controle e o monitoramento em tempo real e o usuário ainda tenha que realizar procedimentos de coleta de dados e ajustes de instrumentos, ainda que adaptados a um contexto remoto, a ausência do contato direto com os aparatos pode representar uma dificuldade no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo em disciplinas como a Física, que exige um maior grau de abstração. Nesse sentido, muitos docentes consideram o laboratório tradicional indispensável, por possibilitar uma experiência concreta e sensorial com os equipamentos, como afirma o entrevistado E8:

*“Eu não acho que ele (o laboratório remoto) substituiria o laboratório (tradicional) por enquanto. Principalmente porque eu acho que a Física já é muito abstrata. Então eu acho que o laboratório didático é importante para ele (o aluno) pegar nos equipamentos, mexer nos equipamentos.”*

No entanto, é importante destacar que esse pensamento decorre de um equívoco comum entre os professores: a suposição de que o laboratório remoto tem como objetivo substituir o laboratório tradicional. Segundo os pressupostos educacionais que orientam o desenvolvimento do Labremoto, os EDCR não foram concebidos e desenvolvidos para substituir o laboratório presencial, mas para atuar de forma complementar, especialmente em contextos em que o acesso ao laboratório tradicional é inviável ou quando este apresenta limitações didático-pedagógicas, como as apresentadas na primeira categoria, que não têm sido solucionadas com as estratégias já propostas. Deste modo, esta pesquisa busca justamente compreender de que maneira os EDCR podem contribuir para contornar alguns dos obstáculos enfrentados na realização das atividades experimentais, oferecendo novas possibilidades para o desenvolvimento de atividades mais investigativas e acessíveis.

Por fim, os docentes também destacaram como limitação dos EDCR o fato de que, por se tratar de um experimento previamente montado e a coleta de dados acontecer através de comandos enviados ao experimento através da interface do usuário, os estudantes deixam de vivenciar algumas etapas da prática experimental tipicamente realizadas nos laboratórios tradicionais de bancada, como a montagem dos aparatos e a manipulação direta dos instrumentos de medida, como termômetros, réguas, balanças, entre outros, como mencionado nas seguintes falas: "*[...] no laboratório (tradicional) se você põe de qualquer jeito o teu instrumento (de medida), você tem resultados errados. Então, eu acho que o aluno perde um pouco nesse quesito da coisa (experimento remoto) já vir toda pronta*" (E4); "*[...] sendo um laboratório remoto, não sei o que as pessoas ganham ao ver as coisas acontecendo ali. Uma vez que já estaria tudo controlado*" (E7).

Embora seja evidente que os EDCR apresentam limitações em relação ao contato direto com o aparato experimental, especialmente no que diz respeito ao uso de sentidos como o tato, que podem contribuir para o processo de construção do conhecimento, é importante analisar essa limitação à luz de alguns aspectos. Em primeiro lugar, ainda que os experimentos do LabRemoto estejam previamente montados e os estudantes não participem diretamente da montagem dos aparatos, é preciso considerar que, nos laboratórios tradicionais, essa etapa também costuma estar ausente. Como apontaram os próprios docentes entrevistados: "*o que eu me deparei sempre nas aulas de laboratório foi com experimentos já montados pelos técnicos para os alunos só chegarem lá e coletarem os dados*" (E8). No caso dos EDCR, a ausência do procedimento de montagem não exime o recurso de suas potencialidades pedagógicas dos EDCR, sobretudo em situações em que o objetivo da atividade é a aprendizagem de conceitos. A decisão sobre o foco da atividade, seja na

montagem ou na análise, depende principalmente do planejamento didático do professor e dos objetivos de aprendizagem por ele estabelecidos.

Em segundo lugar, a concepção de que o uso dos EDCR inviabiliza a ocorrência de erros nas medições realizadas pelos estudantes pode ser considerada um equívoco. Embora esses experimentos sejam automatizados e, por exemplo, a coleta de dados como temperatura, corrente elétrica e tempo de deslocamento seja realizada por meio de comandos digitais, tal característica não elimina a necessidade de tomada de decisão por parte dos estudantes. Ao contrário, alguns dos EDCR exigem ajustes via interface, a interpretação de resultados e, em muitos casos, leitura de instrumentos analógicos por meio de imagens transmitidas em tempo real, o que ainda possibilita a ocorrência de erros durante o procedimento experimental.

Como exemplo, destaca-se o experimento “Trilho de Ar”, pertencente ao Labremoto. Nesse experimento, embora os dados de posição e tempo sejam coletados automaticamente e disponibilizados ao usuário na forma de uma tabela, o ajuste do ângulo de inclinação do trilho, ainda que realizado por meio de comandos digitais, depende da leitura de um transferidor, visualizado por meio de uma câmera conectada ao experimento (Figura 5). Esse procedimento não está isento de erros, pois o estudante deve realizar o ajuste com base na imagem transmitida pela câmera, o que pode ocasionar erros de paralaxe, principalmente se o ângulo de visão da câmera não for adequadamente ajustado e interpretado.

**Figura 5:** interface do experimento “Trilho de Ar”



Fonte: a autora

Erro semelhante também pode ocorrer no experimento “Termometria”, no qual a determinação do coeficiente de dilatação de um fio de cobre é feita a partir da leitura da



conhecimento. Esse tipo de percepção sensorial, no entanto, não está presente na versão remota do experimento, como aponta um dos entrevistados:

*“[...] por exemplo, com o Anel de Thompson na aula presencial você põe a mão e vê que o anel esquentou, mas no remoto é difícil [...] Então, eu acho que existem algumas limitações pelo fato de você usar uma transmissão via internet. Você está vendo uma imagem numa tela bidimensional, é diferente de você estar no laboratório e mudar o ângulo, abaixar, olhar, pôr a mão” (E5).*

Situação semelhante ocorre no experimento de "Acústica", em que um alto-falante emite som em um tubo de água, permitindo realizar a determinação da velocidade do som. Por ser um experimento remoto, embora seja possível obter dados importantes, como a temperatura interna do tubo, a detecção de harmônicos e a medição da distância entre a superfície da água e a fonte sonora, o som gerado pelo alto-falante não é transmitido na interface. Assim, os estudantes não têm acesso à percepção auditiva do fenômeno, o que representa mais uma limitação sensorial do experimento em relação à versão presencial.

Por fim, a partir da análise da quarta categoria, foi possível identificar os direcionamentos fornecidos pelos docentes para o planejamento de uma atividade prática baseada em um EDCR do Labremoto, especificamente o experimento “Anel de Thomson”. Nessa etapa da entrevista, solicitou-se que os participantes descrevessem como estruturariam uma atividade prática utilizando esse recurso, indicando os principais objetivos da proposta, o tipo de abordagem didática a ser adotada, a forma de condução da atividade e os elementos que consideravam relevantes para o planejamento.

A análise dos dados evidenciou que algumas ações antecedem o planejamento da atividade como, por exemplo, o conhecimento da turma para entender suas necessidades pedagógicas e suas características específicas, conforme mencionado pelo entrevistado E6: *“[...] eu procuro fazer o planejamento dependendo da maturidade da turma. Então, isso vai depender da disciplina [...]”*. Dessa forma, como uma primeira etapa do planejamento, foi levado em consideração que a pesquisadora deveria dedicar tempo para conhecer a turma, identificar de quais cursos eram esses estudantes, explorar temáticas e assuntos de seu cotidiano e de sua profissão que possuíam alguma relação com o tema da atividade prática a ser planejada e que poderiam contribuir para sua atuação profissional. Nesse sentido, as informações adquiridas nesse processo foram essenciais para nos ajudar a pensar nas etapas e na estrutura da atividade prática.

No que se refere ao planejamento da atividade, uma das principais preocupações apontadas pelos docentes diz respeito à necessidade de uma familiarização prévia dos

estudantes com os EDCR. Por se tratar de um recurso relativamente novo no âmbito do ensino, é comum que os alunos apresentem dificuldades em compreender sua natureza, confundindo-o, muitas vezes, com uma simulação, sem entender adequadamente seu funcionamento ou os objetivos da atividade proposta. Diante disso, os docentes sugerem a inclusão de um momento introdutório voltado à apresentação do experimento, explorando sua interface, as formas de controle do experimento e os procedimentos a serem realizados pelos estudantes na atividade, como afirma o entrevistado E5:

*“[...] fazer o experimento remoto, simplesmente entrando lá na interface e fazendo, pode ser muito difícil para o aluno compreender todo potencial do experimento [...] Então, um vídeo permitiria ao professor e aos alunos se familiarizarem com o experimento, antes de fazer.”*

Como forma de atender a essa recomendação, o roteiro da atividade prática realizada pelo grupo experimental incluiu, na seção inicial, uma apresentação do Labremoto, com uma breve explicação do projeto e seus objetivos, além de um vídeo apresentando os experimentos do laboratório. Além disso, a seção continha ainda uma descrição do experimento, explicando seu funcionamento e aspectos da interação do usuário com a sua interface. Vale ainda destacar, que no período dedicado ao conhecimento da turma, que antecedeu o planejamento da atividade, a pesquisadora já havia introduzido os EDCR aos estudantes por meio de conversas sobre a natureza e os objetivos do recurso, o funcionamento e controle dos experimentos, bem como o acervo disponível no site do Labremoto, com ênfase no experimento "Anel de Thomson". Dessa forma, os estudantes foram previamente preparados e familiarizados com o recurso e o funcionamento do mesmo.

Para além dessa etapa inicial, outros direcionamentos relevantes foram apontados pelos docentes para o planejamento da atividade. Um deles refere-se às características da atividade proposta que, por envolver o controle e o monitoramento remoto do experimento, permite, segundo os entrevistados, uma ênfase na aprendizagem do conteúdo, em vez de priorizar os procedimentos experimentais, como normalmente ocorre nas práticas de laboratório tradicional. Tal aspecto se justifica pelo fato de que os estudantes não precisam se preocupar com a montagem física do aparato experimental, e as etapas de coleta de dados, embora ainda exijam atenção e rigor devido às possibilidades de erros inerentes às práticas experimentais com EDCR mencionadas anteriormente, são facilitadas por meio dos comandos enviados pela interface do usuário, como aponta o entrevistado E6: *“[...] eu inseriria um foco no aprendizado de conteúdo, porque o procedimento não vai ser tão fundamental assim.”*

Outra característica da atividade sugerida pelos docentes, que inclusive contribui para a condução desta investigação, refere-se à realização da mesma em grupos. Essa estratégia permite e estimula a troca de ideias entre os estudantes, amplia as oportunidades para discussão e análise dos resultados obtidos e seus significados, além de favorecer o desenvolvimento de habilidades sociais e a construção coletiva do conhecimento, como apontado na fala do entrevistado E1: “[...] *a gente poderia fazer um experimento em um grupo assim, eu acho que todo o grupo discutindo é legal*”.

No que diz respeito à estrutura do roteiro da atividade, os docentes sugerem a abolição de um roteiro fechado e tradicional para trabalhar com o experimento remoto, permitindo que os estudantes sejam estimulados a formular hipóteses próprias e desenvolver habilidades investigativas, como aponta o entrevistado E6: “[...] *eu não faria um roteiro tão esmiuçado, porque não vai ter que fazer os procedimentos laboratoriais, mas seria um roteiro mais focado no que o aluno tem que prestar atenção, mais aberto*”. Esse direcionamento foi incorporado na elaboração do roteiro utilizado pelo grupo experimental, que adotou um formato mais aberto e investigativo.

Em vez de apresentar um passo a passo rígido, semelhante a uma “receita de bolo”, seguido por uma análise quantitativa dos dados com o objetivo de verificar uma lei ou obter um resultado previsível pela teoria, foram propostas questões que exigem reflexão e discussão entre os estudantes para sua resolução. O roteiro incentivava uma análise crítica do experimento remoto utilizado, estimulando os estudantes a observarem detalhadamente as respostas e comportamentos do experimento em função dos comandos enviados, promovendo a articulação dessas observações com os princípios físicos subjacentes aos fenômenos observados. Além disso, o roteiro permitiu reflexões sobre o que poderia acontecer ao modificar algumas condições do experimento, levando os estudantes a elaborar explicações fundamentadas tais mudanças.

Foram identificados ainda direcionamentos relativos à necessidade de planejar uma prática experimental contextualizada, vinculada a situações do cotidiano dos estudantes e às suas futuras profissões. Segundo os entrevistados, essa aproximação entre a prática experimental e os interesses ou vivências dos estudantes contribui para que as atividades práticas não estejam desconectadas do desenvolvimento de habilidades e da construção de conhecimentos necessários para a atuação profissional a ser vivenciada pelos estudantes, conforme ressaltado pelo entrevistado E6:

*“[...] eu acho que os laboratórios que a gente tava aplicando eram mais coisa da cabeça da gente do que necessidade para o curso, para formação dos engenheiros [...] você poderia fazer coisas mais direcionadas, né, para área deles.”*

Por fim, os docentes também forneceram orientações relacionadas às formas de avaliação dos estudantes após a realização da prática experimental com o EDCR. No contexto das práticas tradicionais de laboratório, a avaliação geralmente se dá por meio da elaboração de um relatório, no qual os estudantes descrevem o procedimento realizado, apresentam os dados coletados, realizam a análise desses dados e verificam se os resultados confirmam a teoria estudada. Contudo, visando ir na contramão dos padrões engessados e pouco investigativos dessas práticas, os docentes sugerem que, em vez de solicitar um relatório formal, cuja finalidade muitas vezes não é clara para os estudantes, seja proposta uma apresentação das experiências vivenciadas durante a atividade, acompanhada de uma autoavaliação de seu desempenho na prática realizada, conforme podemos identificar nas falas dos entrevistados E5 e E8:

*“o relatório é outra coisa que eu aboli porque é cópia da cópia. E hoje com internet chat GPT os alunos só copiam [...] uma coisa que eu tenho feito, são vídeos curtos [...] eu digo para a equipe: ‘agora vocês vão gravar um vídeo de no máximo em 3 minutos, contando como foi a experiência e os resultados que vocês já tiveram.’ Eles fazem ali na minha frente e os resultados são muito bons.” (E5)*

*“a avaliação para mim sempre é assim: eu acho que os alunos têm que aprender a ter um processo de autoavaliação de autocrítica [...]” (E8)*

Buscando atender a essas orientações, solicitou-se que os estudantes respondessem, ao longo da realização da atividade experimental, às questões de caráter investigativo presentes no roteiro, por meio de um formulário. Dessa forma, foi possível registrar aspectos relacionados às potencialidades da atividade proposta, bem como às mudanças conceituais na aprendizagem dos estudantes acerca do tema, para fins avaliativos posteriores. Foi aplicado ainda um questionário, cuja construção será detalhada na seção 4.4, com o objetivo de fornecer aos estudantes um espaço para a autoavaliação de seu desempenho durante a prática, além de permitir que eles pudessem relatar suas experiências, considerações e sugestões em relação à utilização dos EDCR.

## 4.2 Construção e aplicação da proposta de atividade experimental

A partir da análise da quarta categoria, intitulada “Possibilidades para o planejamento de aulas práticas”, foi possível identificar os direcionamentos apresentados pelos docentes em relação aos aspectos considerados essenciais no planejamento e na elaboração de atividades práticas utilizando os EDCR. Os principais pontos destacados concentram-se na estrutura dos roteiros, na introdução prévia dos experimentos remotos aos estudantes e no conhecimento da turma e de suas demandas didático-pedagógicas.

Durante as entrevistas, os docentes ressaltaram a importância de conhecer o perfil da turma, de modo a adequar os objetivos da atividade às necessidades pedagógicas dos estudantes. Portanto, a pesquisadora optaram por acompanhar a turma ao longo de todo o semestre letivo, e não apenas durante os dias reservados à atividade experimental. Essa decisão possibilitou um contato mais próximo com os estudantes, permitindo a identificação dos cursos aos quais pertenciam, bem como a obtenção de informações relevantes acerca das características da turma. Nesse contexto, foram promovidas interações com os discentes, ocasião em que se realizou a apresentação do Labremoto, com explicações sobre o acesso ao site, o funcionamento da interface e os objetivos do projeto. Essa etapa foi essencial para atender à recomendação dos docentes quanto à necessidade de familiarizar previamente os estudantes com os experimentos remotos, seu propósito e seu funcionamento.

A partir desse contato inicial, deu-se início ao planejamento da atividade prática. Considerando as potencialidades atribuídas ao Labremoto pelos docentes, em especial a flexibilidade de acesso oferecida por esse recurso, optou-se por permitir que a realização da atividade experimental ocorresse fora do horário regular de aula e que fosse realizada em equipe, como também sugerido pelos docentes entrevistados. Para viabilizar a realização do experimento dispensando a mediação direta de um docente, optou-se por elaborar um roteiro que fornecesse os direcionamentos necessários aos estudantes no decorrer da investigação. Vale destacar que a construção desse roteiro considerou as sugestões manifestadas pelos docentes durante as entrevistas, embora uma parcela significativa tenha se declarado contrária ao uso desse tipo de material em práticas com experimentos remotos. Ainda assim, tendo em vista os objetivos da pesquisa, optou-se pela sua adoção, porém com um foco mais investigativo, voltado mais às perguntas que aos procedimentos experimentais.

O roteiro elaborado foi estruturado e dividido em etapas. Inicialmente, apresentou-se uma introdução ao projeto Labremoto, acompanhada de um vídeo com informações sobre os experimentos e sobre o projeto, além de orientações relativas ao acesso e ao controle dos

experimentos por meio da interface web. Na sequência, o roteiro introduziu o experimento que seria utilizado, com uma breve contextualização dos conceitos físicos envolvidos e uma explicação sobre seu funcionamento. A seguir, apresenta-se uma descrição mais detalhada do experimento “Anel de Thomson”, utilizado pelos discentes e que se encontra disponibilizado no site do Labremoto, a fim de situar o leitor quanto às suas características.

Além das orientações para a realização do experimento, o roteiro também incluía uma proposta investigativa na forma de perguntas que os discentes deveriam responder no decorrer da realização do processo experimental. O foco da atividade consistiu na aprendizagem do conteúdo de indução eletromagnética, conforme as orientações fornecidas pelos docentes nas entrevistas.

Entre os principais direcionamentos identificados, destacou-se a recomendação pelo uso de roteiros mais abertos e com caráter investigativo, em contraposição àqueles estruturados de forma excessivamente prescritiva e com pouca flexibilidade, comumente comparados a “receitas de bolo”. Alinhando-se a essa orientação, a proposta investigativa incluída no roteiro foi desenvolvida de modo a oferecer aos estudantes certa autonomia, ainda que contasse com instruções iniciais necessárias à realização do experimento. Assim, buscou-se garantir um equilíbrio entre orientação e liberdade de investigação.

Os três primeiros passos da proposta investigativa consistiam em instruções referentes à realização do experimento, indicando aos estudantes quais comandos deveriam ser selecionados e quais procedimentos deveriam ser realizados. Simultaneamente, solicitava-se que, em cada um desses passos, os estudantes registrassem suas observações, descrevendo o que ocorreu ao executar determinado comando, quais eram as características do experimento e quais fenômenos puderam ser percebidos a partir da execução dos comandos enviados.

Na etapa seguinte, foram propostas questões orientadoras cujo objetivo era instigar a investigação dos princípios físicos que permeiam o experimento. Entre elas, destacam-se perguntas como: “A corrente na bobina é alternada ou contínua? Como é possível inferir essa informação a partir do experimento?”; “O anel superior de uma das bobinas exerce alguma influência sobre o anel inferior?”; e “Considerando a hipótese de que o anel inferior não se eleva porque o anel superior o impede, de que maneira seria possível refutar essa suposição utilizando apenas o experimento remoto?”. Essas perguntas foram elaboradas com o intuito de provocar maior reflexão, incentivando a formulação de hipóteses, a interpretação dos resultados e o desenvolvimento do raciocínio científico.

Após esses procedimentos, os estudantes foram orientados a realizar dez medições da corrente elétrica na bobina B ao longo de um intervalo de cinco segundos. Com base nesses

dados, deveriam organizar uma tabela com os valores obtidos e, em seguida, calcular a média e o desvio padrão. O mesmo procedimento foi proposto para a bobina A, permitindo uma posterior comparação entre os valores médios e a variabilidade das correntes observadas nas duas bobinas. Além dessas etapas, foram incluídas questões que buscavam aprofundar a compreensão dos estudantes sobre o controle da bobina A.

Com o objetivo de sistematizar o registro das respostas às questões da atividade, bem como facilitar o envio das tabelas e dos cálculos realizados, optou-se pela utilização de um formulário desenvolvido na plataforma Google Forms. Tanto o formulário de envio dos resultados quanto o roteiro da atividade encontram-se disponíveis no Apêndice F para consulta do leitor.

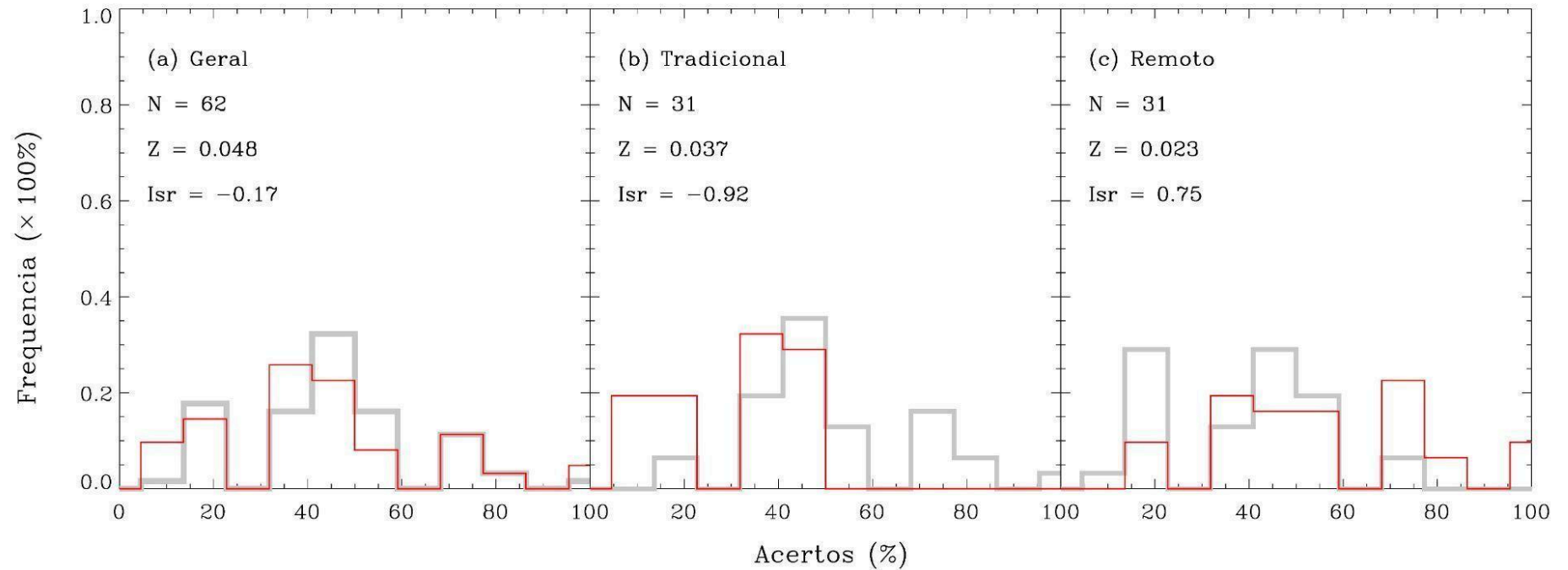
### **4.3 Estudo quase-experimental**

Os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste para os grupos controle e experimental permitem investigar diferenças que sejam estatisticamente relevantes entre as abordagens, especialmente no que se refere ao aumento ou diminuição do índice de acertos.

No contexto desta investigação, cabe analisar se a intervenção resultou em alterações mensuráveis na distribuição desses índices, o que poderia indicar uma melhoria ou um declínio relativamente ao desempenho dos estudantes. Para averiguar objetivamente o impacto das intervenções foi adotado um teste estatístico não paramétrico para determinar a probabilidade de que duas distribuições - o pré-teste e o pós-teste - possuam a mesma função de distribuição, considerando um nível de significância de 5%. Esse teste foi o U de Mann-Whitney, ou teste Wilcoxon-Mann-Whitney. Além de verificar se as intervenções produziram mudanças significativas, é necessário algum critério para dizer se essas mudanças foram positivas ou negativas. Dessa forma, empregamos a função proposta por Caetano, Moreira e Rezende Júnior (2024).

Os dados foram organizados e representados graficamente, permitindo a visualização das mudanças ocorridas nas distribuições dos índices acertos do pré-teste e do pós-teste, os quais encontram-se disponíveis na Figura 7.

**Figura 7** - Gráficos das distribuições dos índices de acertos para o pré-teste e pós-teste. A linha cinza indica a distribuição observada no pré-teste, enquanto que a linha vermelha, no pós-teste. N corresponde à quantidade de estudantes que participaram de todo o processo - pré-teste, intervenção e pós-teste. Z indica o resultado do p valor do teste U de Mann-Whitney, ou teste Wilcoxon-Mann-Whitney. O parâmetro Isr refere-se a um índice adotado para indicar se as variações estatísticas são consideradas positivas ou negativas. Valores mais positivos indicam uma melhora no resultado. O gráfico (a) é referente ao conjunto que contém todos os estudantes (62). O gráfico (b) apresenta os resultados apenas para aqueles que realizaram o experimento tradicional e o gráfico (C) apresenta os resultados para os estudantes que realizaram o experimento remoto.



Fonte: a autora

Ao todo, 62 estudantes participaram integralmente das etapas do estudo quase-experimental conduzido. Os gráficos da Figura 7 apresentam as distribuições dos índices de acertos para o pré-teste (linhas cinza) e para o pós-teste (linhas vermelhas), expressas em valores relativos. Os resultados do p valor do teste U de Mann-Whitney está indicado nos gráficos pelo parâmetro Z.

O teste foi aplicado considerando-se um nível de significância de 5%. Valores superiores a esse limite indicam que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de que as distribuições foram geradas pela mesma função de distribuição. Por outro lado, valores inferiores sugerem que essas distribuições diferem de maneira significativa, do ponto de vista estatístico. Em todos os casos apresentados na Figura 7, os resultados apontam alterações significativas entre o pré-teste e o pós-teste, conforme revelado pelo parâmetro Z.

Vale destacar que tais testes identificam a existência de diferenças estatísticas, mas não indicam, por si sós, o sentido da mudança, isto é, se o desempenho melhorou ou se houve redução nos acertos. Por essa razão, recorreu-se adicionalmente ao índice I, calculado segundo a Equação (1), que permite qualificar o sentido da variação observada.

$$(1) \quad \begin{cases} ((F_2(SR) - F_1(SR)) \times (\frac{SR}{\Gamma} - 1)), & \text{se } SR \neq \Gamma \\ (F_2(SR)) - (F_1(SR)), & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O índice I corresponde a uma medida complementar que permite qualificar o sentido da mudança observada entre o pré-teste e o pós-teste. As grandezas com subíndice 2 referem-se aos resultados do pós-teste, enquanto que as grandezas com subíndice 1, às do pré-teste. Analisemos a primeira equação desse sistema. A diferença entre parênteses será positiva sempre que a quantidade de indivíduos com o índice de acertos SR for maior no pós-teste com relação ao pré-teste. Ou seja, sempre que observarmos um aumento na frequência. Esse aumento pode representar algo positivo ou negativo, dependendo de onde ele ocorre relativamente ao eixo x, que contém o índice de acertos. Assim, o parâmetro  $\Gamma$  determina o ponto a partir do qual esse aumento passa a ser algo positivo. Neste trabalho foi considerado o valor de 50% para o parâmetro  $\Gamma$ .

Para SR exatamente igual a  $\Gamma$ , o índice I é simplesmente a diferença entre as frequências observadas no pós-teste e no pré-teste, como mostra a segunda equação do sistema acima. A diferença é sempre um valor entre -1 e 1, uma vez que as frequências estão normalizadas. Para qualquer outro valor, deve-se utilizar a primeira equação. Observa-se que o índice I atribui pesos diferentes para os valores da diferença em função da distância o ponto  $\Gamma$ . Quanto mais distante desse ponto, maior o peso atribuído. Dessa forma, diferenças

observadas na frequência de SR igual a 100%, por exemplo, têm peso maior que diferenças observadas em valores mais próximos de  $\Gamma$ , como 60%.

A combinação entre os testes não paramétricos e o índice I fornece uma análise mais abrangente do efeito produzido pela intervenção. Ao considerar conjuntamente essas métricas, torna-se possível interpretar com maior precisão o impacto relativo das duas modalidades de atividade experimental, tradicional e remota, no que diz respeito ao desempenho dos estudantes.

Na Figura 7, os gráficos apresentam as distribuições de acertos para três condições distintas: o contexto geral, que combina participantes das modalidades tradicional e remota, e cada uma das modalidades tradicional e remota separadamente. Ao analisar o gráfico geral (a), é possível observar um deslocamento da distribuição do pós-teste para valores menores de desempenho, enquanto o pré-teste apresenta maior espalhamento e uma presença mais equilibrada entre categorias intermediárias e superiores de acertos, o pós-teste concentra maior frequência nas faixas mais baixas, entre 20% e 40%. Esse padrão indica que, ao considerar todos os participantes conjuntamente, houve uma tendência predominante de redução no desempenho após a intervenção, refletida na migração para níveis inferiores de acertos.

No gráfico para a atividade tradicional (b) essa tendência é mais expressiva. A distribuição do pré-teste apresenta maior frequência de acertos na região intermediária do gráfico. Já no pós-teste observa-se um aumento na concentração de indivíduos nas regiões inferiores, com aumento expressivo das frequências nas faixas abaixo de 20% e próximo de 40%, e diminuição clara nas categorias mais altas. Esse comportamento sugere que, para os estudantes submetidos à atividade experimental tradicional, a intervenção não resultou em melhoria de desempenho, ao contrário, produziu um deslocamento considerável para níveis mais baixos de acertos, caracterizando uma redução mais acentuada do desempenho em comparação ao conjunto geral. Isso explica o que foi observado no gráfico (a).

Já no gráfico para o experimento remoto (c), por outro lado, o padrão é distinto e apresenta uma direção oposta ao dos demais grupos. Embora o pré-teste e o pós-teste apresentem amplitudes semelhantes, nota-se que no pós-teste houve um leve aumento na concentração de indivíduos nas faixas mais altas do índice de acertos, entre 60% e 80%, acompanhado de uma redução proporcional na frequência em regiões inferiores. Essa redistribuição sugere que, no contexto remoto, a intervenção contribuiu para melhorar o índice de acertos dos estudantes. A distribuição final mostra um movimento mais equilibrado

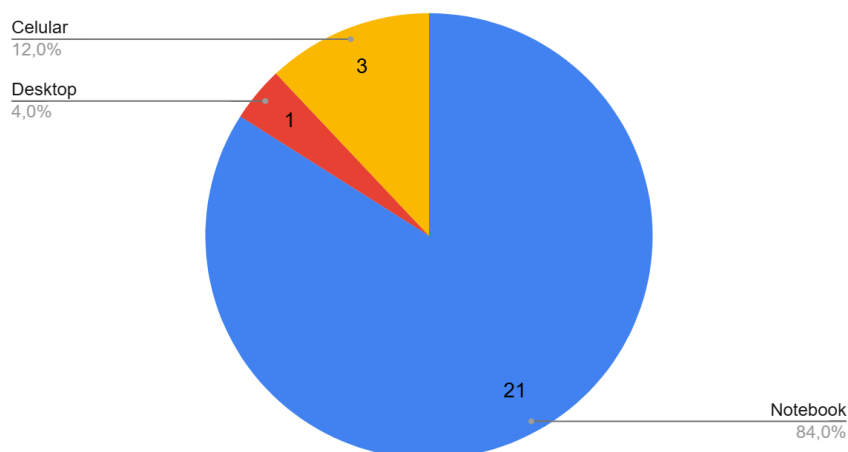
e uma tendência de ganho, diferindo do declínio observado tanto no conjunto geral quanto no grupo tradicional.

Consideradas em conjunto, essas três distribuições revelam que o comportamento agregado do painel geral é fortemente influenciado pelo desempenho do grupo tradicional, cuja queda acentuada no pós-teste acaba por predominar quando os dois grupos são combinados. Ao mesmo tempo, as diferenças encontradas entre os gráficos do tradicional e remoto sugerem que o formato de aplicação da atividade experimental pode ter desempenhado um papel relevante na direção das mudanças de desempenho, uma vez que apenas o grupo remoto apresenta indícios de deslocamento positivo ao longo da intervenção.

#### **4.4 Análise dos questionário com os estudantes**

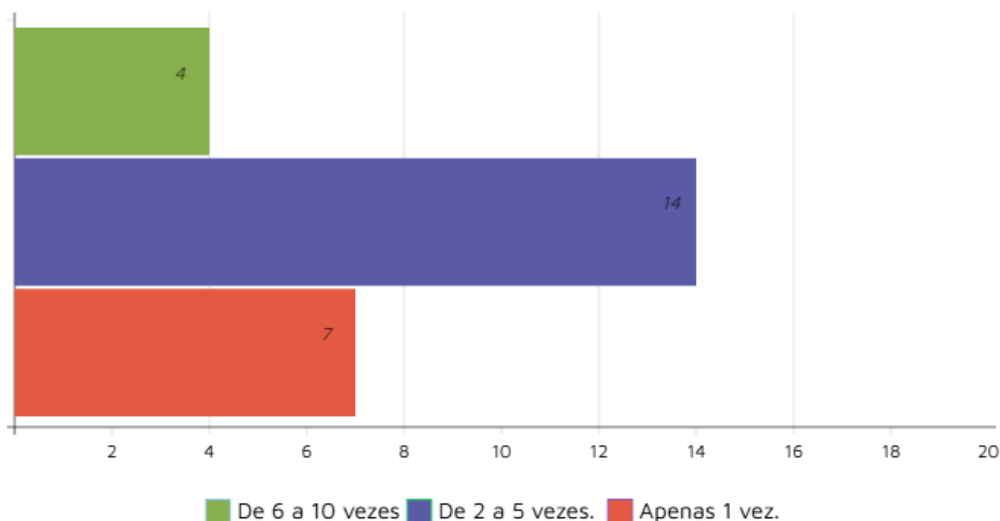
A última etapa deste estudo consistiu na aplicação de um questionário aos estudantes do grupo experimental - disponível no Apêndice G -. Esse instrumento teve como objetivo levantar aspectos relevantes, como facilidades e limitações, relacionados à utilização do experimento remoto e à realização da atividade experimental proposta. O envio aos participantes ocorreu por meio da plataforma Moodle, com prazo de sete dias para preenchimento. Vale destacar que, dos 31 integrantes do grupo experimental, apenas 25 responderam. Composto por questões abertas e fechadas, o questionário explorava aspectos da utilização do EDCR, incluindo sua interface, as respostas do experimento, o roteiro da atividade experimental, o formato de avaliação adotado, a atividade prática realizada e as considerações dos estudantes sobre o uso desse recurso nas aulas de laboratório da universidade.

As primeiras questões exploraram as condições de acesso ao experimento remoto pelos estudantes. Entre os itens investigados estavam o dispositivo utilizado para o acesso, o local de realização da atividade, a velocidade da conexão à internet e a frequência de acesso ao experimento. As respostas a essas questões foram analisadas de forma descritiva, permitindo caracterizar o perfil de acesso dos participantes e identificar possíveis fatores que pudessem influenciar a experiência com o EDCR. Os resultados indicam, por exemplo, a predominância do uso de notebooks para acessar o experimento, conforme o gráfico da Figura 8.

**Figura 8** - Relação de dispositivos utilizados para acessar o EDCR

Fonte: a autora

Percebe-se que a realização da atividade experimental ocorreu majoritariamente em domicílio, pois dos 21 alunos, apenas 4 realizaram a atividade nas dependências da universidade. O acesso ao experimento pelos estudantes foi realizado mais de uma vez, como mostra o gráfico da Figura 9, evidenciando a possibilidade de repetição das coletas, aspecto citado pelos docentes entrevistados como uma vantagem dos experimentos remotos, que permitem que os estudantes revisitem o experimento quantas vezes forem necessárias.

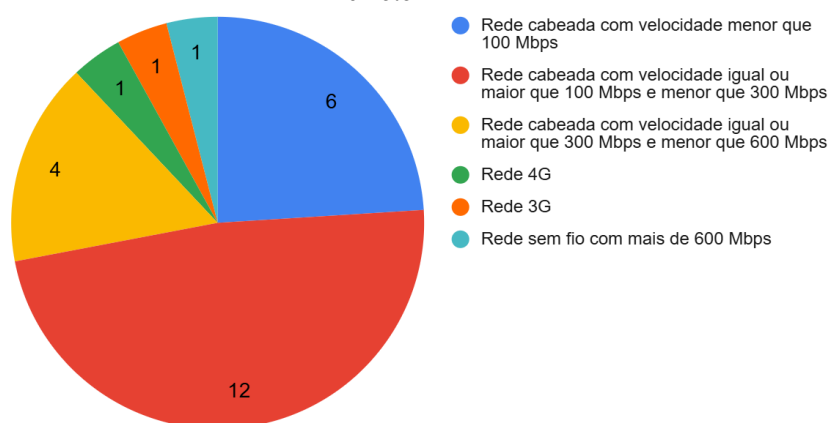
**Figura 9**- Quantidade de acessos ao EDCR para a realização da atividade experimental

Fonte: a autora

No que diz respeito às variações na velocidade de conexão para acessar o experimento remoto, os resultados mostram uma predominância de conexões de média a alta velocidade. Dos 25 participantes, 12 utilizaram rede cabeada com velocidade entre 100 e 300 Mbps,

enquanto 6 participantes acessaram o experimento com rede cabeada inferior a 100 Mbps. Conexões mais rápidas foram observadas em apenas 4 estudantes com rede cabeada entre 300 e 600 Mbps e em 1 estudante com rede sem fio superior a 600 Mbps. O uso de redes móveis foi pouco frequente, com apenas um estudante acessando via 4G e outro via conexão 3G. Esses dados podem ser observados no gráfico da Figura 10.

**Figura 10** - Velocidade de conexão à internet utilizada pelos estudantes para acesso ao experimento remoto

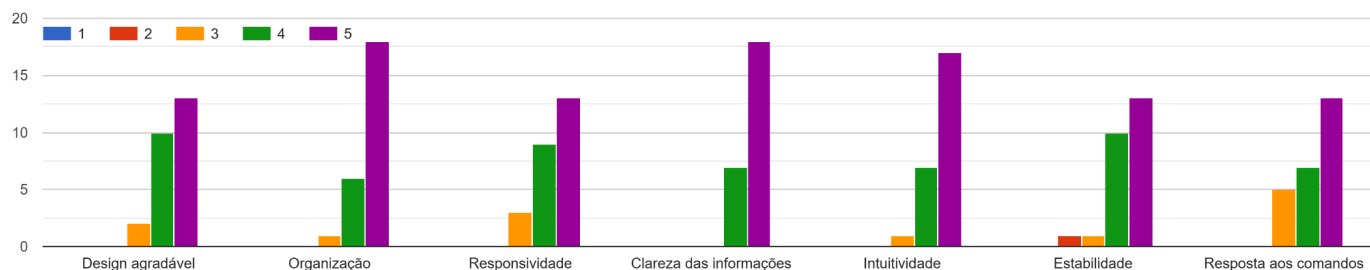


Fonte: a autora

De modo geral, a maioria dos estudantes contou com condições de acesso adequadas, o que sugere que a velocidade da internet, na maior parte dos casos, não constituiu um fator limitante para a realização das atividades experimentais remotas. No entanto, um pequeno grupo com conexões mais lentas ou móveis pode ter enfrentado dificuldades na utilização do recurso e, conseqüentemente, na execução da atividade experimental. Vale destacar que todos os estudantes afirmaram que o experimento respondeu corretamente aos comandos enviados pela interface e, ao serem questionados sobre o atraso de resposta, a maioria o classificou como praticamente desprezível.

A análise das respostas dos estudantes em relação à interface gráfica do experimento didático controlado remotamente (EDCR) indica uma percepção geral positiva. Em uma escala de 1 a 5, em que 1 corresponde a “muito ruim” e 5 a “muito bom”, a maioria das avaliações realizadas pelos estudantes concentrou-se em notas mais altas, como 4 e 5, para todos os aspectos avaliados, como mostra a Figura 11.

**Figura 11** - Distribuição das respostas dos estudantes relativas à avaliação da interface gráfica do experimento remoto.



Fonte: a autora

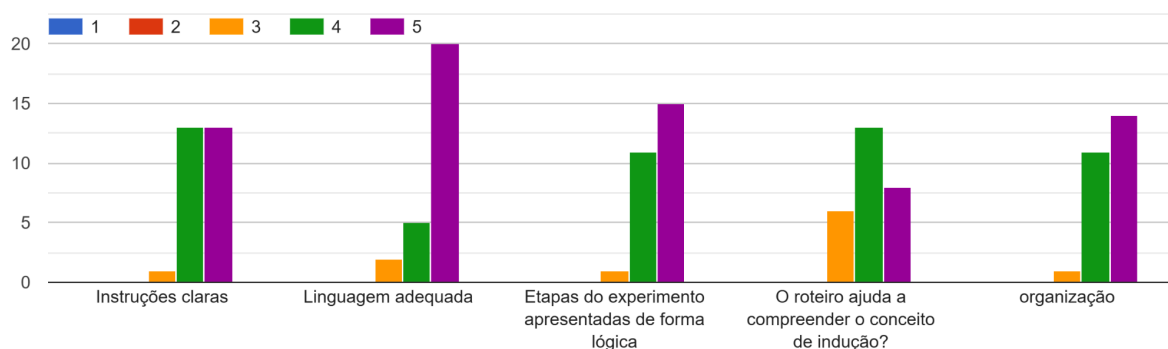
Aspectos como organização, clareza das informações e intuitividade receberam o maior número de avaliações máximas, sugerindo que os estudantes consideram a interface bem estruturada e de fácil compreensão. O design agradável e a responsividade também obtiveram avaliações majoritariamente positivas, embora com uma leve concentração de notas 4, indicando espaço para melhorias estéticas ou funcionais, como por exemplo, a criação de um novo site para o Labremoto que já vem sendo desenvolvido.

Quanto à estabilidade e à resposta aos comandos, observou-se também uma predominância de notas altas, o que corrobora a percepção dos estudantes de que o experimento respondeu corretamente às interações enviadas pela interface e que não houve dificuldades significativas. Assim, de modo geral, os resultados indicam que a interface do EDCR atendeu às expectativas dos usuários e proporcionou uma experiência satisfatória em termos de usabilidade e funcionalidade.

Entretanto, cabe destacar que um estudante apontou a impossibilidade de alterar a tensão na bobina como uma limitação do experimento. Esse aspecto pode, de fato, ter restringido a prática realizada, ao impedir que os estudantes testassem outras hipóteses e tivessem maior liberdade para explorar o experimento, interpretar diferentes resultados e até mesmo analisar possíveis erros, investigando suas causas. Contudo, a inclusão dessa funcionalidade no experimento já vem sendo estudada pela equipe do Laboratório Remoto de Ciências, com vistas à implementação de melhorias no experimento Anel de Thomson em um futuro próximo.

No que diz respeito ao roteiro da atividade experimental, os estudantes realizaram uma avaliação por meio da atribuição de notas de 1 a 5, sendo 1 correspondente a “muito ruim” e 5 a “muito bom”, considerando aspectos relacionados à clareza das instruções, à organização do roteiro e à sua contribuição para a compreensão do experimento.

**Figura 12** - Avaliação dos estudantes sobre o roteiro da atividade experimental



Fonte: a autora

Os resultados apresentados na Figura 12 indicam, de forma geral, uma avaliação positiva. Destacam-se, em especial, os aspectos relacionados à clareza das instruções, à linguagem utilizada e à organização do roteiro, sugerindo que a estrutura proposta foi adequada ao contexto de utilização do experimento didático controlado remotamente (EDCR) e favoreceu a realização da atividade pelos estudantes. Observa-se, contudo, uma maior dispersão nas respostas referentes à contribuição do roteiro para a compreensão conceitual, o que indica que, embora bem avaliado do ponto de vista organizacional, o roteiro não foi percebido de forma homogênea como suficiente para promover, de modo autônomo, a compreensão do fenômeno físico investigado. Esse resultado reforça que o roteiro não tem como função central, por si só, garantir a compreensão conceitual do fenômeno, mas orientar a realização da atividade experimental, articulando-se a outros elementos do processo de ensino e aprendizagem que, em conjunto, contribuem para a construção do conhecimento científico.

A interpretação do gráfico pode ser aprofundada pela análise das respostas a outras perguntas do questionário, nas quais os estudantes comparam o roteiro do EDCR com aqueles utilizados em atividades presenciais anteriores. De modo geral, as respostas reforçam a percepção de que o roteiro do EDCR apresentou uma estrutura mais clara, objetiva e intuitiva, aspecto considerado fundamental no contexto remoto. O estudante A8, por exemplo, afirma que “os roteiros são bem parecidos, mas no lado positivo, as informações são mais claras [...]”, enquanto o estudante A13 destaca que “o roteiro online é bem construído, deixando claro os passos necessários”. Essas falas indicam que a organização e o encadeamento lógico das etapas foram reconhecidos como contribuições relevantes do roteiro para o planejamento da atividade prática mediada pelo EDCR.

Outro aspecto recorrente nas respostas refere-se à importância de recursos visuais e da clareza das instruções relacionadas ao uso da interface do EDCR. O estudante A11 aponta que

o roteiro do experimento remoto é mais fácil de compreender justamente por conter “ [...] *imagens com indicações do que é cada item e onde clicar*”, o que evidencia que, no contexto do EDCR, o roteiro assume também a função de mediação técnica entre o estudante e o aparato experimental. Nesse sentido, a integração entre texto explicativo, instruções operacionais e elementos visuais configura-se como um aspecto importante para o planejamento de atividades experimentais remotas, na medida em que favorece a autonomia dos estudantes e contribui para a redução de dificuldades operacionais durante a execução da atividade.

Por outro lado, algumas respostas evidenciam limitações do roteiro no contexto de atividades mediadas por EDCR, especialmente no que se refere à mediação conceitual e à ausência do professor durante a execução da atividade. O estudante A5 observa que “*algumas informações e procedimentos são mais fáceis de entender com a ajuda de um professor [...]*”, indicando que, mesmo com um roteiro claro do ponto de vista operacional, a falta de acompanhamento docente pode dificultar a compreensão de determinados aspectos conceituais.

Nesse sentido, embora o roteiro tenha sido avaliado como organizado e objetivo, surgem alguns desafios relacionados à necessidade de estratégias que auxiliem o estudante na interpretação dos resultados e na tomada de decisões ao longo da atividade, sobretudo em situações em que não há mediação docente imediata. Ao mesmo tempo, é necessário cautela quanto ao grau de direcionamento disponibilizado no roteiro, de modo que respostas não sejam antecipadas e que a autonomia do estudante não seja comprometida. Assim, o planejamento de roteiros para os EDCR deve buscar um equilíbrio entre orientações para apoiar a realização da atividade e abertura para que os estudantes formulem hipóteses, tomem decisões e construam suas próprias interpretações.

É importante destacar ainda algumas potencialidades do roteiro da atividade experimental com o EDCR que podem ser aplicadas nos laboratórios presenciais. O estudante A13 afirma que “*o roteiro remoto segue um passo a passo mais claro, pois precisamos de tudo bem claro para aproveitar bem nosso tempo no laboratório [...] essa forma poderia ser implementada também nos laboratórios presenciais, de modo que os alunos possam gastar menos tempo com a montagem dos experimentos e mais tempo discutindo sobre o que de fato está ocorrendo*”. Essa percepção sugere que a clareza e a objetividade exigidas no planejamento de atividades experimentais mediadas pelos EDCR podem contribuir também para repensar o papel do roteiro nas práticas presenciais, deslocando o foco da execução

mecânica da montagem para a análise, a interpretação e a discussão crítica dos fenômenos físicos envolvidos e de eventuais erros.

Apesar de alguns docentes mencionarem a possibilidade de abolir o uso de roteiros em atividades experimentais remotas, os resultados desta pesquisa indicam que, no contexto analisado, o roteiro desempenhou um papel importante para a realização da prática experimental, principalmente diante da ausência de mediação do professor. Quando elaborado de forma adequada aos objetivos da atividade, considerando as especificidades do experimento controlado remotamente e evitando um excesso de direcionamento que diminua a autonomia do estudante, o roteiro pode ser um roteiro pedagógico importante. Nessas condições, ele não atua como uma simples sequência de procedimentos, mas como um recurso de orientação e apoio à investigação, contribuindo para a organização da atividade, para o auxílio na compreensão do fenômeno e para a reflexão dos estudantes sobre os resultados obtidos.

Por meio do questionário, considerou-se relevante levantar também alguns aspectos que permitissem analisar se a atividade experimental com o experimento remoto contribuiu para a compreensão dos estudantes acerca do conceito de indução eletromagnética. É importante ressaltar que, embora o foco desta pesquisa esteja na investigação das contribuições dos experimentos controlados remotamente para o planejamento de atividades didáticas, e não diretamente na aprendizagem dos estudantes, optamos por incluir essa análise para complementar nossas discussões. Nesse sentido, o questionário incluiu uma questão aberta na qual os estudantes deveriam descrever a montagem experimental e explicar o que ocorreu no experimento realizado.

De modo geral, é possível perceber que a maioria dos estudantes foi capaz de identificar e descrever os principais componentes presentes na montagem do experimento didático controlado remotamente “Anel de Thomson”, tais como bobinas, anéis de alumínio e fonte de alimentação. Em diversas respostas, entretanto, é possível identificar que as descrições concentram-se nos elementos da montagem do experimento, com ênfase nos componentes físicos, com poucas referências aos conceitos e fenômenos físicos envolvidos no experimento. Esse tipo de descrição pode ser encontrada na resposta do estudante A3, que afirma que “*o experimento consiste em 2 bobinas somadas a 2 anéis*”, bem como pela resposta do estudante A9, que menciona apenas “*duas bobinas com 2 anéis cada em sua base*”.

É importante destacar, contudo, que esse tipo de resposta não pode ser interpretado de forma isolada como falta de compreensão conceitual, uma vez que pode estar relacionado a

fatores como a falta de engajamento dos estudantes no preenchimento do questionário, seja pelo fato de a atividade não possuir caráter avaliativo, seja pelo cansaço decorrente do preenchimento de outras questões. Ademais, assim como os docentes entrevistados apontaram, é comum percebermos atualmente o desinteresse e a falta de participação dos estudantes, especialmente em atividades que exigem maior esforço cognitivo e que fogem do padrão de práticas tradicionais de ensino, exigindo que os estudantes saiam de sua zona de conforto.

Esse aspecto também foi mencionado pelos docentes entrevistados nesta pesquisa, que relataram dificuldades em promover o engajamento dos estudantes em atividades inovadoras, particularmente quando estas não estão associadas a avaliações. Assim, as respostas descritivas centradas nas estruturas que compõem o experimento devem ser interpretadas à luz de um conjunto de fatores e contextos diferentes, e não exclusivamente como um indicativo de limitações na aprendizagem ou na compreensão do fenômeno de indução eletromagnética.

Essa interpretação é corroborada pela análise das respostas que apresentaram mais detalhes, nas quais os estudantes foram capazes de articular a descrição da montagem experimental com os conceitos físicos subjacentes ao fenômeno de indução eletromagnética. Nessas respostas, observa-se a mobilização de ideias relacionadas às Leis de Faraday e de Lenz, tais como a variação do campo magnético, a corrente induzida e a interação entre campos magnéticos, o que pode indicar que, ao menos para parte dos estudantes, o experimento remoto contribuiu para a compreensão do fenômeno investigado.

O estudante A16, por exemplo, afirmou que *“quando a corrente elétrica passa pela bobina, um campo magnético variável é produzido, gerando uma corrente induzida no anel metálico (Lei de Faraday)”*, destacando ainda que essa corrente induzida *“cria um campo magnético próprio no anel, que interage com o campo do núcleo”*, resultando no efeito de repulsão observado. Do mesmo modo, o estudante A25 descreveu que *“o campo magnético variável da bobina induz uma corrente elétrica no anel metálico [...]”*, ressaltando que, segundo a Lei de Lenz, essa corrente se opõe à variação do campo magnético original, explicando o movimento do anel.

Algumas respostas mostram ainda que os estudantes foram capazes de identificar elementos importantes da montagem experimental, destacando diferenças entre os componentes do experimento que podem contribuir para a interpretação dos comportamentos observados, como, por exemplo, a distinção entre anéis contínuos e anéis cortados. O estudante A19 descreve: *“[...] na bobina da esquerda, o anel superior é contínuo, enquanto o*

*inferior possui um corte transversal. Já na bobina da direita, os dois anéis são contínuos e idênticos”.*

De forma semelhante, o estudante A12 relata que “[...]duas bobinas estavam visíveis, sendo que na bobina da esquerda havia dois anéis sobrepostos, e o anel superior apresentava uma fissura, diferente do anel inferior que era maciço [...]”. Essas respostas indicam que os estudantes perceberam características da montagem que podem ser relevantes para a discussão dos resultados experimentais, como a ausência de repulsão no anel cortado, ainda que tais relações não tenham sido apresentadas de forma conceitual e explícita nas respostas. Nesse sentido, as falas dos estudantes parecem sugerir um processo de familiarização com o aparato experimental e de reconhecimento de elementos relevantes, o que pode favorecer a formulação de hipóteses e a interpretação dos resultados observados.

Contudo, vale destacar que esse processo nem sempre foi acompanhado pelo uso da linguagem científica de forma adequada, uma vez que, em algumas respostas, os estudantes recorreram a descrições genéricas ou pouco articuladas conceitualmente, indicando que a consolidação dos conceitos e do vocabulário científico ainda se encontra em desenvolvimento. Esse aspecto aponta para a necessidade de momentos de discussão e sistematização das atividades experimentais, a fim de favorecer a apropriação do vocabulário científico e a articulação entre a observação dos fenômenos, os conceitos físicos e a linguagem científica.

As respostas ao questionário também permitiram analisar como a atividade experimental proposta, utilizando o EDCR, foi percebida e avaliada pelos estudantes no contexto das aulas de laboratório. De modo geral, observa-se uma avaliação predominantemente positiva da atividade, especialmente no que se refere à praticidade, à flexibilidade de acesso e à clareza na visualização do fenômeno estudado. Alguns estudantes destacaram que o experimento remoto permitiu a observação do fenômeno de indução eletromagnética de forma mais objetiva, sem as dificuldades impostas pelo processo de montagem do aparato experimental. Esse aspecto é percebido, por exemplo, na resposta do estudante A5, ao afirmar que a utilização do laboratório remoto “[...] oferece uma objetividade muito grande em relação aos fenômenos observados, pois não há preocupação sobre como a montagem foi feita”.

Outro ponto recorrente nas respostas diz respeito à flexibilidade proporcionada pela atividade experimental mediada por um EDCR, associada à possibilidade de acesso ao experimento em diferentes horários e locais. O estudante A22 ressalta que o experimento remoto “[...] permite ao grupo realizar o experimento em um horário que considerar melhor

[...]”, enquanto o estudante A17 destaca que: “[...] além de facilitar nosso aprendizado (o experimento remoto) também nos deu liberdade para estudarmos em horários mais flexíveis”. Essas falas indicam que os estudantes reconhecem um ponto positivo do EDCR como uma estratégia capaz de facilitar o acesso aos experimentos, sobretudo em contextos nos quais o uso do laboratório presencial é limitado. Essa percepção vai ao encontro dos apontamentos feitos pelos docentes entrevistados nesta pesquisa, que também destacaram a flexibilidade e a facilidade de acesso como vantagens associadas ao uso do laboratório remoto no ensino.

Entretanto, as respostas também apontam as limitações percebidas pelos estudantes, sobretudo aquelas relacionadas à ausência do contato físico com os equipamentos e à falta de interação direta com o professor durante a realização do experimento. O estudante A2 aponta como principal diferença em relação ao laboratório presencial a “[...] ausência do contato humano e de tirar dúvidas com o professor.”, enquanto a resposta do estudante A9 ressalta que, no experimento remoto, “[...] não há ajuda para compreender melhor o que está acontecendo”. Além disso, a impossibilidade de montar o experimento e lidar com os erros foi frequentemente mencionada como um aspecto negativo da utilização desse recurso, como aponta a resposta do estudante A4: “o ato de montar um circuito e analisar suas perdas, imperfeições e desafios são parte fundamental do experimento, e esses não são bem replicados no experimento remoto”.

Nesse ponto, observa-se que alguns estudantes associam o experimento remoto à ideia de que não há possibilidade de cometer erros durante a realização da atividade experimental. Tal percepção, pode ser considerada como um equívoco comum, que também foi identificado nas entrevistas semiestruturadas com os docentes. Os experimentos didáticos controlados remotamente não eliminam a ocorrência de erros, mas tendem a minimizar determinadas fontes de imprecisão, relacionadas à montagem do aparato e à leitura e ajuste manual de instrumentos. O uso de interfaces gráficas, sensores e demais componentes presentes no circuito eletrônico do experimento contribuem para a obtenção de medidas mais precisas, sem, contudo, excluir erros de natureza conceitual, interpretativa, entre outras.

Essas percepções sugerem que os estudantes tendem a compreender o experimento remoto como um recurso complementar às práticas presenciais, e não como um substituto integral do laboratório físico. Essa ideia é explicitada na fala do estudante A20: “(o) experimento remoto é uma ótima ferramenta para complementar as aulas de laboratório, porém não substitui a experiência prática de manipular os equipamentos”. Assim, a avaliação dos estudantes aponta para o reconhecimento das potencialidades da atividade experimental mediada por um EDCR, principalmente para o apoio à visualização e à

compreensão de fenômenos abstratos, ao mesmo tempo em que ressalta a importância das experiências presenciais para o desenvolvimento de habilidades práticas e a interação com o aparato experimental, com os colegas e com o professor.

Por fim, algumas respostas chamam atenção para aspectos relacionados às condições em que a atividade experimental é realizada. Embora o experimento remoto permita uma maior flexibilidade de acesso, podendo ser realizado a qualquer momento, a ausência do ambiente físico do laboratório pode, em certos casos, interferir na concentração dos estudantes durante a realização da atividade, conforme aponta o estudante A14: “[...] *não estar em um laboratório me incomoda pela falta de concentração que o ambiente promove*”. Esse fato, no entanto, deve ser analisado de forma contextualizada. Os estudantes estão inseridos em um cenário marcado pelo uso intenso de redes sociais, múltiplas telas e linguagens multimídia, caracterizado pelo consumo frequente de conteúdos rápidos e fragmentados e pela expectativa de respostas imediatas, o que pode afetar os tempos e a qualidade da atenção.

Nesse sentido, a realização da atividade experimental em ambientes não estruturados, como ambientes domésticos, pode causar tais dificuldades. Por outro lado, é importante destacar que o próprio ambiente do laboratório presencial também não está isento desse problema, é possível que conversas entre os colegas, ruídos e interrupções durante a prática experimental também interfiram na concentração dos estudantes. Dessa forma, a concentração não está associada exclusivamente à modalidade de atividade remota ou presencial, mas envolve fatores cognitivos e contextuais mais amplos, indicando a importância dos professores de considerarem essas condições no planejamento e na condução das atividades experimentais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar que contribuições a utilização de experimentos didáticos controlados remotamente (EDCR) pode oferecer para o planejamento de aulas práticas no ensino superior. Para tanto, a pesquisa envolveu três momentos distintos: 1) entrevistas semiestruturadas com docentes; 2) estudo quase-experimental; 3) questionário final com os estudantes.

Através das entrevistas semiestruturadas realizada com docentes que ministram ou já ministraram disciplinas de laboratório, foi possível identificar direcionamentos para o planejamento e para a construção de uma atividade prática utilizando o EDCR “Anel de Thomson”, bem como possíveis contribuições que essas ferramentas podem oferecer às aulas práticas no ensino superior. Além disso, foi possível conceber, planejar e aplicar a atividade prática, cujos principais aspectos de sua estrutura foram apresentados neste trabalho.

No que diz respeito às contribuições dos EDCR para o contexto das aulas de laboratório no ensino superior, os docentes destacaram aspectos como a flexibilidade de acesso ao experimento remoto, a possibilidade de realizar medidas mais precisas e a eliminação de erros decorrentes da utilização de equipamentos complexos ou pouco acessíveis, além do estímulo ao interesse e à participação dos estudantes. Relativamente às contribuições específicas para o planejamento da atividade, os docentes apontam as seguintes possibilidades: i) contextualização com situações relacionadas ao cotidiano dos discentes e às suas futuras profissões; ii) maior foco na aprendizagem do conteúdo; iii) abolição de um roteiro fechado e tradicional para a realização de atividades centradas em EDCR; iv) possibilidade de trabalho em grupo; e v) versatilidade didática para trabalhar diferentes abordagens de atividades experimentais utilizando um EDCR.

Tais contribuições apontadas caracterizam-se como indicativos de que os EDCR podem ser uma ferramenta capaz de oferecer contribuições tanto para o planejamento quanto para a realização de atividades práticas no ensino superior. Apesar dessas possibilidades terem sido destacadas pelos entrevistados no contexto do ensino superior, algumas das considerações aqui apresentadas podem ser também alcançadas na educação básica. Por exemplo, em situações de ausência de laboratórios devidamente preparados para a realização de atividades experimentais ou em casos de ausência de equipamentos, a utilização dos EDCR surge como uma alternativa de democratização do acesso a experimentos de diferentes áreas da ciência. Outras potencialidades deste recurso que foram apontadas também podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem na educação básica, desde que haja um

planejamento adequado às necessidades específicas de cada turma e às características da atividade experimental.

Apesar das contribuições identificadas, os resultados também apontam algumas limitações desse recurso, entre as quais se destacam a limitação do acervo e das possibilidades de montagem experimental, a ausência de interação física direta com o experimento e a escassez de materiais de apoio disponíveis para auxiliar o docente. Tais limitações não invalidam as contribuições associadas aos EDCR, mas indicam que, para alcançar bons resultados, sua utilização requer um planejamento adequado e articulado tanto com as características das turmas às quais a atividade prática se destina quanto aos objetivos didáticos da mesma.

Essas limitações, em especial as referentes à limitação do acervo e da montagem experimental, apontam para a necessidade de investimentos contínuos no desenvolvimento e na manutenção dos laboratórios remotos. Em particular, no caso do Labremoto, o objetivo do projeto não consiste apenas em desenvolver um acervo com centenas de experimentos, sem se atentar à qualidade dos mesmos, mas prioriza a construção de experimentos que possam ser utilizados pelos docentes de forma versátil, capazes de subsidiar atividades de demonstração, verificação e, principalmente, de investigação, característica pouco frequente em outros laboratórios encontrados na rede. Aspectos esses que demandam tempo e, conseqüentemente, recursos financeiros que nem sempre estão disponíveis.

Além disso, a presente pesquisa não tem o propósito de defender a utilização exclusiva dos EDCR em substituição aos experimentos tradicionais de bancada, mas, ao contrário, busca apresentar uma alternativa complementar, capaz de diversificar estratégias pedagógicas e ampliar as oportunidades de aprendizagem no ensino superior.

Em relação ao estudo quase-experimental, os dados indicam comportamentos diferentes entre as modalidades de atividade prática realizadas (presencial e remota). Os resultados da análise da distribuição de acertos dos estudantes apontam para uma redução do desempenho no pós-teste, o que a primeira vista poderia indicar que a atividade prática planejada com base nos direcionamentos dos docentes não contribuiu para o desempenho dos estudantes e para a aprendizagem do conceito de indução eletromagnética. No entanto, esse resultado corresponde a uma junção da distribuição de acertos do grupo controle, que realizou a atividade tradicional, e o grupo experimental, que realizou a atividade planejada centrada em um EDCR. Como o índice de acertos do grupo submetido à atividade experimental tradicional foi baixa, o resultado da distribuição geral foi influenciado negativamente. Ao contrário, os estudantes que realizaram a atividade por meio do experimento remoto

apresentaram indícios de manutenção e leve progressão do desempenho, sugerindo uma resposta positiva à intervenção.

Embora a interpretação desses resultados exija certo cuidado, eles indicam que a atividade experimental centrada no EDCR pode ter contribuído para o melhor desempenho dos estudantes do grupo experimental, uma vez que este apresentou um deslocamento positivo para faixas mais elevadas de acertos após a intervenção realizada. Nesse sentido, vale pontuar que os resultados positivos não foram obtidos apenas com a realização da atividade prática utilizando um EDCR, mas seguindo um planejamento orientado por dados obtidos através de entrevistas com docentes que envolviam estratégias de planejamento e condução da atividade.

As percepções dos estudantes, levantadas por meio do questionário final, complementam os resultados das duas primeiras etapas desta pesquisa. De modo geral, os estudantes avaliaram positivamente a atividade experimental mediada pelo EDCR, destacando a praticidade e a flexibilidade de acesso, a clareza na visualização do fenômeno de indução e a possibilidade de repetição do experimento como potencialidades da atividade proposta. No que se refere ao roteiro da atividade, os resultados indicam que a clareza e a organização foram importantes para a realização da atividade prática no formato remoto, principalmente devido à ausência de mediação docente no momento de sua realização. Ao mesmo tempo, as respostas dos estudantes evidenciam que o roteiro, por si só, não garante a compreensão conceitual do fenômeno investigado, assumindo principalmente a função de orientar a execução da atividade e mediar a interação entre o estudante e o experimento.

Esses aspectos reforçam que, para que seja possível aproveitar o potencial que os EDCR podem oferecer, é necessário que os professores também tenham conhecimento das limitações que o recurso pode oferecer, a fim de que possam integrá-los em suas práticas de forma cuidadosa e articulada aos objetivos didáticos propostos. Para isso, é necessário que a formação inicial e a formação continuada dos professores contemplem não apenas a utilização da tecnologia no ensino, mas também promova a reflexão sobre em quais momentos, de que maneira e com quais objetivos pedagógicos e didáticos esses recursos podem ser utilizados, considerando o contexto, as características dos estudantes e os objetivos de aprendizagem a serem alcançados.

Por fim, os resultados e as discussões apresentadas ao longo desta pesquisa tornam evidente que a integração dos experimentos didáticos controlados remotamente aos processos de ensino e aprendizagem é bastante complexa, sendo influenciada pelo contexto da turma, de planejamento da atividade, de aplicação, de realização, entre outros. Nesse sentido,

destacamos que novas investigações devem ser desenvolvidas a fim de ampliar e aprofundar as discussões aqui apresentadas, especialmente por meio de estudos com amostras maiores de participantes e em instituições diferentes. As pesquisas futuras também podem contribuir ao explorar, algumas lacunas no tema, como o papel dos EDCR na aprendizagem e nos processos de avaliação dos estudantes, na formação inicial e continuada de professores, entre outros. Assim, concluímos este trabalho na expectativa de que ele possa ser um ponto de partida para novas discussões e investigações sobre a utilização dos EDCR, de forma crítica e fundamentada, aos diferentes contextos do ensino superior e também da educação básica.

## REFERÊNCIAS

ALÍS, J. C.; PÉREZ; D. G.; PEÑA, A. V.; VALDEZ, P, J. C. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

ALVES, G. R.; FIDALGO, A. V.; MARQUES, M. A.; VIEGAS, M. C.; FELGUEIRAS, M. C.; COSTA, R. J.; BERTRAMO, B. International cooperation for remote laboratory use. NASCIMENTO, M., ALVES, G., MORAIS, E. (eds) **Contributions to Higher Engineering Education**. Singapore: Springer, p. 1-31, 2018.

ANDRADE, S. G. Evolução dos estudos experimentais aplicados à área médica na Bahia. **Gazeta Médica da Bahia**, v. 77, n. 2, 2008.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, R. (Org.) *Questões atuais no ensino de ciências*. p. 53-69. São Paulo: Escrituras, 1998.

AUER, M. E.; AZAD, A.K; EDWARDS, A.; JONG; T. **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. New York: Springer, 2018.

BERALDO, A. L. S.; OLIVEIRA, T; STRINGHINI, D. Laboratórios remotos e virtuais no Brasil com foco no ensino: Uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**, v. 19, n. 1, p. 330-340, 2021.

BRASIL. Decreto nº 14.343, de 7 de setembro de 1920. **Institui a Universidade do Rio de Janeiro**. Diário Oficial da União, Seção 1, 10 set. 1920. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-14343-7-setembro-1920-570508-publicacaooriginal-93654-pe.html>. Acesso em: 09 fev. 2026.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep)**. Notas estatísticas: Censo Escolar 2018. Brasília, DF: Inep, 2019. Disponível em: [https://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/censo\\_escolar](https://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar). Acesso em: 10 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 06 jul. 2025.

BOHUS, C.; AKTAN, B.; SHOR, M. H.; CROWL, L. A. **Running Control Engineering Experiments Over the Internet**. Department of Computer Science. Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, 1995.

BORDIN, G. D.; BEZERRA JUNIOR, A. G. Potencialidades de uso do software de videoanálise tracker em sala de aula no ensino de física. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1, n. 1, 2019.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CAETANO, T. C. Laboratório Remoto de Física: Uma montagem para os experimentos de acústica e hidrostática. **Sisyphus—Journal of Education**, v. 7, n. 2, p. 92-118, 2019.

CAETANO, T. C. O experimento “curva de luz” do Laboratório Remoto de Física: uma proposta de atividade investigativa contextualizada epistemologicamente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210169, 2021.

CAETANO, T. C.; MOREIRA, C. C.; REZENDE JUNIOR, M. F. R. Computer-Aided Experiments (CAE): A Study Regarding a Remote-Controlled Experiment, Video Analysis, and Simulation on Kinematics. **IEEE Transactions on Education**, v. 67, n. 2, p. 245-255, 2024.

CAETANO, T. C.; REZENDE JUNIOR, M. F. R.; SILVA, A. P.; MOREIRA, C. C. The physics remote laboratory: implementation of an experiment on standing waves. **European Journal of Physics**, v. 43, n. 2, p. 025801, 2022.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. G. **Experimental and Quasi-experimental Designs for Research on Teaching**. Chicago: Rand McNally, 1959.

CAMPOS, D.; LIMA, E. J.; MORAES, D. V.; CINTRA, D. D. Laboratório remoto: uma análise do banco de teses e dissertações. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e234111537289-e234111537289, 2022.

CERASOLI, J. F. Escola Politécnica de São Paulo: engenharias políticas no ensino superior paulista nos inícios republicanos. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 17, n. 1, p. 201-220, 2018.

COSTA, D. S.; ROTTA, J. C. G. Os laboratórios de ensino e a formação de professores de Ciências: uma revisão da literatura. **Revista Internacional de Formação de Professores**, p. e024019-e024019, 2024.

CUNHA, L. A. **A universidade crítica: o ensino superior na república populista**. Unesp, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.li10.%25p>. Acesso em: 22 mai. 2025.

DEGENNARO, A. J.; WILKINSON, R. A. **Remote Control and Data Acquisition: A Case Study**. 2000. NASA Technical Memorandum NASA/TM–2000-209634, Glenn Research Center, Cleveland, Ohio, 2000. Disponível em:

<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20000033850/downloads/20000033850.pdf>. Acesso em: 7 nov 2025.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DUARTE, S. E. Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 525-542, 2012.

EDNER, H.; SUNDERMAN, J.; SANDERSSON, L.; SÖDERBERG, M.; ALFREDSSON, L.; PETERSON, J. Mobile remote sensing system for atmospheric monitoring. **Applied Optics**, v. 26, n. 19, p. 4330-4338, 1987.

FLICK, U. **Qualidade na pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FRANÇA, G. H.; LOPEZ, J. V. Experimento de baixo custo para o ensino de física óptica: o caso da Lei de Malus. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, p. e20210423, 2022.

FREITAS D.; VILLANI, A. Formação de Professores de Ciências: Um Desafio sem Limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. **Encontro de Físicos do Norte e Nordeste**, v. 15, p. 1-13, 1997.

GILLHAM, B. **Developing a questionnaire**. London: A&C Black, 2008.

GITAHY, M. L. C. Adaptando e inovando: o Laboratório de Ensaios de Materiais da Escola Politécnica e a tecnologia do concreto em São Paulo. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 7, n. 3, p. 675-690, 2001.

GOMES, V.; MACHADO-TAYLOR, M. L.; SARAIVA, E. V. O ensino superior no Brasil - breve histórico e caracterização. **Ciência & Trópico**, v. 42, n. 1, 2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HOCHMAN, B.; NAHAS, F. X.; OLIVEIRA FILHO, R. S. D.; FERREIRA, L. M. Desenhos de pesquisa. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, p. 2-9, 2005.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.

JAFFE, L. D.; HERRELL, L. M. Cassini/Huygens science instruments, spacecraft, and mission. **Journal of Spacecraft and Rockets**, v. 34, n. 4, p. 509-521, 1997.

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230309, 2024.

JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, p. 1-6, 2014.

**ILABS**. iLabs – Online Laboratories. Disponível em: <https://icampus.mit.edu/projects/ilabs>. Acesso em: 18 nov. 2025.

KANBACH, B. G.; LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. **Razões para a não utilização de atividades práticas por professores de física no ensino médio**. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, v. 16 (2005).

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAM, F. C.; LONGNECKER, M. T. A modified Wilcoxon rank sum test for paired data. **Biometrika**, v. 70, n. 2, p. 510-513, 1983.

LEITÃO, L. I.; TEIXEIRA, P. F. D.; ROCHA, F. S. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 1, p. 18-33, 2011.

LEHER, R. **Universidade e heteronomia cultural no capitalismo dependente: um estudo a partir de Florestan Fernandes**. Rio de Janeiro: Consequência, 2018.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MANZINI, E. J. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em educação. **Revista Percorso**, v. 4, n. 2, p. 149-171, jul./dez, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/10734>. Acesso em: maio, 2025.

MARTINS, I. P.; COUCEIRO, F.; RODRIGUES, A.; TORRES, A. C.; PEREIRA, S., SÁ, P. P.; VIEIRA, R. Laboratório aberto de educação em Ciências: Investigação-Formação-Inovação no ensino das Ciências. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 1-5, 2005.

MASSONI, N. T. Ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica voltada para cursos de Engenharias: análises e perspectivas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 31, n. 2, p. 258–288, ago. 2014.

MATARRITA, C. A.; CONCARI, S. B. Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 27, p. 133-139, 2015.

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

MENZIES, R. T.; CHAHINE, M. T. Remote atmospheric sensing with an airborne laser absorption spectrometer. **Applied Optics**, v. 13, n. 12, p. 2840-2849, 1974.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994.

MIRANDA, G. J. **Elaboração e aplicação de questionários**. In: NOVA, Silvia Pereira de Castro Casa *et al* (org.). Trabalho de Conclusão de Curso: uma abordagem leve, divertida e prática. São Paulo: Saraiva Educação, 2020. p. 216-229.

NOGUEIRA, G. T.; HERNANDES, J. A. Laboratório de Física IV baseado em experimentos de baixo custo: relato de uma experiência de ensino remoto devido à pandemia de COVID-19. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210242, 2021.

NÓVOA, A. **Formação de professores e profissão docente**. In: NÓVOA, A. (Coord.). Os professores e sua formação. Lisboa: Dom Quixote, 1992. Disponível em [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4758/1/FPPD\\_A\\_Novoa.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4758/1/FPPD_A_Novoa.pdf). Acesso em 7 jun. 2025.

OLIVEIRA, C. B. Estados Unidos e o ensino superior brasileiro na ditadura militar. **Tópicos Educacionais**, v. 30, n. 1, p. 222–244, 31 out. 2024.

OLIVEIRA, I. D.; CAETANO, T. C.; OPENHEIMER, Y. L.; SILVA, J. R. N. Aspectos da construção de uma proposta de atividade prática baseada no experimento remoto “Anel de Thomson”. In: **XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF 2024)**. Anais do XX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Recife: SISGEENCO, 2024. Disponível em: <https://www.sisgeenco.com.br/anais/epf/2024/arquivos/T0407-3.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2025.

OLIVEIRA, I. D.; CAETANO, T. C.; SILVA, J. R. N. Construção conjunta de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre indução eletromagnética a partir de um experimento com acesso remoto. In: **XXV Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2023**. Anais do XXV Simpósio de Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2023. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxv/sys/resumos/T0226-2.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2026.

PARREIRA, J. E.; DICKMAN, A. G. Objetivos das aulas experimentais no ensino superior na visão de professores e estudantes da engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20200096, 2020.

PENSTON, M. Remote operation of telescopes. **Nature**, v. 298, n. 5875, p. 603-603, 1982. PERCEB. **Portal de Experimentos Remotamente Controlados para a Educação do Brasil**. Disponível em: <https://perceb.cloud/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PEREIRA, L. N. G.; BARTELMEBS, R. C. Laboratório de Ensino: possibilidades para repensar a extensão universitária na educação em ciências. **Extensão em Foco**, n. 31, 2023.

PERRENOUD, Philippe. Formar professores em contextos sociais em mudança: prática reflexiva e participação crítica. **Revista brasileira de educação**, v. 12, n. 5-21, 1999.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. O ensino de ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 299-331, 2008.

**REXLAB.** Laboratório de Experimentação Remota. Disponível em: <https://rexlab.ufsc.br/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

RIBEIRO, N. C. S. **Potencialidades e limitações de laboratórios remotos: um estudo a partir de Bachelard.** 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1872>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SAAVEDRA FILHO, N. C.; LENZ, J. A.; BEZERRA JUNIOR, A. G.; FLORCZAK, M. A.; GARCIA, V. G. A videoanálise como mediadora da modelagem científica no Ensino de Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 2017.

SAMPAIO, H. Evolução do ensino superior brasileiro. **São Paulo, NUPES, Documento de Trabalho**, v. 8, p. 91, 1991.

SANTOS, A. T.; TAMIASSO-MARTINHON, P.; ROCHA, A. S.; SOUSA, C.; AGOSTINHO, S. M. L. Experimentação em sala de aula: resultados de uma atividade simples realizada no nível médio para ensino de condutividade elétrica. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, 2019.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações** 12. ed. Campinas: Autores Associados, 2021.

SCHWARTZMAN, S. **Formação da comunidade científica no Brasil.** São Paulo: Financiadora de Estudos e Projetos, 1979.

SHOR, M. H.; BOHUS, C.; ATKAN. Second best to being there: An historical perspective. In: ZUBÍA, J.G.; ALVES, G.R. **Using Remote Labs in Education.** Bilbao: University of Deusto, p. 27-52, 2011.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2012.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. e1401, 2017.

SILVA, M. G. S. **Pedagogia universitária e mudança: a reforma dos cursos de graduação pós-LDB de 1996 e suas implicações para a docência em uma instituição comunitária de Santa Catarina—Brasil.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

SILVA NETO, R. F. da. **Laboratórios remotos: análise de arquiteturas e proposta teórica de modelo genérico.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional.** 17.ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

TEIXEIRA, R. **Memória histórica da Faculdade de Medicina do Terreiro de Jesus (1943-1995).** Edfba, 2001. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/memoria-historica-faculdade-medicina.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2025.

TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G.; COLUCI, V. R. Uso de Laboratórios Remotos na educação a distância no Brasil : uma revisão sistemática. **Informática na Educação**, v. 22, n. 2, p. 195–209, 2019.

TUTHILL, J. W. **Program Memorandum: Brazil (FY 1969 & 1968-1973)**. 1967. In: *Opening the Archives: Documenting U.S.-Brazil Relations, 1960s-80s*. Brown Digital Repository. Brown University Library. Disponível em: <https://repository.library.brown.edu/studio/item/bdr:1167834/>. Acesso em: 15 de jun. 2025.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. **História da UFMG**. Disponível em: <https://www.ufmg.br/95anos/historia-da-ufmg/>. Acesso em: 9 fev. 2026.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society: Development of higher psychological processes**. Harvard University Press, 1978.

**WEBLAB-DEUSTO**. WebLab-Deusto: remote laboratories for education. Disponível em: <https://weblab.deusto.es/website/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>. Acesso em: 9 fev. 2026.

**APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entrevistas**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E**  
**ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PARA AULAS PRÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR.”. Este estudo refere-se a uma investigação que está sendo desenvolvida por Isabela Dutra de Oliveira, estudante de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e por Prof. Dr. Thiago Costa Caetano, professor do Instituto de Física e Química da UNIFEI.

Este estudo tem como objetivo averiguar as contribuições que um experimento controlado remotamente pode oferecer para aulas de laboratório no ensino superior. Para isso, iremos empregar em uma aula o experimento “Anel de Thomson”, disponível no acervo do Laboratório Remoto de Ciências da Unifei, ao qual nos referiremos como Labremoto, simplesmente.

Essa fase da investigação busca levantar direcionamentos para a elaboração e aplicação de uma atividade experimental utilizando o experimento remoto citado anteriormente. Para isso, iremos empregar uma entrevista semiestruturada com docentes que ministram ou ministraram aulas práticas nos últimos dois anos em um curso de graduação. A entrevista a ser realizada terá uma duração aproximada de 30 minutos, conduzida em ambiente seguro e reservado. As respostas serão registradas por meio de gravações de áudio, com a autorização do participante, para garantir a fidelidade da análise dos dados.

O roteiro da entrevista foi construído em quatro grandes blocos de perguntas. No primeiro bloco, buscaremos levantar as concepções dos docentes relativamente às modalidades de atividades práticas existentes, suas características, limitações e potencialidades, além de compreender como as suas aulas práticas são realizadas. No segundo, serão exploradas as concepções dos entrevistados no que concerne aos problemas presentes na maneira como as atividades experimentais são realizadas nos laboratórios tradicionais e os encaminhamentos propostos por esses docentes. O terceiro bloco de perguntas terá o objetivo de identificar e explorar os conhecimentos e as experiências dos docentes no que se refere à utilização de experimentos remotos, mais especificamente aqueles pertencentes ao acervo do Labremoto. Por fim, o último bloco se dedicará aos direcionamentos e aspectos relevantes do planejamento de aulas práticas utilizando um experimento remoto, bem como suas potencialidades e limitações.

Para participar desta pesquisa é necessária a assinatura deste termo de esclarecimento. Para a participação dessa pesquisa, não há nenhum custo envolvido, nem lhe será concedida qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou se recusar. A qualquer momento você poderá se retirar da pesquisa. A sua participação é totalmente voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pela pesquisadora.

Podemos considerar como riscos associados a esta pesquisa algum desconforto ou constrangimento durante a realização da entrevista. Para mitigar os efeitos destes riscos adotaremos as seguintes medidas: codifica

- 1) A coleta de dados será conduzida no dia e horário que o entrevistado julgar adequado, respeitando sua disponibilidade;
- 2) A entrevista realizar-se-á em um ambiente acolhedor e de respeito mútuo, onde os participantes serão encorajados a compartilhar suas percepções livremente, sem qualquer julgamento ou avaliação de suas respostas;
- 3) As entrevistas serão gravadas mediante a autorização do participante. Caso o participante não se sinta confortável, a gravação pode ser interrompida, e os dados já registrados poderão ser apagados;
- 4) As gravações serão entregues aos membros da equipe de pesquisadores, que manterão os dados em sigilo e tomarão as medidas cabíveis para preservar o anonimato dos participantes em todas as etapas da pesquisa;
- 5) Não serão realizadas atividades e/ou perguntas que possam ferir a integridade física ou moral dos participantes; não serão feitas questões de foro íntimo, garantindo, assim, o respeito à dignidade dos mesmos. Além disso, não serão emitidos juízos de valor sobre as respostas dadas.
- 6) Os participantes têm o direito de não responder a qualquer pergunta que os faça sentir-se desconfortáveis e podem encerrar a entrevista a qualquer momento sem qualquer consequência;
- 7) Informações sobre a sua identidade serão preservadas através de adequada codificação dos instrumentos de coleta de dados. Especificamente, nenhum nome, identificação de pessoas ou de locais, exceto a universidade e a cidade da instituição onde a pesquisa será realizada, interessa a esse estudo;
- 8) Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos;

Se você se sentir suficientemente esclarecido(a) sobre essa pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o(a) a assinar este Termo.

## DECLARAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do RG \_\_\_\_\_, por meio deste termo, declaro que aceito participar da pesquisa intitulada “LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PARA AULAS PRÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR”. Declaro que fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e as minhas dúvidas foram esclarecidas. Estou ciente que a qualquer momento poderei solicitar informações adicionais e poderei a qualquer momento revogar a autorização para a participação do menor sob minha responsabilidade. Declaro que recebi uma cópia deste termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2024.

Assinatura do(a) participante

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Thiago Costa Caetano

Fone: (35) 3629-1920

E-mail: [tccaetano@unifei.edu.br](mailto:tccaetano@unifei.edu.br)

## **APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido estudantes**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PARA AULAS PRÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR.”. Este estudo refere-se a uma investigação que está sendo desenvolvida por Isabela Dutra de Oliveira, estudante de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e por Prof. Dr. Thiago Costa Caetano, professor do Instituto de Física e Química da UNIFEI.

Este estudo tem como objetivo averiguar as contribuições que um experimento controlado remotamente pode oferecer para aulas de laboratório no ensino superior. Para isso, iremos empregar em uma aula o experimento “Anel de Thomson”, disponível no acervo do Laboratório Remoto de Ciências da Unifei, ao qual nos referiremos como Labremoto, simplesmente.

Essa fase da investigação busca obter informações relacionadas à interação dos estudantes com o experimento, suas percepções, as dificuldades encontradas no acesso site ao laboratório e na execução do experimento, possibilidades de melhorias no experimento e em sua interface, possibilidades para o uso dessa ferramenta em aulas de laboratório, entre outros. Para isso iremos empregar um questionário contendo perguntas abertas e fechadas e que deverá ser disponibilizado aos estudantes através do ambiente Moodle da disciplina de Física Experimental 3, a qual os estudantes envolvidos nesta pesquisa estão matriculados.

Para participar desta pesquisa é necessária a assinatura deste termo de esclarecimento. Para a participação dessa pesquisa, não há nenhum custo envolvido, nem lhe será concedida qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou se recusar. A qualquer momento você poderá se retirar da pesquisa. A sua participação é totalmente voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pela pesquisadora.

Podemos considerar como riscos associados a esta pesquisa algum desconforto ou constrangimento durante a realização dos questionários. Para mitigar os efeitos destes riscos adotaremos as seguintes medidas:

- 1) A coleta de dados será realizada através do ambiente Moodle da disciplina, com a qual os estudantes já possuem familiaridade;
- 2) As respostas serão coletadas e entregues aos membros da equipe de pesquisadores, que manterão os dados em sigilo e tomarão as medidas cabíveis para preservar o anonimato dos participantes em todas as etapas da pesquisa.
- 3) Não serão realizadas atividades e/ou perguntas que possam ferir a integridade física ou moral dos participantes; não serão feitas questões de foro íntimo, garantindo, assim, o respeito à dignidade dos mesmos. Além disso, não serão emitidos juízos de valor sobre as respostas dadas.
- 4) Informações sobre a sua identidade serão preservadas através de adequada codificação dos instrumentos de coleta de dados. Especificamente, nenhum nome, identificação de pessoas ou de locais, exceto a universidade e a cidade da instituição onde a pesquisa será realizada, interessa a esse estudo.

- 5) Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos.

Se você se sentir suficientemente esclarecido(a) sobre essa pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o(a) a assinar este Termo.

## DECLARAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do RG \_\_\_\_\_, por meio deste termo autorizo a minha participação na pesquisa intitulada “LABORATÓRIO REMOTO DE CIÊNCIAS: UM ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PARA AULAS PRÁTICAS NO ENSINO SUPERIOR”. Declaro que fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e as minhas dúvidas foram esclarecidas. Estou ciente que a qualquer momento poderei solicitar informações adicionais e poderei a qualquer momento revogar a autorização para a participação do menor sob minha responsabilidade. Declaro que recebi uma cópia deste termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2024.

Assinatura do(a) participante

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Thiago Costa Caetano

Fone: (35) 3629-1920

E-mail: [tccaetano@unifei.edu.br](mailto:tccaetano@unifei.edu.br)

## APÊNDICE C - Roteiro das Entrevistas



*Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências*  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
*Laboratório Remoto de Ciências*



### **Roteiro Entrevista**

Experimentos controlados remotamente: possibilidades para o planejamento de aulas práticas no ensino superior.

---

- 1) Que modalidades de atividades práticas você conhece? Quais são mais utilizadas na universidade, em sua visão?
  
- 2) Você normalmente realiza suas aulas de que forma? Qual modalidade você mais usa?
  
- 3) Quais são os problemas atuais que você percebe devido à forma com que as atividades nos laboratórios didáticos são realizadas atualmente?  
 O professor tem consciência do problema?
  
- 4) Você consegue pensar em alguma ideia que poderia ajudar a contornar algum desses problemas?
  
- 5) Você já tentou aplicar algum outro tipo de atividade buscando contornar algum desses problemas? Me conte como foi.
  
- 6) Você já ouviu falar de experimentos controlados remotamente?
  - a) Se sim, você já utilizou? Como foi?



*Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências*  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
*Laboratório Remoto de Ciências*



7) Com base nos problemas que você citou, você acha que o experimento remoto poderia auxiliar na superação desses obstáculos? Se sim, como?

8) Você acha que esse experimento afetaria de alguma forma na escolha da modalidade de atividade prática? Como? Por que?

➤ Planejamento de uma atividade prática utilizando o experimento remoto “Anel de Thomson”

- Tempo de duração:
- Objetivo dos encontros presenciais:
- Modalidade escolhida:
- Função do experimento:
- Onde e como o experimento seria utilizado:
- Como seria o roteiro:
- Função dos alunos:
- Função do professor:
- Avaliação do desempenho:

## APÊNDICE D - Formulário de Pré-Teste

### Indução eletromagnética (Pré-teste)

Prezados estudantes,

Esse questionário é parte de uma coleta de dados de uma pesquisa que está sendo conduzida no âmbito do PPGEC - Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências. É importante que respondam a todas as perguntas sem consulta a nenhum tipo de material. O objetivo é entender como a atividade de laboratório contribui para o seu aprendizado sobre os conceitos.

Contamos com a colaboração de todos vocês!

Boa aula!

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail \*
2. Nome completo \*
3. Número de matrícula
4. Turma
  - T04
  - T05
  - T07
  - T09
  - T12
  - T13

#### Tipos de materiais

6. Assinale a alternativa correta \*
  - a. Elementos metálicos são atraídos por ímãs.
  - b. Apenas os materiais condutores são atraídos por ímãs.
  - c. O alumínio é atraído por ímãs.
  - d. É possível mover um anel de alumínio com um ímã.

#### Movimento de um ímã

7. O que acontece quando introduzimos um ímã através de uma espira condutora? \*
  - a. Nada acontece.
  - b. Uma corrente elétrica é induzida na espira desde que o campo magnético no seu interior seja constante.
  - c. Uma corrente elétrica é induzida na espira durante o movimento do ímã e cessa quando o movimento do ímã é interrompido.
  - d. Uma corrente elétrica é induzida na espira e continua quando o movimento do ímã cessa.

#### Campos uniformes

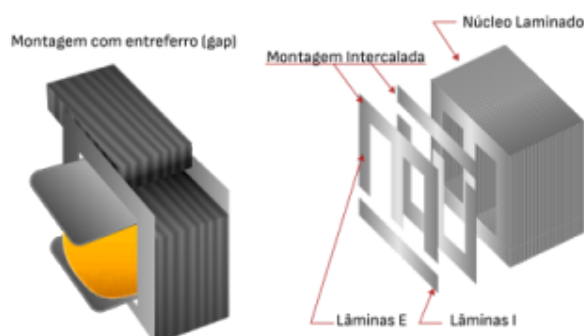
8. Considere uma espira em uma região onde existe um campo magnético uniforme constante perpendicular ao plano da espira. Assinale a proposição correta. \*

  - a. Existe uma força eletromotriz constante induzida entre os terminais da espira quando ela está em repouso com relação ao campo.
  - b. É possível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira apenas transladando-a em qualquer direção.
  - c. É possível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira rotacionando-a.

- d. É impossível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira em um campo uniforme constante.

### Núcleos laminados

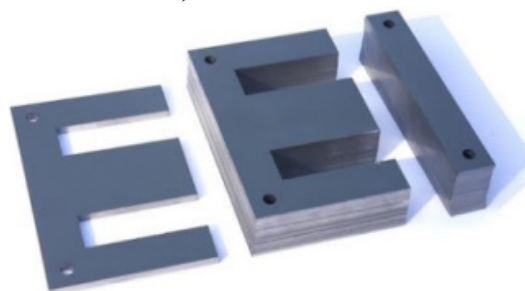
9. Os núcleos de trafos (transformadores) são laminados. Assinale a alternativa que melhor descreve o motivo. \*



- Núcleos laminados são mais fáceis de construir, eliminando a necessidade de usinar grandes blocos de metal e viabilizando a montagem.
- Núcleos laminados funcionam como radiadores de calor, mantendo o trafo sempre a uma temperatura segura de operação.
- Núcleos laminados possuem maior permeabilidade magnética, aumentando a eficiência das transformações.
- Núcleos laminados reduzem o efeito de correntes parasitas, induzidas no material condutor pela variação do campo magnético das espiras.

### Núcleos laminados

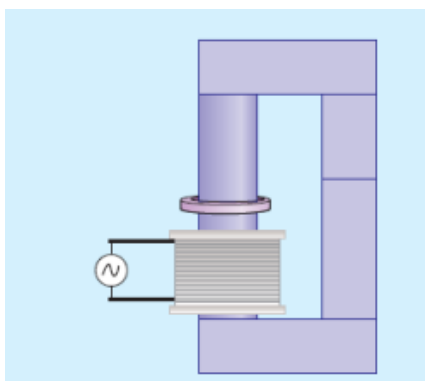
10. Com relação aos núcleos laminados, assinale a alternativa correta.



- Para maior eficiência, as lâminas devem ser ortogonais ao plano das espiras dos enrolamentos primário e secundário.
- Para maior eficiência, as lâminas devem estar no mesmo plano das espiras dos enrolamentos primário e secundário.
- A orientação das lâminas não possui qualquer influência na eficiência das transformações.
- As espiras do primário devem ser paralelas às lâminas, enquanto as espiras do secundário devem ser ortogonais às lâminas.

### Anel de Thomson

11. A figura abaixo mostra um núcleo laminado com uma espira alimentada por uma fonte de tensão alternada. Sobre a bobina existe um anel de alumínio fechado ao redor do mesmo núcleo laminado. O que acontece ao ligarmos a fonte? \*



- a. O anel de alumínio é atraído na direção da bobina por consequência do campo magnético.
- b. O anel de alumínio permanece em repouso, pois é um material paramagnético, não sendo atraído por ímãs.
- c. O anel de alumínio é repellido, pois uma corrente elétrica é induzida no anel e gera um campo magnético oposto ao da bobina.
- d. O anel de alumínio é repellido inicialmente e volta a entrar em repouso após alguns instantes.

### Material ferromagnético

12. O que aconteceria se o anel fosse construído com um material condutor ferromagnético? \*

  - a. Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são mais concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria maior que no anel de alumínio, resultando em um maior aquecimento.
  - b. Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são menos concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.
  - c. Por ser ferromagnético, o anel seria repellido devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são menos concentradas na região mais distante da bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.
  - d. Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são mais concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.

## APÊNDICE E - Formulário de Pós-Teste

### Indução eletromagnética II - (Pós-teste)

Prezados estudantes,

Esse questionário é parte de uma coleta de dados de uma pesquisa que está sendo conduzida no âmbito do PPGEC - Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências. É importante que respondam a todas as perguntas sem consulta a nenhum tipo de material. O objetivo é entender como a atividade de laboratório contribui para o seu aprendizado sobre os conceitos.

Contamos com a colaboração de todos vocês!

Boa aula!

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail \*
2. Nome completo \*
3. Número de matrícula\*
4. Turma\*
  - T04
  - T05
  - T07
  - T09
  - T12
  - T13

#### Movimento de um ímã

5. Imagine um tubo metálico condutor na posição vertical e que alguém abandone um ímã cilíndrico na extremidade mais alta do tubo. Assinale a alternativa que melhor descreve o que acontece: \*

- a. O ímã desloca-se verticalmente em queda livre.
- b. O campo magnético do ímã induz correntes no tubo condutor, sempre com o mesmo sentido, que irão desacelerar o movimento do ímã.
- c. O campo magnético do ímã induz correntes no tubo que irão desacelerar o movimento do ímã. Essas correntes podem ocorrer em ambos os sentidos durante o movimento do ímã.
- d. O campo magnético do ímã induz correntes no tubo que irão acelerar o movimento do ímã.

#### Tipos de materiais

6. Assinale a alternativa correta\*
  - a. O alumínio é atraído por ímãs, portanto é ferromagnético.
  - b. O alumínio não é atraído por ímãs, mas podemos movê-lo com ímã por conta da interação entre o campo magnético do ímã e das correntes parasitas.
  - c. O alumínio não é atraído por ímãs e não existe nenhuma forma de movimentá-lo com um ímã.
  - d. O alumínio por ser atraído por um ímã dependendo da temperatura.

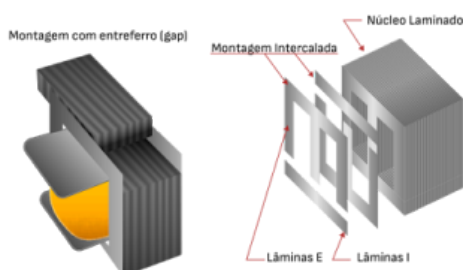
#### Campos uniformes

7. Considere uma espira em uma região onde existe um campo magnético uniforme constante perpendicular ao plano da espira. Assinale a proposição correta.\*

- Existe uma força eletromotriz constante induzida entre os terminais da espira quando ela está em repouso com relação ao campo.
- É possível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira apenas transladando-a em qualquer direção.
- É possível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira rotacionando-a.
- É impossível induzir uma força eletromotriz nos terminais da espira em um campo uniforme constante.

### Núcleos laminados

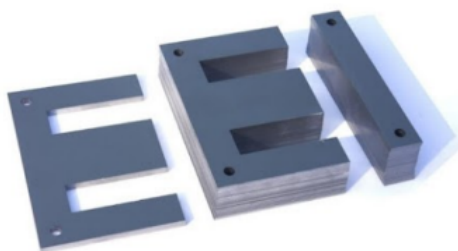
8. Os núcleos de trafos (transformadores) são laminados. Assinale a alternativa que melhor descreve o motivo. \*



- Núcleos laminados são mais fáceis de construir, eliminando a necessidade de usar grandes blocos de metal e viabilizando a montagem.
- Núcleos laminados funcionam como radiadores de calor, mantendo o trafo sempre a uma temperatura segura de operação.
- Núcleos laminados possuem maior permeabilidade magnética, aumentando a eficiência das transformações.
- Núcleos laminados reduzem o efeito de correntes parasitas, induzidas no material condutor pela variação do campo magnético das espiras.

### Núcleos laminados

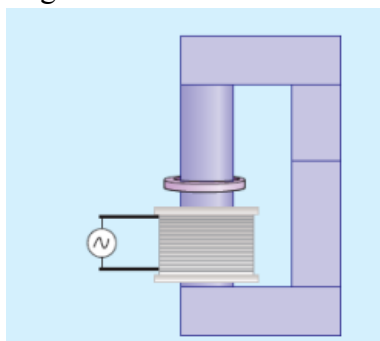
9. Com relação aos núcleos laminados, assinale a alternativa correta. \*



- Para maior eficiência, as lâminas devem ser ortogonais ao plano das espiras dos enrolamentos primário e secundário.
- Para maior eficiência, as lâminas devem estar no mesmo plano das espiras dos enrolamentos primário e secundário.
- A orientação das lâminas não possui qualquer influência na eficiência das transformações.
- As espiras do primário devem ser paralelas às lâminas, enquanto as espiras do secundário devem ser ortogonais às lâminas.

### Anel de Thomson

10. A figura abaixo mostra um núcleo laminado com uma espira alimentada por uma fonte de tensão alternada. Sobre a bobina existe um anel de alumínio fechado ao redor do mesmo núcleo laminado. O que acontece ao ligarmos a fonte? \*



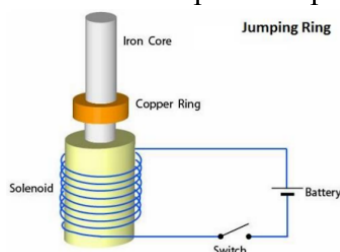
- O anel de alumínio é atraído na direção da bobina por consequência do campo magnético.
- O anel de alumínio permanece em repouso, pois é um material paramagnético, não sendo atraído por ímãs.
- O anel de alumínio é repelido, pois uma corrente elétrica é induzida no anel e gera um campo magnético oposto ao da bobina.
- O anel de alumínio é repelido inicialmente e volta a entrar em repouso após alguns instantes.

### Material ferromagnético

11. O que aconteceria se o anel fosse construído com um material condutor ferromagnético? \*
- Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina.
  - Como as linhas de campo são mais concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria maior que no anel de alumínio, resultando em um maior aquecimento.
  - Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são menos concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.
  - Por ser ferromagnético, o anel seria repelido devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são menos concentradas na região mais distante da bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.
  - Por ser ferromagnético, o anel seria sempre atraído devido ao campo da bobina. Como as linhas de campo são mais concentradas na região próxima à bobina, a corrente induzida seria menor que no anel de alumínio, resultando em um menor aquecimento.

### Segurando o anel

12. O que acontece se segurarmos o anel o mais próximo possível do solenóide?\*



- O anel aquece mais rapidamente pois a corrente induzida é maior.
- Nada acontece.
- O anel aquece menos, pois a concentração das linhas de campo é menor nessa região.
- O anel se acopla magneticamente ao solenóide.

## APÊNDICE F - Atividade Prática Grupo Experimental

### Roteiro da Atividade:



Universidade Federal de Itajubá  
Instituto de Física e Química - IFQ  
FIS412 - Física Experimental III



### Experiência 5: Anel de Thomson

**Professores:** Thiago Costa Caetano e Isabela Dutra

#### 1. O Laboratório Remoto de Ciências

O Laboratório Remoto de Ciências da Unifei, ou simplesmente labremoto, é um laboratório com experimentos didáticos automatizados que podem ser controlados através da internet e monitorados em tempo real (assista ao vídeo disponível em [Laboratório Remoto de Ciências](#)).

Nessa atividade será empregado o experimento “Anel de Thomson”, para que possamos explorar conceitualmente o tema “indução eletromagnética”. Você irá operar a interface do usuário e acompanhar o experimento por streaming de vídeo, na mesma interface, com o objetivo de responderem a algumas questões desafiadoras que buscam instigar sua curiosidade sobre o fenômeno, ou focar sua atenção para certos aspectos que costumam passar despercebidos. Mas antes, aqui estão algumas informações gerais que podem ajudar durante a utilização de um experimento remoto:

1. Os experimentos remotos são experimentos reais. Isso significa que eles existem fisicamente em uma bancada de laboratório e podem ser visitados. Portanto, quando derem um comando, tenham em mente que pode ser necessário um tempo para que a ação seja executada. Isso não representa uma lentidão do sistema ou do computador, apenas o tempo natural das coisas. Caso algo esteja levando mais tempo do que seria esperado, você deve recarregar a página. Em caso de problemas, informe o professor da disciplina para que ele acione o suporte o quanto antes.
2. Apenas um usuário pode acessar o experimento por vez. Quando estiver ocupado, um símbolo de wi-fi vermelho será mostrado no canto superior do banner que identifica o experimento na página de experimentos. É necessário aguardar.
3. As interfaces são bem intuitivas e autoexplicativas.
4. Existem mais de uma câmera disponível no experimento, as quais podem ser permutadas através do droplist na parte superior do vídeo exibido na interface.
5. As configurações de qualidade de vídeo podem ser acessadas na parte inferior do vídeo. Se sua conexão for ruim, pode ser necessário alterar essas configurações para reduzir o delay da transmissão.

#### 2. Acessando o site

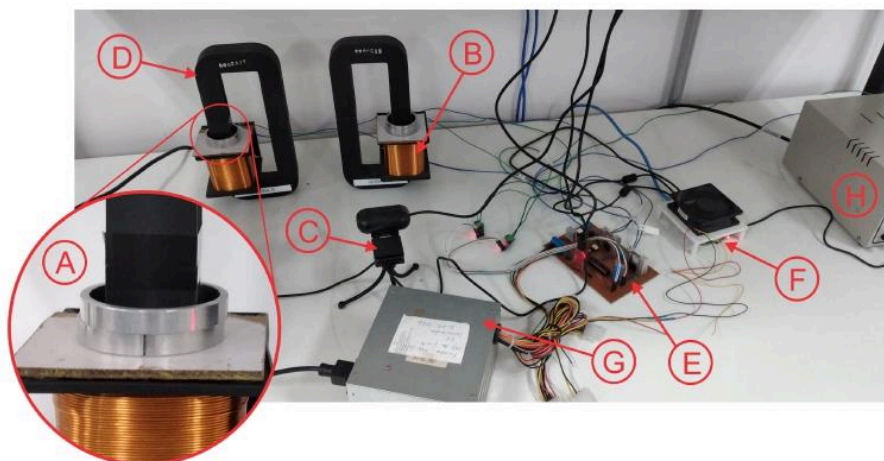


Para essa prática experimental, você deverá acessar o site do Laboratório Remoto da Unifei (Labremoto), disponível em [labremoto.unifei.edu.br](http://labremoto.unifei.edu.br), e selecionar o experimento “Anel de Thomson” na página “experimentos”, no menu lateral esquerdo. A interface dos experimentos do Labremoto permite apenas um acesso por vez. Portanto, no caso de trabalho em grupo, sugerimos as seguintes alternativas:

- a) os integrantes de um mesmo grupo podem se reunir presencialmente para realizar a atividade a partir de um único terminal de acesso.
- b) os integrantes de um mesmo grupo podem se reunir em uma chamada de vídeo e apenas um deles realiza o acesso ao experimento e compartilha sua tela com os demais.

### 3. A montagem do “Anel de Thomson”

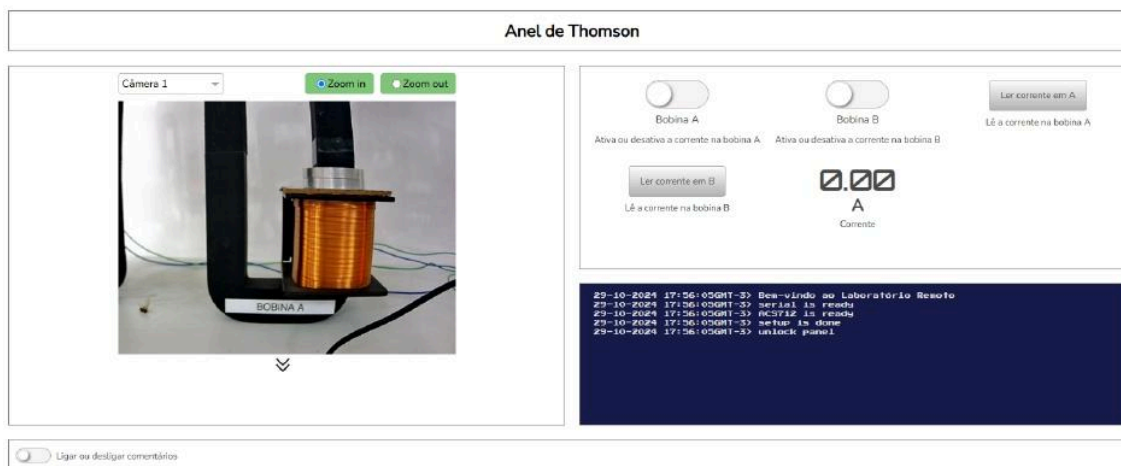
O aparato experimental do “Anel de Thomson” consiste em duas bobinas (**item B**) de 900 espiras atravessadas por núcleos de ferro laminados fechados, conforme a Figura 1. Em cada um dos núcleos de ferro (**item D**) existe um par de anéis de alumínio apoiado sobre a bobina, como pode ser observado no item **A** da figura. No caso da bobina da esquerda, são empregados dois anéis diferentes: o anel inferior possui um corte transversal enquanto que o anel superior é contínuo. Já na bobina da direita, ambos os anéis são idênticos e contínuos.



**Figura 1:** Montagem experimental. a) anéis de alumínio; b) bobina; c) câmera; d) núcleo de ferro; e) circuito eletrônico; f) servidor; g) fonte de alimentação; h) fonte de alimentação AC.

### 4. Proposta de investigação

Acesse o experimento “Anel de Thomson” através do site [labremoto.unifei.edu.br](http://labremoto.unifei.edu.br). Você verá uma interface como a que é mostrada abaixo. Vejamos os principais elementos dessa interface.



Do lado esquerdo é mostrado o vídeo em tempo real do experimento. Repare que na parte superior existe um botão seletor, tipo lista suspensa, para que o utilizador possa selecionar a câmera.

- 1) Troque para a câmera 2 e descreva o que acontece.

Os botões “zoom in” e “zoom out” permitem que você amplie ou reduza a imagem do vídeo. Para isso, clique na região que deseja ampliar ou reduzir após ter selecionado a opção desejada para o zoom.

- 2) Na bobina B, amplie a imagem na região do anel e descreva o que você observa com relação aos anéis. Tente descrever a estrutura deles.

⇒ Ainda com a câmera que mostra a bobina B selecionada, reduza a imagem o máximo possível, se necessário. Para isso selecione a opção “zoom out” e clique em qualquer parte da imagem até que não seja mais possível reduzi-la de tamanho.

- 3) Utilize o “toggle button” (imagem a seguir) para ligar a corrente através da bobina B. Relate o que você observou.



### Perguntas:

- 4) A corrente que percorre a bobina B é contínua ou alternada? Como é possível saber?
- 5) O anel superior exerce alguma influência sobre o anel inferior? Explique.
- 6) Considere a suposição de que o anel inferior não sobe porque o anel superior o impede. De que forma seria possível mostrar que essa suposição é incorreta utilizando apenas o experimento remoto?

O experimento permite medir a intensidade da corrente elétrica através das bobinas.



**Universidade Federal de Itajubá**  
**Instituto de Física e Química - IFQ**  
**FIS412 - Física Experimental III**



- 7) Meça a corrente na bobina B 10 vezes em intervalos regulares de cerca de 5 segundos e construa uma tabela. Determine a média e o desvio padrão desses valores. Apresente a tabela, a média e o desvio padrão em um arquivo.

**Perguntas:**

- 8) O que você acha que aconteceria com o anel se aumentássemos a corrente através da bobina? Por quê?
- 9) O que aconteceria com a corrente elétrica na bobina se pressionássemos o anel flutuante para baixo?

Desligue a corrente na bobina B e selecione a câmera que mostra a bobina A.

- 10) Ligue a corrente na bobina A e descreva o que acontece.
- 11) Realize 10 medidas da corrente na bobina A em intervalos regulares de cerca de 5 segundos. Construa uma tabela e calcule a média e o desvio padrão desses valores.

**Perguntas:**

- 12) Compare as médias das correntes nas duas bobinas, a partir das tabelas que você construiu. O que você conclui? Como explica sua observação?

## Proposta Investigativa

Apresente neste formulário as respostas para as questões propostas no roteiro do experimento "Anel de Thomson".

**- O formulário deve ser respondido individualmente.**

Agradecemos sua participação!

Abraços!

Prof. Thiago e Isabela.

\* Indica uma pergunta obrigatória

- 1) Troque para a câmera 2 e descreva o que acontece. \*
- 2) Na bobina B, amplie a imagem na região do anel e descreva o que você observa com relação aos anéis. Tente descrever a estrutura deles. \*
- 3) Utilize o “toggle button” (imagem a seguir) para ligar a corrente através da bobina B. Relate o que você observou.\*
- 4) A corrente que percorre a bobina B é contínua ou alternada? Como é possível saber?\*
- 5) O anel superior exerce alguma influência sobre o anel inferior? Explique. \*
- 6) Considere a suposição de que o anel inferior não sobe porque o anel superior o impede. De que forma seria possível mostrar que essa suposição é incorreta utilizando apenas o experimento remoto? \*
- 7) Meça a corrente na bobina B 10 vezes em intervalos regulares de cerca de 5 segundos e construa uma tabela. Determine a média e o desvio padrão desses valores. Apresente a tabela, o desvio padrão e a média em um arquivo.
- 8) O que você acha que aconteceria com o anel se aumentássemos a corrente através da bobina? Por quê?\*
- 9) O que aconteceria com a corrente elétrica na bobina se pressionássemos o anel flutuante para baixo?\*
- 10) Ligue a corrente na bobina A e descreva o que acontece.
- 11) Realize 10 medidas da corrente na bobina A em intervalos regulares de cerca de 5 segundos. Construa uma tabela e calcule a média e o desvio padrão desses valores. Apresente a tabela, o desvio padrão e a média em um arquivo.\*
- 12) Compare as médias das correntes nas duas bobinas, a partir das tabelas que você construiu. O que você conclui? Como explica sua observação? \*

## APÊNDICE G - Questionário Final Estudantes do Grupo Experimental

### Questionário Final - Experimento Remoto

Prezados,

Esse é o último questionário do semestre e, com ele, buscamos analisar como foi a interação de vocês com o site do Laboratório Remoto de Ciências - Labremoto - e com o experimento "Anel de Thomson".

Para isso, pedimos que respondam às perguntas com sinceridade. Será atribuída uma nota apenas referente à sua participação.

Agradecemos a participação de todos e também por esse semestre.

Em especial, eu (Isabela), agradeço a todos pela parceria em meu estágio de docência e pela colaboração em minha pesquisa. Foi um prazer trabalhar com vocês!

Abraços,

Isabela e prof. Thiago.

\* Indica uma pergunta obrigatória

---

#### Informações Pessoais

1. Nome \*

---

2. Matrícula \*

---

3. E-mail \*

---

4. De que turma você é? \*

⌵ Dropdown

*Marcar apenas uma oval.*

T04

T05

T07

T09

T12

T13

5. Você é de qual curso? \*

\_\_\_\_\_

6. Qual foi o dispositivo utilizado para acessar o experimento "Anel de Thomson"? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Celular

Notebook

Desktop

Tablet

Outro: \_\_\_\_\_

7. De onde você realizou o acesso? \*

\_\_\_\_\_

8. Quantas vezes você acessou o experimento para realizar a atividade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Apenas 1 vez.
- De 2 a 5 vezes.
- De 6 a 10 vezes
- Mais de 10 vezes

9. O Anel de Thomson foi o primeiro experimento remoto que você acessou/utilizou?

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim. *Pular para a pergunta 11*
- Não *Pular para a pergunta 10*

#### Experiências prévias

10. Qual experimento ou laboratório remoto você acessou? Conte brevemente como foi sua experiência. \*

---

---

---

---

---

#### Aspectos técnicos

11. Qual é a velocidade de internet do dispositivo que você utilizou para acessar o experimento remoto? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Rede cabeada com velocidade menor que 100 Mbps
- Rede cabeada com velocidade igual ou maior que 100 Mbps e menor que 300 Mbps
- Rede cabeada com velocidade igual ou maior que 300 Mbps e menor que 600 Mbps
- Rede cabeada com velocidade maior que 600 Mbps
- Rede 3G
- Rede 4G
- Rede 5G
- Outro: \_\_\_\_\_

12. Normalmente a transmissão das imagens apresenta um atraso devido ao grande fluxo de informações. Isso pode variar dependendo de fatores como o horário e o local de acesso. Como você avaliaria esse atraso durante sua experiência em uma escala de 1 a 5, em que 1 representa um atraso considerável e 5, um atraso desprezível? \*

*Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. O experimento respondeu corretamente aos comandos que você enviou através da interface? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Parcialmente
- Não

14. Você encontrou alguma dificuldade durante o acesso ao experimento e sua execução? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Não *Pular para a pergunta 16*
- Sim *Pular para a pergunta 15*

Possíveis dificuldades

15. Que dificuldades você encontrou?

---



---



---



---



---

### Interface do experimento

16. Em uma escala de 1 a 5 (em que 1 corresponde à "muito ruim" e 5 "muito bom"), avalie a interface gráfica do experimento, de acordo com os seguintes aspectos: \*

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
<b>Design agradável</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Organização</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Responsividade</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Clareza das informações</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Intuitividade</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Estabilidade</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Resposta aos comandos</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Você sentiu falta de algum comando na interface? Isso é, houve alguma ação \*  
que você quis realizar cujo comando não estava disponível na interface?

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim *Pular para a pergunta 18*  
 Não *Pular para a pergunta 19*

**Ações ausentes**

18. Descreva a ação que você gostaria de ter realizado.

---

---

**Atividade Experimental**

19. Com base no vídeo transmitido através da interface do experimento, descreva \*  
da forma mais completa possível a montagem experimental.

---

---

---

---

---

20. O experimento te ajudou a compreender o conceito de indução \*  
eletromagnética?

*Marcar apenas uma oval.*

- Muito  
 Razoavelmente  
 Pouco  
 Não contribuiu

21. Como você avalia o experimento remoto como recurso a ser utilizado nas \*  
aulas de laboratório (Física Experimental)?

---

---

---

22. Compare as práticas realizadas anteriormente (laboratórios presenciais) com a prática realizada com o experimento remoto. Quais diferenças você percebeu? Quais os aspectos positivos e negativos? O que você sentiu falta? \*

---



---



---



---



---

23. Aponte 1 aspecto positivo e 1 aspecto negativo do experimento remoto "Anel de Thomson"?

---



---



---



---



---

#### Roteiro

24. Em uma escala de 1 a 5 (em que 1 corresponde à "muito ruim" e 5 "muito bom"), avalie o roteiro do experimento, de acordo com os seguintes aspectos: \*

*Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
<b>Instruções claras</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Linguagem adequada</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Etapas do experimento apresentadas de forma lógica</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>O roteiro ajuda a compreender o conceito de indução?</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>organização</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. Compare os roteiros utilizados anteriormente (laboratórios presenciais) com o que foi utilizado no experimento remoto. Quais diferenças você percebeu? Quais os aspectos positivos e negativos? O que você sentiu falta? \*

---



---

26. Você sentiu falta de alguma informação no roteiro? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Não

Sim *Pular para a pergunta 27*

Informações ausentes no roteiro

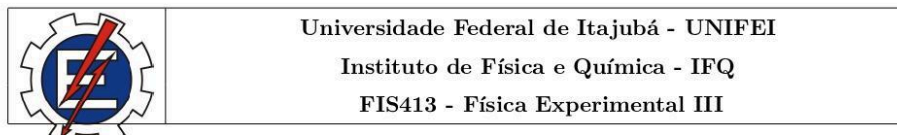
27. Que informações você sentiu falta? \*

---

---

---

## ANEXO A - Roteiro da Atividade Experimental do Grupo de Controle



### Experiência 5: Indução eletromagnética: Lei de Faraday e Lei de Lenz <sup>12</sup>

#### 1 Objetivos:

1. Verificar o efeito de indução eletromagnética (indução de força eletromotriz induzida, f.e.m) pela variação de fluxo magnético: f.e.m induzida pelo movimento relativo de um ímã e devido à variação de uma corrente com o tempo.
2. Determinar o sentido da corrente induzida usando a lei de Lenz.

#### 2 Material Utilizado:

- Fonte de tensão/corrente contínua
- 2 Multímetros
- Transformador variador de tensão
- Galvanômetro
- Resistor (22  $\Omega$ ) e chave
- Ímã
- Bobinas de 400, 600, 1200, 1600 e 20000 espiras
- Núcleos de ferro de várias formatos
- Peças de alumínio em diversos formatos e tamanhos
- Anéis de alumínio
- Suporte para anel com fio isolante

- Pêndulo, sapatas, suportes, cabos e placa de conexão
- Cronômetro

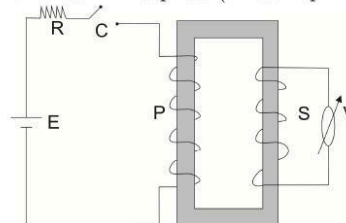
#### 3 Procedimento experimental

##### 3.1 Força eletromotriz induzida devida ao movimento de um ímã

1. Ligue, usando cabos, a bobina de 1600 espiras ao galvanômetro e mantenha-os longe um do outro.
2. Aproxime e afaste o ímã da bobina e anote o que acontece no galvanômetro.
3. Repita o procedimento acima com os pólos do ímã invertidos e anote o que acontece no galvanômetro.

##### 3.2 Força eletromotriz induzida devida à variação da corrente elétrica.

1. Ligue em série o resistor, a chave e a bobina de 400 espiras (circuito primário).



<sup>1</sup>Sugestões e ou correções: e-mail: [adhimarflavio@unifei.edu.br](mailto:adhimarflavio@unifei.edu.br)

<sup>2</sup><https://sites.google.com/site/adhimarflavio/fis413>

- Ligue a bobina de 1600 espiras ao voltímetro de corrente contínua e acople-a magneticamente a outra bobina (circuito secundário). Utilize para isso um núcleo de ferro em forma de U.
- Aplique uma tensão de 20 V c.c. ao primário, feche a chave e observe o voltímetro. Abra a chave e observe novamente.
- Substitua a bobina de 1600 espiras pela de 20000 espiras. Repita o item anterior e observe as semelhanças e as diferenças que ocorrem. Anote tudo que observou.
- Troque novamente a bobina do secundário pela de 1600 espiras. Mude a alimentação do primário para 12 V c.a. e troque o voltímetro pelo de corrente alternada. Ligue a chave e anote o que acontece.

### 3.3 Lei de Lenz

- Coloque o ímã próximo ao anel de alumínio e verifique se ele é ou não atraído por esse ímã.
- Introduza dois núcleos de ferro na bobina de 600 espiras e ponha o conjunto na horizontal. Passe pelo núcleo de ferro o anel de alumínio suspenso pelo fio isolante de modo que ele não toque no núcleo e fique a cerca de 0,5 cm da bobina.
- Aplique a bobina uma d.d.p. de 20 V c.c. utilizando a chave.
- Com o anel em repouso, ligue a chave e anote o que ocorre com ele.
- Ponha o anel novamente em repouso e desligue a chave. Observe e anote o que

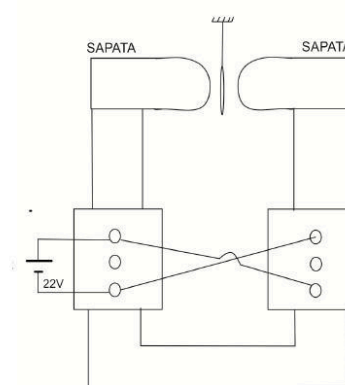
ocorre.

### 3.4 Anel de Thompson.

- Introduza dois núcleos de ferro na bobina de 1200 espiras, de modo que eles fiquem na vertical. Passe pelo núcleo o anel de alumínio.
- Ligue o conjunto à rede (110 V c.a) utilizando uma chave. Anote o que acontece ao anel.
- Repita a experiência utilizando somente as 600 espiras superiores da bobina.
- Com a chave ligada, segure o anel com a mão, de modo a mantê-lo acima da bobina, mas atravessado pelo núcleo. Observe e anote o que ocorre com sua temperatura.

### 3.5 Correntes de Foucault: Frenagem eletromagnética.

- Introduza duas bobinas de 1200 espiras nos núcleos em forma de U, como mostra a figura. Sobre ele coloque as duas sapatas. Aplique ao conjunto uma d.d.p. de 22 V c.c. através da chave.



2. Ponha uma das peças de alumínio no pêndulo de modo que ele possa oscilar livremente entre as sapatas.
3. Faça-o oscilar com a chave ligada e faça uma estimativa de tempo de frenagem.
4. Repita os itens 2 e 3 para as outras peças de alumínio. Se achar necessário mude a tensão para obter melhor estimativa do tempo.

#### 4 Relatório

1. Descreva o que foi feito na experiência. Discuta o efeito de indução eletromagnética obtido nas Seções 3.1 e 3.2.
2. Explique como aplicou as leis de Faraday e de Lenz para as Seções 3.3, 3.4 e 3.5. Em particular, explique porque sendo o alumínio um material não-magnético ele comportou-se com um ímã nas experiências realizadas nas Seções 3.3 e 3.4.
3. Apresente a tabela (com a respectiva legenda) para os tempos estimados na Seção 3.5, contendo as características das peças.
4. Comentários e conclusões.
5. **O relatório deve conter: Introdução, metodologia, resultados, conclusões e referências. É muito importante realizar a propagação de incertezas. Cópias serão avaliadas com nota zero!**