

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

**POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DE**  
**LABORATÓRIOS REMOTOS: UM ESTUDO A**  
**PARTIR DE BACHELARD**

Ney Cândido da Silva Ribeiro

Itajubá, dezembro de 2018

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

Ney Cândido da Silva Ribeiro

**POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DE**  
**LABORATÓRIOS REMOTOS: UM ESTUDO A**  
**PARTIR DE BACHELARD**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências

Orientador:

Prof. Dr. Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

Co-orientador:

Prof. Dr. Thiago Costa Caetano

Dezembro de 2018  
Itajubá

A todos aqueles que acreditaram em mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha família: Maria Cristina, minha esposa, Vanessa e Suzana, minhas filhas pelo apoio e paciência nesse período de muito trabalho. À minha mãe Celina e ao meu pai Manoel pelos conselhos e acolhida. Ao meu irmão Yuri e minha cunhada Amanda, pela experiência dividida e confiança que tudo daria certo.

Ao professor Me. Leonardo dos Santos Cunha e aos alunos da Escola Estadual João XXIII pela inestimável ajuda e cooperação com este trabalho.

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Marco Aurélio e Dr. Thiago Caetano pela presença e pelo direcionamento de meu trabalho.

Aos componentes da banca, Dr. José Silvério e Dr. Newton Figueiredo pelos inestimáveis apontamentos durante minha qualificação que foram fundamentais para a elaboração final da dissertação.

Um agradecimento especialíssimo ao Professor Dr. Luciano Fernandes que esteve ao meu lado durante um período bastante difícil do mestrado. Dificilmente teria conseguido sem o apoio desse professor que transcendeu suas obrigações de Coordenador de Curso. Minha eterna gratidão.

Finalmente, agradeço ao Tempo, que nunca me disse ser ou não amigo, que trouxe, que levou, foi duro na cobrança, acolhedor na recompensa e sábio nos conselhos. Levou as amarguras e guardou, pra sempre, as alegrias. Passou.

## **RESUMO**

Esse trabalho procura discutir o potencial e as limitações da utilização dos laboratórios remotos no Ensino Médio sob a luz da filosofia de Gaston Bachelard, mais precisamente sob a luz de seus Obstáculos Epistemológicos. Para a realização dessa pesquisa, doze alunos do Ensino Médio de uma escola pública de Itajubá, na disciplina de física, foram sorteados, sendo que seis realizaram o experimento remotamente e seis realizaram o experimento presencialmente. Para a construção da presente dissertação, inicialmente serão delineadas as motivações que levaram o autor a realizar essa pesquisa. Na sequência, serão apresentadas as principais iniciativas mundiais em laboratórios remotos e os desafios encontrados na aplicação desse recurso pedagógico. Na próxima seção serão discutidos os objetivos dessa pesquisa. Em seguida, serão apresentados os aspectos metodológicos que nortearam esse trabalho. O referencial teórico de Bachelard se encontra na sequência, onde serão apresentados os aspectos de sua filosofia que contribuíram para a execução desse trabalho. Os resultados da pesquisa são, então, apresentados.

Palavras chave: Laboratórios Remotos; Gaston Bachelard; Obstáculos epistemológicos

## **ABSTRACT**

This work discusses the potentialities and the limitations of using Remote Laboratories at the high school under the aspects of the philosophy of Gaston Bachelard, particularly his Epistemological Obstacles. To realize this work, twelve students from a public Itajubá high school, at the physics discipline, were drawn. Six of them used the remote experiment and the other six used the presential one. The structure of this document is, initially, the motivation that brings the author to realize this work. At the sequence, is presented the main global initiatives regarding the Remote Laboratory subject and the challenges found when using it. At the next session the objectives of this research is shown. Following, is presented the methodological aspects that oriented this work. The theoretical references of Bachelard's studies are at the sequence, where the main aspects of his philosophy that influenced this work are presented. The results of this research are presented, finally.

Keywords: Remote Laboratories; Gaston Bachelard; Epistemological obstacles

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparativo entre os três tipos básicos de laboratórios.....	33
Tabela 2 - Categorização das respostas do Pré-teste.....	61
Tabela 3 - Categorização das respostas do questionário.....	69
Tabela 4 - Conseguiu extrair todas as informações do experimento?.....	79
Tabela 5 - Satisfação pessoal ao realizar o experimento.....	80

# SUMÁRIO

1 MOTIVAÇÕES PARA A PESQUISA.....	7
2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DA PESQUISA.....	11
3 OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E A EXPERIMENTAÇÃO REMOTA.....	14
3.1 O novo espírito científico.....	14
3.2 Obstáculo epistemológico.....	15
3.3 Obstáculo da experiência primeira.....	15
3.4 Obstáculo do conhecimento geral.....	16
3.5 Obstáculo verbal.....	17
3.6 O conhecimento unitário e pragmático.....	18
3.7 O obstáculo substancialista.....	19
3.8 A filosofia de Bachelard e a Educação.....	20
4 HISTÓRICO E RELEVÂNCIA DOS LABORATÓRIOS REMOTOS.....	26
4.1 Laboratórios Remotos ao redor do mundo.....	29
4.2 Labshare - Austrália.....	29
4.3 Weblab Deusto - Espanha.....	30
4.4 iLabs - Estados Unidos.....	32
4.5 VISIR - Global.....	33
4.6 RExLab – UFSC – Brasil.....	34
4.7 OCELOT - França.....	35
4.8 LiLa - Europa.....	35
4.9 Laboratório Remoto de Física - UNIFEI - Brasil.....	36
4.10 Weblab – ITA - Brasil.....	37
4.11 Projeto DIESEL.....	38
4.12 Desafios inerentes à experimentação remota.....	39
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	42

5.1 Contexto da Pesquisa.....	42
5.1.1 O Anel de Thomson (anéis saltantes).....	45
5.1.2 Princípio de funcionamento.....	46
5.1.3 Roteiro da experiência.....	48
5.2 Método de observação da pesquisa.....	48
5.3 Referencial de construção do questionário.....	50
5.4 Análise dos dados coletados.....	51
6 RESULTADOS.....	53
6.1 Montagem do experimento.....	53
6.2 Aplicação do experimento.....	55
6.3 Análise dos resultados.....	56
6.3.1 Quadro de categorização do pré-teste.....	57
6.3.2 Análise do pré-teste.....	59
6.3.3 Quadro de categorização do questionário.....	64
6.3.4 Análise do questionário.....	66
6.3.5 Análise das entrevistas pós experimento ( <i>debriefing</i> ).....	69
6.4 Estudo sobre a superação dos obstáculos.....	70
6.5 Potencialidades de superação de obstáculos epistemológicos.....	73
6.5.1 Impressões pessoais dos alunos.....	74
6.5.2 Análise das possibilidades do experimento remoto.....	75
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

# 1 MOTIVAÇÕES PARA A PESQUISA

O tema das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na Educação e suas aplicações tem sido amplamente discutido nos meios acadêmicos. Como professor na área de tecnologia, esse assunto tem permeado nossos estudos desde a graduação em Licenciatura em Computação concluída em 2011.

No entanto, vale frisar que o movimento da escola em direção às TIC já era um processo bastante comentado nesse tempo. Os próprios alunos, principalmente nas primeiras séries do ensino fundamental, já tinham uma convivência muito próxima com a tecnologia e isso já pressionava o ensino nessa direção, “ao tempo, o acesso à tecnologia está se universalizando entre os jovens a um ritmo extremamente rápido, e isso também influencia as expectativas deles (os alunos) e de suas famílias acerca da educação que esperam receber.” (FUNDAÇÃO SANTILLANA, 2014). Em nosso caso, embora não seja nascido em meio à tecnologia, também nutrimos certas expectativas com a educação que se encaixam nesse perfil. Portanto foi natural o interesse em estudar para então utilizar as TIC como apoio no processo de ensino/ aprendizagem.

A partir de 2013, na pós-graduação em Docência no Ensino Superior, tivemos a oportunidade de aprofundar um pouco mais no tema, inclusive desenvolvendo uma plataforma em linguagem PHP para a aplicação da metodologia ativa “Peer Instruction” como trabalho de conclusão. Com esse trabalho entendemos um pouco mais sobre o desenvolvimento de softwares voltados para apoio à atividade docente.

Durante o curso de Mestrado em Educação em Ciências, iniciado em 2017, tivemos contato, pela primeira vez, com os laboratórios remotos. A atração por essa modalidade de experimentação foi instantânea visto que estamos inseridos na área de tecnologia, em especial programação de computadores, desde 2006. Outro ponto de convergência da nossa trajetória profissional com o tema deste trabalho é o fato de termos lecionado disciplinas práticas de computação no Ensino Técnico no período compreendido entre 2009 e 2014 e, desde então, lecionamos essas disciplinas no Ensino Superior. Portanto, desde o início das atividades do mestrado, foi natural que apontássemos nossos estudos na direção dos laboratórios remotos.

Nesse período encontramos diversos estudos sobre laboratórios mediados por computador e suas implicações na educação. É importante, antes de prosseguir com essa fala, mencionar que existem dois tipos principais de experimentação mediadas por computador abordadas por estudos científicos atualmente: os laboratórios remotos, que são o foco desta

dissertação, e os Laboratórios Virtuais. Essas modalidades compartilham algumas semelhanças, mas não são equivalentes. Os laboratórios remotos são definidos por Lourenço (2014) como “um laboratório onde os alunos podem ter acesso a experimentos, instrumentos ou outros equipamentos distantes através do uso da Internet”. Os Laboratórios Virtuais são definidos por Harms (2000) como “uma simulação de computador que libera funções essenciais de experimentos de laboratório para serem realizados em um computador”. Ou seja, o Laboratório Virtual é um experimento puramente simulado, programado e realizado dentro de um software, representando um procedimento real, enquanto o laboratório remoto trata-se de um experimento real instalado em um ambiente físico que é controlado por dispositivos mecânicos e/ou eletrônicos por meio de um computador conectado à internet. Outra informação que entendemos que seja útil para o leitor é que, para esta dissertação, iremos nos referir à modalidade clássica de Laboratório, aquela na qual o aluno manipula diretamente o experimento, como Laboratórios Presenciais<sup>1</sup>.

Dentre os esforços para a construção de laboratórios remotos no Brasil, é interessante citar para o escopo desta dissertação, estão três laboratórios colaborativamente desenvolvidos próximos ao Sul de Minas Gerais, sendo que dois deles têm servido de base para várias reflexões constantes neste texto. São eles o laboratório remoto da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), campus de Itajubá, o laboratório remoto da Universidade Estadual Paulista (UNESP) no campus de Guaratinguetá além do Weblab do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

Não são poucos os estudos referentes à experimentação remota, mas ainda existe uma carência desses estudos no contexto da educação, sendo muito mais comum no conceito de implementação e aspectos técnicos. Como pode se constatar

Artigos e livros sobre laboratórios remotos focando em suas vantagens/desvantagens, estado da arte, tecnologias e didática têm sido publicados. A maioria desses trabalhos foca a tecnologia e apenas uns poucos artigos são focados no uso didático dos laboratórios remotos como uma ferramenta didática. (ALVES et al., 2011, tradução nossa)

Tendo contato com vários desses estudos e ainda outros direcionados às mais diversas formas de laboratórios e tendo a oportunidade de visitar os laboratórios na UNIFEI e na UNESP, numerosos pontos chamaram a nossa atenção. Um ponto especial está presente no trabalho de Zorica; Machotka; Nafalski (2003) quando apresentam que a modalidade

<sup>1</sup> Alguns autores chamam esses laboratórios de “Laboratórios Reais”, mas entendemos que essa terminologia não seja adequada para este trabalho visto que as outras duas modalidades citadas também podem ser chamadas ‘reais’, pois aquilo que é *virtual* pode não ser *físico*, mas é também *real*. Não trataremos, também, como “Laboratórios Físicos”, pois além de poder causar alguma confusão ao leitor com Laboratórios de Física, os laboratórios remotos são tão *físicos* quanto os Laboratórios Presenciais.

laboratórios remotos, possui como desvantagem frente às outras modalidades de laboratório “apenas ‘presença virtual’ no laboratório”. Esse foi um ponto que gerou alguns questionamentos interessantes já que faz contraponto com outros estudos do tema. Um bom exemplo desse contraponto pode ser visto no excerto a seguir:

A experimentação no ensino de Ciências não resume todo o processo investigativo no qual os alunos estão envolvidos na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há que se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões (...) tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas. (ZANON E FREITAS, 2007)

Entendendo que “manipulação de materiais” e “direito ao tateamento” são pontos tão importantes no processo de atividades práticas e que esses fatores não poderão estar presentes em um experimento controlado remotamente, torna-se perceptível que, de acordo com as autoras Zanon e Freitas (2007), a desvantagem do laboratório remoto seria mais que “apenas ‘presença virtual’” ou que, pelo menos, a presença virtual é uma desvantagem mais significativa do que a frisada no trabalho de Zorica; Machotka e Nafalski (2003).

Pontos de discordância como esse, a escassez de estudos direcionados à aplicação dessa tecnologia como apoio ao processo ensino aprendizagem aliados ao potencial dos laboratórios remotos, colocou-nos frente a um questionamento sempre presente quando se fala a sobre a experimentação mediada por computador: o laboratório remoto é um substituto viável para o Laboratório Presencial?

Mesmo não tendo a pretensão de esgotar uma pergunta tão ampla, decidimos analisar um recorte dessa questão que entendemos ser relevante para a efetiva aplicação dessa tecnologia: as limitações e potencialidades desses laboratórios na questão das oportunidades para a construção do conhecimento pelos estudantes que o utilizam. Como referencial teórico para essa análise, utilizaremos o conceito de construção de conhecimento presente nos estudos do filósofo francês Gaston Bachelard, que em sua obra dedica especial atenção ao “Espírito Científico” e à superação de obstáculos epistemológicos como forma de aprendizado.

Tomando como ponto de partida esse recorte sob o olhar da teoria bachelardiana surgiu, então, a pergunta principal que orienta esta pesquisa: Que limites e potencialidades podem ser associados ao trabalho educativo com Laboratórios remotos?

Para procurar por uma resposta adequada a essa pergunta, foram originadas três questões específicas que deverão ser pesquisadas com o objetivo de se lançar uma luz à resposta da pergunta principal:

- Que possibilidades de superação de obstáculos epistemológicos a experimentação remota apresenta para um grupo de alunos realizando um experimento remoto de física do ensino médio?
- Que limites o laboratório remoto coloca na ação do aluno durante a manipulação do experimento?
- Que desafios se apresentam na construção de experimentos a serem controlados remotamente?

Essas três questões e finalmente a questão principal direcionaram a pesquisa e foram utilizadas como balizamento para a definição dos procedimentos metodológicos.

A atual pesquisa, então, foi estruturada em oito partes. O primeiro capítulo apresenta as motivações e a nossa trajetória que nos trouxe ao presente trabalho. No segundo capítulo são apresentados os objetivos desta pesquisa com os resultados que esperamos atingir. Em seguida é apresentado, então, o referencial teórico que norteia a coleta e a análise dos dados obtidos, a filosofia de Gaston Bachelard. No quarto capítulo, apresentam-se os laboratórios remotos e seus conceitos, bem como vários estudos que tiveram essa tecnologia como foco. Ainda nesse capítulo, são brevemente apresentados alguns dos principais laboratórios remotos do mundo com base na pesquisa tipo estado da arte feita por Sancristobal et al. (2012) e mais alguns projetos que não constam da pesquisa citada, mas são relevantes para o curso desta dissertação. A seguir são apresentados os aspectos metodológicos e o contexto em que se realizou a presente pesquisa, bem como uma descrição detalhada de como os dados foram coletados. No sexto capítulo são apresentados os resultados parciais e preliminares conseguidos pela observação, bem como algumas análises iniciais. No capítulo seguinte são delineados os próximos passos que a pesquisa irá seguir e, então, será apresentado o produto resultante dessa pesquisa. Finalmente, são apresentadas as referências utilizadas nesta pesquisa.

## 2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS DA PESQUISA

A experimentação é parte fundamental para uma construção satisfatória de conhecimentos científicos, com destaque para as ciências da natureza, foco desta pesquisa. Existem diversos estudos que apontam a importância da experimentação para que se possa entender, visualizar e criticar um conhecimento ou teoria e assim formular um conceito mais sólido. A aprendizagem também pode ser entendida, e assim será no decorrer desta dissertação, como a substituição de um conhecimento prévio por um conhecimento novo, mais estruturado, lógico e plausível. É possível encontrar estudos que apontam nessa direção para o aprendizado há um bom tempo, como pode ser observado no excerto:

A aprendizagem é, assim, uma espécie de investigação. O estudante deve fazer julgamentos sobre as evidências básicas. (...) A aprendizagem preocupa-se com as ideias, sua estrutura e com as evidências. Não é simplesmente a aquisição de um conjunto de respostas corretas, um repertório verbal ou um conjunto de comportamentos. Nós acreditamos que a aprendizagem, como a investigação, é melhor vista como um processo de trocas conceituais. (POSNER *et al.*, 1982, tradução nossa).

No entanto, é importante frisar que as atividades práticas não são exclusivas de laboratórios. É possível, em várias situações, a experimentação e a prática em sala de aula comum, em casa e em outros ambientes que não o laboratório. Quando fala sobre os mitos acerca das atividades práticas, Bassoli (2014), em seu mito número 3, aponta justamente para esse aspecto, que muitas escolas que possuem laboratórios o utilizam como almoxarifado ou algo do gênero e não para atividades práticas, enquanto outras, que não o possuem, realizam atividades práticas com materiais improvisados de baixo custo ou até mesmo emprestados. Com isso posto, é relevante esclarecer que este trabalho não trata o laboratório como condição *sine qua non* para a experimentação (menos ainda como condição para a aprendizagem), mas defende sua importância para atividades mais específicas e elaboradas que necessitam de instalações próprias para sua execução. Também, é importante que se esclareça mais um ponto. Esse trabalho trata-se das atividades *de laboratório* e não necessariamente de atividades *práticas*. Reforça-se que as atividades *práticas* estendem-se muito além de atividades de *laboratório*, sendo esta última uma modalidade específica da primeira.

Ainda sobre a importância da experimentação na aprendizagem, especificamente no Ensino de Ciências, Praia; Cachapuz e Gil-Pérez (2002) comentam sobre esse tema em uma abordagem racionalista quando apontam que “a experiência científica deve ser guiada por uma hipótese, que procura funcionar, sobretudo, como tentativa da sua retificação e questionamento”. Mais uma vez aqui é possível observar a concepção de aprendizagem no

sentido investigativo com fins de suplantarmos um conhecimento prévio. Para que a prática tenha um efeito relevante na aprendizagem é necessário, portanto, uma teoria prévia com conceitos razoavelmente estabelecidos que permitam a formulação de hipóteses. Essas hipóteses não necessariamente precisam estar corretas, mas são elas que direcionarão a observação do experimento e atribuirão significados a ele. Assim, se uma hipótese for formulada de maneira equivocada, sobre bases equivocadas, o resultado inesperado do experimento trará uma nova crítica e exigirá uma nova explicação do aluno, permitindo que um conhecimento crítico seja construído sobre o conhecimento anterior.

Como já anteriormente apontado neste trabalho, o Laboratório em si não é essencial, mas é um aliado importante no processo de ensino-aprendizagem. No entanto, nem todas as escolas possuem ou têm condições de possuir um laboratório equipado à disposição dos alunos, principalmente se for considerada a gama de experimentos importantes que um aluno de ensino básico deveria ter à sua disposição. Em contraste, cada vez mais escolas possuem computadores conectados à internet. A incorporação das TIC no ensino fundamental e médio tem sido objeto de vários estudos e diversos autores apontam motivos para que haja um maior investimento em computadores conectados à internet nas escolas. Entre os estudiosos que argumentam a favor dessa integração, Matos e Pedro (2011) apontam que os estudantes, em sua maioria, possuem grande familiaridade com as TIC, mas a escola não integra essa tecnologia satisfatoriamente em seu currículo. Os autores ainda reforçam a necessidade dessa integração quando pontuam que

Se os alunos que atualmente vivem a escola têm acesso (em maior ou menor escala) à tecnologia móvel, computadores, jogos vídeo e a toda a variedade de ferramentas tecnológicas atuais, as suas necessidades como jovens e como alunos são certamente diferentes daquelas que os jovens tinham há 10 anos. (MATOS E PEDRO, 2011)

Vários estudos do tema apontam para a expectativa dos alunos com relação a um ensino com mais integração das TIC. É um erro, certamente, apontar que o ensino deve incorporar as TIC unicamente para atender às expectativas dos alunos, mas a integração se torna importante, inclusive, para que a tecnologia possa ser mais bem utilizada pelos próprios alunos na vida fora dos muros da escola.

Cruzando, então, os estudos referentes à importância da prática para o Ensino de Ciências, a carência de diversas escolas em possuir um laboratório equipado e a tendência mundial a se incorporar as TIC na educação, podemos entender que os laboratórios remotos podem ser objeto de vários desses estudos contemporâneos. No entanto, como frisado em estudos nas duas áreas, tanto os Laboratórios como as TIC necessitam de parâmetros de

utilização mais consistentes e de um projeto pedagógico bem formulado. Quanto às TIC, essas necessitam ser avaliadas para se adequar às exigências pedagógicas do ensino e permitir na escola diversas possibilidades que os alunos já desfrutam no cotidiano.

Mas, seria o laboratório remoto uma alternativa adequada na impossibilidade de se utilizar os laboratórios presenciais?

Tendo como base o cruzamento dessas duas vertentes, que são bastante amplas e essa pergunta, o objetivo desta pesquisa é identificar, através de observação direta e de um questionário aplicado aos alunos, que limitações e potencialidades dos laboratórios remotos se apresentam na construção do conhecimento. De maneira mais específica, a atual pesquisa visa atender aos seguintes objetivos:

- Analisar a implementação do experimento remoto em questão, identificando os desafios na elaboração e construção do experimento, obtendo parâmetros ou caminhos que possibilitem uma orientação posterior para a construção de experimentos remotos bem sucedidos;
- Compreender as limitações da utilização dos experimentos remotos, permitindo uma visão mais clara dos procedimentos metodológicos adequados ao uso de experimentos remotos no ensino de ciências;
- Analisar que possibilidades de interação que o laboratório remoto permite aos estudantes;
- Analisar a forma como o laboratório remoto permite, eventualmente, aos alunos a superação de obstáculos epistemológicos;

Uma vez que esses objetivos tenham sido atingidos, espera-se, com este trabalho, contribuir para que professores e alunos, bem como instituições que desenvolvem e implementam laboratórios remotos, possam desenvolver e aplicar essa tecnologia com mais eficiência, tendo uma ideia mais clara de suas limitações, potencialidades e quais experimentos podem ou não ser implementados remotamente.

Além dos objetivos citados, esta pesquisa também resultará na construção de um produto de *software* para auxílio na elaboração e operação de laboratórios remotos. Espera-se que, com esse *software*, seja possível explorar um pouco mais as possibilidades da execução de experimentos reais mediados por computador.

## 3 OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS E A EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

Neste capítulo são apresentadas as teorias de Bachelard que pautam a observação e a análise dos dados coletados na pesquisa.

### 3.1 O novo espírito científico

Para que seja compreendido o significado do “novo espírito científico” faz-se necessária uma rápida observação da ciência anterior. De acordo com Bachelard (1996), o cientista do século XVII e XVIII era profundamente arraigado no real, no empírico. Explicava, ou se importava, apenas com o que se afigurava real, observável, tangível. Com as novas teorias que foram surgindo, como a física newtoniana, o real se envolvia com o racional. A massa de um corpo, por exemplo, passou a ser a relação entre duas outras propriedades: a força e a aceleração. A matemática passou a permear a experiência. O raciocínio passou a iluminar a observação.

É nesse contexto que surge o “novo espírito científico” bachelardiano. O movimento da ciência, que até então sempre se fazia do real para o racional, ou seja, sempre se observava um fenômeno primeiro e se tentava explicá-lo depois, passou a ser contrário, do racional para o real, ou seja, primeiro se *pensa* uma teoria e depois se *realiza* essa explicação por meio de um experimento direcionado. Esse movimento é bem delineado nas palavras do autor quando diz “na verdade, trata-se dum realismo de segunda posição, dum realismo em reação contra a realidade habitual, em polêmica contra o imediato, dum realismo feito de razão realizada, de razão experimentada” (BACHELARD, 1996).

Portanto, no espírito científico que se coloca, o real é uma realização de uma racionalização. O conhecimento é dialético entre o real e o racional. Pensa-se no real, realiza-se. Dessa realização surgem questões que modificam a racionalização que levam a nova realização e que se modificam e se complementam.

É um espírito que se mostra aberto ao novo. Bachelard pontuou que esse espírito não é um ajuste ao espírito cartesiano, mas sim sua suplantação. Essa suplantação não se dá sem esforço. Para tanto existem uma série de obstáculos ao processo, aos quais o autor denominou “obstáculos epistemológicos”.

## 3.2 Obstáculo epistemológico

Em seu livro “Formação do Espírito Científico”, Gaston Bachelard cunha o termo “Obstáculo Epistemológico”. Embora não tenha uma definição simples, esses obstáculos epistemológicos “estão no âmago do próprio ato de conhecer” (BACHELARD, 1996). Esse conceito não é trivial e é construído no decorrer de seu livro. Tentando fazer uma simplificação apenas em caráter de situar o leitor, esses obstáculos podem ser parcialmente definidos como “entraves” ou “limitações” que impedem que o observador possa construir uma explicação racional que se aproxime da realidade de uma observação. Os obstáculos epistemológicos são separados por Bachelard em: obstáculo da experiência primeira; do conhecimento geral; obstáculo verbal; do conhecimento unitário e pragmático; obstáculo substancialista. No decorrer deste trabalho essas separações serão mais bem descritas, permitindo uma definição mais precisa do conceito de obstáculo epistemológico.

## 3.3 Obstáculo da experiência primeira

Esse obstáculo constitui-se, sobretudo, do senso comum e das explicações imediatas e irrefletidas sobre uma observação. Para este trabalho, é um obstáculo que deve ser bastante explorado, pois de acordo com a visão bachelardiana, sustenta um equívoco corrente no uso de laboratórios, como quando afirma que

No ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centro de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. (BACHELARD, 1996)

Essas imagens marcantes às quais o autor se refere são formadas no primeiro contato dos alunos com um experimento ou, mais genericamente, do observador com a observação. Mais especificamente, afirma que as primeiras impressões das primeiras observações são acríticas e acabam por turvar a razão e ainda complementa quando se refere que a face do mistério e do assombro da observação distorce a racionalização sobre o fato. Essa distorção pode levar à racionalizações imprudentes, como quando cita o *abbé* (abade) Bertholon, que em uma publicação do século XVIII defendendo um sistema de proteção contra abalos sísmicos, relata:

Idealizei e mandei construir uma pequena máquina que representa uma cidade atingida por um tremor de terra e que, com a intervenção do pára-tremor de terra ou do protetor, fica a salvo. (BERTHOLON apud BACHELARD, 1996)

Para completar a definição desse obstáculo epistemológico, Bachelard frisa a extrema importância da clareza na formulação de questões para o espírito científico quando demarca que “em racionalizações imprudentes, a resposta é mais nítida que a pergunta. Isso talvez justifique afirmar que o *sentido do problema* é característica do espírito científico” (BACHELARD, 1996, grifo nosso).

No caso específico desta pesquisa, esse obstáculo poderá ser identificado na hipótese do aluno tratar o eletromagnetismo de maneira irrefletida, como uma força que empurra (mesmo o anel do experimento sendo composto de alumínio) ou tratar a força de repulsão de maneira irrefletida.

### 3.4 Obstáculo do conhecimento geral

O segundo obstáculo epistemológico apontado por Bachelard aponta para a generalização de conceitos, característica da pré-ciência dos séculos XVII e XVIII. Neste caso o autor aponta que afirmações demasiado generalizantes tendem a simplificar de maneira equivocada um fenômeno. Para compreender o significado dessa generalização, outra característica do estágio pré-científico deve ser evidenciada: a de que classificar os fenômenos é suficiente para conhecê-los.

Um dos exemplos utilizados no livro que ilustram de maneira clara o ponto de vista do autor é o conceito de coagulação divulgado pela *Académie des Sciences*. Nos estudos da *Académie*, introduzidos pela discussão do fato do leite talhar, compara o fenômeno da talha do leite com a coagulação do sangue. Então, generaliza o conceito ao endurecimento de qualquer fluido e chega, sem demora, ao congelamento da água. Nesse processo de classificação, sem a explicação e compreensão aprofundada, a coagulação do sangue se dá pelo mesmo processo do congelamento da água.

Mesmo quando essas generalizações não levam a equívocos tão evidentes, ou até mesmo quando estão corretas, Bachelard direciona a crítica ao fato de que uma explicação genérica, mas correta, como “todos os corpos caem”, coloca o espírito em uma situação de facilidade e conforto e não fecunda nenhum tipo de investigação, entretendo o pensamento.

Para Bachelard (1996, grifo do autor), “para incorporar novas provas experimentais, será preciso então *deformar* os conceitos e, sobretudo, incorporar as *condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito*”. Ou seja, analisar os conceitos e ignorar as condições de aplicação não é uma atitude científica.

O ponto em que este trabalho toca esse obstáculo epistemológico é o ponto em que os alunos que realizam o experimento conseguem transpor conceitos para explicar o fenômeno e se essa transposição se dá de maneira contextualizada ou de maneira erroneamente generalizada. Como o próprio Bachelard pontua “a objetividade se determina pela exatidão e pela coerência dos atributos, e não pela reunião de objetos mais ou menos análogos”. Essa generalização poderia vir na forma de um discurso como “o anel levita porque está invertido”, ou afirmações sobre o “poder do ímã de atrair objetos” ou até mesmo tratar eletricidade e eletromagnetismo como sendo o mesmo conceito.

### 3.5 Obstáculo verbal

O terceiro obstáculo epistemológico apresentado por Bachelard trata, basicamente, sobre o poder das metáforas. O exemplo explorado pelo autor é o conceito de “esponja”. Embora possa parecer estranho tratar a palavra “esponja” como um conceito científico, ao invés simplesmente de um objeto particular, na pré-ciência do século XVII e XVIII a metáfora da esponja impregnava várias teorias. Alguns dos exemplos citados pelo autor postulavam que o ar era uma esponja na qual a água penetrava os poros. Da mesma forma o ferro era uma esponja que absorvia o magnetismo. Os corpos se resfriavam quando em contato com outros corpos porque esses, como esponjas, absorviam o fluido calorífico uns dos outros. Essas analogias simplistas confundem muito mais que explicam, tirando a atenção dos conceitos que realmente possam explicar os fenômenos, gerando correlações puramente retóricas.

A atenção dispensada a esse obstáculo no presente trabalho se dá por conta do excesso de alegorias no ensino de física ser um problema já reconhecido. Souza Filho (2009) traz em sua tese de doutoramento vários autores que, em diferentes contextos, apontam para a problemática da alegoria da hidráulica como forma de compreensão da corrente elétrica.

Bachelard (1996, grifo do autor) salienta que “na mentalidade científica, a analogia entra *depois da* teoria. Na mentalidade pré-científica, ela entra *antes*”. O autor não condena o uso de ilustrações, mas recomenda que “quando a abstração se fizer presente, será a hora de *ilustrar* os esquemas racionais” e complementa dizendo “apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico” (BACHELARD 1996, grifo do autor).

É comum, no âmbito do experimento que constitui parte desse trabalho, utilizar termos referentes a comportamento de fluidos quando se referir à eletricidade. O campo magnético

também, por ser apresentado como linhas em várias ilustrações, costuma ser descrito *literalmente* como se fossem linhas.

### **3.6 O conhecimento unitário e pragmático**

No quarto obstáculo, Bachelard pondera sobre a necessidade da unificação de fenômenos a uma sequência de causa e efeitos com outros fenômenos. A essa unificação o autor dá o nome de “conhecimento unitário”. Nos dias atuais esse tipo de conhecimento está mais relacionado às atividades místicas que relacionam a posição dos astros aos acontecimentos terrenos e às atividades religiosas, que unificam comportamentos físicos, mesmo que conflitantes, a uma vontade divina. Essa unificação tem o poder de eliminar as questões que, como já mencionado, são os fundamentos do pensamento científico. Abrindo um parêntese no texto de Bachelard, aqui é importante salientar que esse comportamento dito como comum à astrologia ou às religiões não devem ser utilizados para se menosprezar ou até ridicularizar o conhecimento religioso ou astrológico. O ponto em questão aqui é que, procedendo dessa maneira, o comportamento dessas duas vertentes não pode ser, segundo Bachelard, considerado como comportamento *científico*. A importância e validade desse tipo de conhecimento não fazem parte da discussão presente neste trabalho.

O obstáculo aqui apresentado causa impacto em ofuscar as perguntas que brotariam justamente dessas incoerências entre comportamentos observáveis que, em uma primeira análise, deveriam ser coerentes.

Mais coerente ao contexto desta pesquisa se afiguram os obstáculos referentes ao pensamento pragmático. Segundo esse pensamento “o verdadeiro deve ser acompanhado pelo útil” (BACHELARD, 1996). Isso pode ser fonte de problemas, pois se não houver uma utilidade para o homem, um conceito ou um experimento perde a sua legitimidade. Portanto, existe uma tendência a sempre pensar um conceito tendo como de *partida* sua aplicação quando, na verdade, a aplicação deveria vir *após* a formulação do conceito.

Não é raro, em se tratando de ímãs e magnetismo, a atribuição de uma “intenção” ao ímã, como o “desejo de se prender” a uma superfície ou a “vontade de se afastar” de outro ímã de igual polaridade.

### **3.7 O obstáculo substancialista**

A última separação apresentada por Bachelard é o obstáculo substancialista, que se consiste, basicamente, em atribuir adjetivos e características substanciais a fenômenos

observáveis, levando a induções equivocadas, explicações carentes de sentido e reflexões rasas. Entre os exemplos citados pelo autor vem a duradoura crença de que a eletricidade era viscosa como um tipo de cola. Essa característica substancial da eletricidade explicava o porquê de certos corpos leves serem atraídos por um material eletrificado. O argumento era que essa “cola” escorria dos corpos eletrificados, como acontecia com o ferro fundido nas forjas, mas diferente deste, que era permeado pela substância fogo, a eletricidade era um fluido invisível.

O grave problema desse tipo de abordagem pré-científica é que o fenômeno é explicado facilmente por meio de uma correlação direta, sem nenhum tipo de investigação aprofundada. “Toda designação de um fenômeno conhecido por um nome erudito torna satisfeita a mente preguiçosa” (BACHELARD, 1996).

O autor ainda argumenta que “diante de um fracasso na verificação, sempre é possível pensar que ficou disfarçada, oculta, uma qualidade substancial que deve aparecer” (BACHELARD, 1996), mas salienta que, embora alguns conceitos modernos possam, em algum momento, evocar a ideia de substância, a aplicação é essencialmente diferente. O exemplo mencionado é o conceito de *resistência* elétrica elaborado por Ohm. Mesmo que o conceito pareça evocar uma qualidade, este está imerso em um conceito matemático, em uma abstração, então a palavra *resistência* perde o valor etimológico e torna-se apenas uma metáfora.

Muitas vezes a eletricidade é explicada por alegorias que atribuem a ela certas características que não possui mas que podem ser úteis em uma explicação mais rasa. É frequente, portanto, que os alunos utilizem essas alegorias como sendo explicação do fato e tirem conclusões em cima disso. Como citado acima, quando foi mencionado o obstáculo verbal, não é raro a mesma situação incorrer, também, no obstáculo substancialista. Afirmar que a eletricidade “vaza” por uma fissura é atribuir a ela comportamento de fluido.

### **3.8 A filosofia de Bachelard e a Educação**

Tomando conhecimento da filosofia de Gaston Bachelard não é difícil, na verdade é quase que intuitivo, traçar ligações com o Ensino de Ciências. O espírito científico descrito é, nada mais, que uma atitude educativa e de desenvolvimento que a escola procura despertar em seus alunos, não importa o grau de instrução.

Assumido esse pressuposto, podem ser encontrados alguns textos científicos que abordam esse tema. No entanto, apesar da aparente obviedade do cruzamento dos estudos de

Bachelard com o Ensino de Ciências, não são, de fato, muitos textos científicos produzidos com essa temática no Brasil, pelo menos até 2008, como consta na pesquisa de Halmenschlager e Gehlen (2009), quando apontam que são poucos os artigos científicos que fazem essa articulação, mas ressaltam as significativas contribuições que trazem para o Ensino de Ciências. Nessa pesquisa as autoras selecionaram e analisaram onze artigos encontrados em proeminentes revistas voltadas ao tema de educação no Brasil<sup>2</sup>.

Dentre essas contribuições podem ser destacados os problemas sempre presentes no Ensino de Ciências que se referem à superação do racionalismo clássico pelos alunos e ao empirismo ingênuo. Nenhum fenômeno na ciência pode ser simplificado em excesso e não se pode entendê-lo por completo se analisado separadamente do todo complexo que o influencia. É importante ao aluno entender, por exemplo, que as generalizações simplificadoras não são carregadas de verdade, como a princípio parecem ser. Utilizando o mesmo exemplo de Bachelard citado no trabalho de Carvalho Filho (2006) sobre essa temática, quando um professor generaliza a força da gravidade afirmando que “todos os corpos caem”, consiste de uma generalização falsa e imprecisa. Se um corpo for arremessado a uma altitude muito elevada poderá entrar em órbita e não voltar à superfície, mesmo que, do ponto de vista da lei da gravidade, “órbita” e “queda” são duas manifestações do mesmo fenômeno: a atração gravitacional. Torna-se fundamental, portanto, que o professor estimule o aluno a compreender os fenômenos sem se apoiar em demasia nessas simplificações que podem conduzir aos obstáculos epistemológicos apontados por Bachelard. O aluno, de acordo com o novo espírito científico deve, acima de tudo, compreender a natureza complexa, transitória e incerta do conhecimento científico. Ou seja, além do fato que todo fenômeno provavelmente é mais do que demonstra ser, a ciência não é um retrato fiel e inquestionável da realidade. Dessa forma, Carvalho Filho (2006) defende que “assim, o conhecimento não seria uma cópia fiel do mundo externo, e sim uma construção racional da mente humana, visto que conhecer não é o mesmo que perceber o que é a realidade, mas uma construção aproximada da mesma”.

Vale registrar que o uso de exemplos didáticos para esclarecer certos conceitos científicos são bem-vindos e, em alguns casos, indispensáveis para que se possa ilustrar alguns conceitos complexos, principalmente em se tratando do ensino fundamental e médio. Nessa linha, o trabalho de Andrade; Zylbersztajn; Ferrari (2002) quando analisam as metáforas e analogias no Ensino de Ciências faz sua crítica. De acordo com os autores, o uso excessivo das metáforas e analogias podem gerar uma imagem simplificada de um conceito

2 São elas: Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC), Investigações em Ensino de Ciências, Ensaio e Ciência e Educação.

ou até mesmo distorcer o entendimento muito além do que se pode entender como a construção de um modelo teórico para compreensão de um determinado fenômeno. É oportuno citar, nesse momento, um exemplo que o próprio autor desta dissertação pôde observar com frequência enquanto aluno e professor de um curso técnico de Eletrônica. Para o conceito de corrente elétrica usava-se, em alguns momentos, uma ilustração bem-humorada dos elétrons sendo representados por bolinhas sorridentes de mãos dadas umas com as outras formando uma “corrente”. Esse conceito induzia o aluno ao chamado “obstáculo substancialista” de Bachelard e ficava arraigado na mente dos alunos, principalmente nos mais novos ou com mais dificuldades de abstração. “Deixava a mente confortável”, para utilizar uma expressão do próprio Bachelard, bloqueando o entendimento do que de fato é corrente elétrica. Uma analogia mais comum utilizada por muitos professores do mesmo tema é a comparação de um circuito elétrico a um encanamento hidráulico. A energia potencial gravitacional da água seria a tensão elétrica, seu fluxo, a corrente. Essa analogia se torna ainda mais problemática justamente porque é muito mais plausível e realmente “explica” alguns fenômenos de maneira bastante coerente. Por exemplo, a ideia de um resistor como um afinamento no encanamento para limitar a corrente, um cano tampado tem muita energia potencial gravitacional (tensão) e nenhum fluxo (corrente). Essa alegoria gera um obstáculo muito mais difícil de ser superado, pois a partir dessa analogia os alunos poderão deduzir vários outros fenômenos que não se aplicam. Na conclusão do artigo, os autores, no entanto, pontuam que

... podemos perceber que Bachelard não é contra toda e qualquer utilização de analogias e metáforas, mas sim contra as que podem reforçar concepções da observação empírica, do senso comum, ou quando elas se tornam cópias fiéis da realidade, impedindo a compreensão do que se pretende ensinar, tornando-se ou reforçando obstáculos epistemológicos e pedagógicos. (ANDRADE; ZYLBERSZTAJN; FERRARI, 2002)

Alguns trabalhos, portanto, procuram iluminar certos entraves da educação na sociedade moderna pela filosofia de Bachelard. Outros apontam como essa epistemologia pode ajudar a contornar esses problemas. Um desses trabalhos é o de Almeida (2006) que critica o papel do professor como retransmissor de conhecimentos. Segundo a autora, os professores que realizam a tarefa de “animador de um auditório no qual ele expõe um conhecimento prescrito por especialistas” resulta em que os alunos ficam presos a um conhecimento racionalista clássico, tendendo para a explicação de um real provado e inequívoco. A teoria de Bachelard utilizada pela autora em seu artigo se refere ao “perfil epistemológico”. Essa teoria é amplamente conhecida e utilizada pelo Ensino de Ciências, mas por não pertencer ao escopo dos objetivos desta pesquisa, não será apresentada aqui e,

portanto, essa discussão não será aprofundada nesse aspecto. Referindo-se ao ensino de física, mais especificamente, a autora faz uma reflexão bastante interessante no excerto

... parece-me plausível admitir a dominância do racionalismo clássico no perfil daqueles que com ele (o racionalismo clássico, nota nossa) conviveram de maneira tão direta enquanto alunos universitários num curso de física. E esse racionalismo não parece ser facilmente desvencilhado da ideologia determinante, a ele tão estreitamente ligada. (ALMEIDA, 2006)

A autora defende que o professor deve compreender a fundo a teoria que deseja ensinar e, então, trabalhar de maneira completa, com paralelos mais amplos, dentro de toda a complexidade e assim permitir que o aluno consiga extrapolar a visão simplificada do racionalismo clássico e adquirir conhecimento mais completo e contextualizado da teoria que pretende explorar. Assim, inclusive, entender que o fenômeno permite questões e explicações muito além daquelas mais rasas da sala de aula, estimulando o aluno na direção do novo espírito científico.

Aprofundando a reflexão proposta por Almeida (2006), outros trabalhos avançam nessa nova pedagogia, como o artigo de Mendes da Fonseca (2008) que faz uma reflexão sobre uma pedagogia embasada nos estudos de Bachelard. A crítica inicial de seu trabalho corrobora a crítica de Almeida (2006) citada anteriormente, o que pode ser observado no seguinte trecho:

A transformação da prática docente implica em mudança de concepção do próprio trabalho pedagógico, muitas vezes conservador, centrado em relações autoritárias, na reprodução e manutenção do conhecimento acrítico e deslocado na realidade e em métodos positivistas- racionalistas. (MENDES DA FONSECA, 2008)

Tomando como base essa crítica, a autora então traz alguns apontamentos que podem ser tomados na direção de adotar uma postura mais indagadora e mais condizente com o que a sociedade espera de um cientista ou de um cidadão alfabetizado cientificamente. O que é proposto no trabalho dessa autora, segundo ela mesma, é “uma pedagogia capaz de orientar os passos de educadores para se livrarem das visões estreitas e de todo pragmatismo ingênuo”. Aqui, a autora então reforça o conceito que a compreensão de um fenômeno vai muito além da aceitação de uma explicação ou simplesmente de uma analogia simplificadora, o que ela trata de “meios não científicos”. A ideia defendida em seu artigo é uma unificação entre a pedagogia e a epistemologia de Bachelard, focada em um mesmo objetivo, como salientado no parágrafo seguinte

Em Bachelard, a epistemologia e a pedagogia se entrelaçam para formar um pensamento orgânico que renova e que não se conforma com as impressões primeiras e com os dados do senso comum e da apreensão da realidade por meios não científicos. (MENDES DA FONSECA, 2008)

Um ressalto interessante desse parágrafo é a expressão “pensamento orgânico”. Ou seja, trata-se de um pensamento único, natural e consistente. Para que isso seja possível é necessário, de fato, romper as primeiras impressões que simplificam e “satisfazem um espírito preguiçoso”, citando novamente uma expressão de Bachelard. Todos os corpos caem ... a menos que ..., o comportamento da corrente elétrica pode se comportar como um encanamento de água ... em certos pontos ... e assim por diante. Sempre tem uma observação a mais, um conceito a mais, uma situação particular em que o fenômeno não pode ser comparado a outro. Isso pode ser proveitoso, pois a analogia se torna uma mera ilustração e não uma ferramenta central de compreensão. Da mesma forma, as ressalvas colocadas acima geram perguntas que são a base para o conhecimento científico. Ainda de acordo com Mendes da Fonseca (2008), “o professor, na prática pedagógico-científica, pode ser muito menos alguém que ensina e mais alguém que desperta, estimula, provoca, questiona e se deixa questionar”, e conclui o argumento dizendo que “assim, para a ciência e para o espírito científico, todo conhecimento representa resposta a uma dúvida, a uma questão”.

Outro artigo pesquisado corrobora essa visão da pedagogia científica. Kuiuava e Régner (2012) associam o conhecimento científico de Bachelard ao conhecimento válido para a sociedade moderna. Os autores defendem que “a formação de um espírito científico oferece aos alunos uma forma de ver o mundo a partir da qual cada um contempla a vida em todas as suas dimensões”. É fácil identificar aqui o ponto em que os trabalhos desses autores tocam os demais trabalhos estudados. Quando usam a expressão “em todas as suas dimensões”, ressaltam o ponto já discutido que apenas uma dimensão jamais poderá contemplar todo o fenômeno. O que esse trabalho nos traz de novidade é o aspecto social, cotidiano do conhecimento científico. Não basta “conhecer o fenômeno” em todas as suas dimensões, o que importa aqui é “ver o mundo e contemplar a vida”. Essa visão se mostra muito interessante e peculiar nos trabalhos citados aqui, embora não se possa afirmar que é consonante ou dissonante dos outros trabalhos na área. No entanto, fica aqui a sugestão para uma futura pesquisa estado-da-arte.

Na continuidade do trabalho, os autores ressaltam a importância do conhecimento completo na sociedade. No decorrer do artigo, os autores defendem, também, o aprendizado por meio da superação de um conhecimento prévio, nas bases do conceito de aprendizagem defendido por Bachelard. Esses dois pontos ficam muito claros no excerto seguinte que, de certa forma, caracteriza o argumento principal do trabalho, pelo menos no tocante ao escopo da presente dissertação. O referido excerto traz a seguinte reflexão:

A partir de sua prática científica, a educação científica cria condições para o processo contínuo de aprendizagem, utilizando o conhecimento existente como alicerce para novas descobertas e para o desenvolvimento de ações estratégicas no sentido de ampliar e aperfeiçoar as formas de atuação na vida profissional e social. (KUIAVA E RÉGNIER, 2012).

A apresentação desses trabalhos se justifica aqui porque a presente dissertação também se embrenha nessa mesma seara, mesmo que não profundamente. A questão explorada neste texto se refere justamente ao estudo de um experimento remoto à luz dessa teoria. Afinal, um experimento controlado remotamente propicia condições para a superação dos problemas referenciados pelos trabalhos apresentados aqui? Um laboratório remoto permite que os obstáculos epistemológicos sejam superados proporcionando uma aprendizagem consistente no ponto de vista bachelardiano? Espera-se que, com os resultados obtidos durante essa pesquisa, seja possível, se não esgotar, se aproximar das respostas a essas questões.

Com a observação e montagem do experimento espera-se que seja possível identificar algumas particularidades da concepção de experimentos remotos bem como dificuldades e possíveis limitações. Então, com a observação da realização do experimento é esperado encontrar respostas ou, pelo menos, a aproximação dessas respostas no tocante às possibilidades e limitações que um experimento remoto pode apresentar como auxiliar no desenvolvimento de uma pedagogia consistente com a teoria de Bachelard e, conseqüentemente, saber se é um instrumento válido na construção do conhecimento científico.

Finalmente, através do questionário e da entrevista, espera-se pode obter uma dimensão mais clara das impressões e sensações dos alunos ao manipular um experimento real intermediado por computador.

## 4 HISTÓRICO E RELEVÂNCIA DOS LABORATÓRIOS REMOTOS

Nesta seção são apresentadas algumas definições sobre o Laboratório Remoto, sua história e alguns desafios relacionados ao uso dessa tecnologia. Também são apresentadas algumas das principais iniciativas ao redor do mundo.

É comum, quase intuitivo, na verdade, que se imagine que os experimentos remotos são uma possibilidade originária da internet ou, pelo menos, das telecomunicações. É difícil imaginar um experimento remoto sendo realizado sem a tecnologia atual. No entanto, realizar um experimento distante e utilizar seus dados em pesquisas não é uma prática tão incomum na ciência. Talvez o mais ilustre exemplo de como a experimentação remota foi utilizada para realizar um experimento que não poderia ser acompanhada *in-loco* pelo pesquisador, foi o experimento de Geiger e Marsden realizado entre 1910 e 1911 sob “encomenda” de Ernest Rutherford (SANTOS, 2018). Ainda segundo o autor, entre 1908 e 1909, Hans Geiger e Ernest Marsden bombardearam uma fina folha de ouro com partículas alfa e, para espanto da comunidade científica da época, algumas partículas ricochetearam enquanto esperava-se que todas atravessassem a folha. Para explicar esse retorno de partículas, Rutherford elaborou um novo modelo atômico que suplantava o modelo vigente elaborado por Joseph Thomson. Então, dois anos depois, Rutherford solicitou a Geiger e Marsden que refizessem seu experimento e assim, com os dados coletados, foi possível explicar o grande mistério do ricochete das partículas alfa. Hoje, com a tecnologia, é possível que o experimentador controle o experimento à distância. Mas isso não significa que, de algum modo, experimentos distantes do experimentador seja algo realmente novo.

Outro ponto que julgamos oportuno mencionar é o fato da experimentação remota estar, como visto, presente desde muito tempo na ciência mas também o fato de ser, cada vez mais, encontrada na ciência atual. Experimentos em microgravidade realizados remotamente são uma realidade. Sondas que coletam dados de outros planetas e corpos celestiais também não são novidades atualmente. Robôs exploram os oceanos a profundidades cada vez mais significativas onde um ser humano jamais poderia estar por conta das incríveis pressões a que estão submetidos. A instrumentação remota é, muitas vezes, utilizadas apenas como redução de custo e logística. As redes atuais de fibra ótica, por exemplo, permitem que de um ponto específico seja monitorado o comportamento de quilômetros de cabos de maneira completamente remota. Em caso de um problema, uma ruptura, por exemplo, é possível

enviar o técnico exatamente ao ponto onde se deu a intempérie sem a necessidade de vasculhar toda a rede à procura do incidente. Todos esses equipamentos possuem características comuns aos experimentos remotos abordados neste trabalho. O autor desta dissertação acredita que a experimentação remota, não apenas ou necessariamente no contexto científico, será cada vez mais comum na vida profissional. Antecipar essa experiência aos alunos poderá ser de grande valia para o futuro.

Reconhecido como o primeiro laboratório remoto do mundo, o SBBT (*Second Best to Being There*, segundo melhor do que estar lá, tradução nossa) da Universidade de Oregon State em 1995 tinha o objetivo de permitir que os alunos controlassem um braço robótico à distância para a disciplina de Engenharia de Controle (BOHUS, *et al.* 1995). Os mesmos autores justificam a iniciativa dizendo que

Experimentos de controle inovadores podem demandar tempo, dinheiro e energia para projetar e construir e, frequentemente, não são utilizados durante todo o ano acadêmico. Compartilhar experimentos remotamente permite um maior uso de um único equipamento de laboratório, reduzindo o custo por aluno do experimento e faz com que mais experimentos estejam disponíveis. (BOHUS, *et al.* 1995, tradução nossa)

Zorica; Machotka; Nafalski (2003) apontam que, depois disso, com o avanço da internet e das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), os laboratórios remotos passaram a se tornar mais comuns em outros campos, mas ainda predominam na área de engenharia.

Silva Neto (2016) aponta que no período de 2000 a 2015, diversos laboratórios remotos estavam em funcionamento. No entanto, apenas o Labshare, na Austrália, disponibilizava experimentos de física voltados ao ensino médio (LABSHARE, 2017).

Os laboratórios remotos são uma modalidade de experimentação relativamente nova e pouco explorada pelas pesquisas na área de educação. No entanto, existem estudos que abordam essa modalidade e trazem algumas características interessantes desta forma de experimentação. Bassoli (2014) lista quatro modalidades de experimentação e suas características principais, analisando o engajamento intelectual (interesse cognitivo), engajamento físico (manipulação), engajamento social (discussão de ideias) e o engajamento emocional (interesse afetivo) de cada uma. São elas:

1. *Demonstrações práticas: onde o aluno não manipula a experiência, mas acompanha a demonstração realizada pelo professor.* Não há engajamento físico e o nível de engajamento intelectual e afetivo depende da habilidade do

professor na condução da demonstração. O engajamento social pode ser conseguido com discussões em grupo.

2. *Experimentos ilustrativos: os alunos ou um grupo de alunos manipula o experimento.* Esse tipo de experimento proporciona o engajamento físico e social. O engajamento intelectual depende de cada aluno, bem como o engajamento emocional, pois o experimento pode dizer muito a um aluno, mas não despertar emoções em outro. A ausência ou pouca presença do professor dificulta o contorno dessas situações.
3. *Experimentos descritivos: são realizados pelos alunos e não são necessariamente acompanhados o tempo todo por um professor e os alunos devem descrever o experimento e explicá-lo.* O engajamento físico e intelectual é elevado. É importante frisar que não implica, necessariamente, teste de hipóteses.
4. *Experimentos investigativos: os alunos realizam o experimento, formulam hipóteses e buscam compreender o experimento através da troca de ideias.* Propicia grande engajamento intelectual, físico e social.

Em um levantamento das diferenças entre laboratórios reais, virtuais e remotos, Zorica; Machotka; Nafalski (2003) trazem a seguinte tabela comparativa:

Tabela 1 - Comparativo entre os três tipos básicos de laboratórios

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Real	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dados reais</li> <li>- Interação com equipamentos reais</li> <li>- Trabalho colaborativo</li> <li>- Interação com o superior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restrição de tempo e espaço</li> <li>- Requer agendamento</li> <li>- Alto custo</li> <li>- Requer supervisão</li> </ul>
Virtual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bom para explanação de conceitos</li> <li>- Sem restrição de tempo e espaço</li> <li>- Ambiente interativo</li> <li>- Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dados idealizados</li> <li>- Falta colaboração</li> <li>- Sem interação com equipamentos reais</li> </ul>
Remoto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interação com equipamentos reais</li> <li>- Calibração</li> <li>- Dados reais</li> <li>- Sem restrição de espaço e tempo</li> <li>- Custo médio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apenas “presença virtual” no laboratório.</li> </ul>

Fonte: ZORICA; MACHOTKA; NAFALSKI (2003, tradução nossa)

Observando as quatro modalidades propostas por Bassoli (2014) e o Quadro 1, é razoável conjecturar que o laboratório remoto pode ter um certo prejuízo no engajamento físico, visto que apesar dos alunos manipularem os experimentos, não os tocam fisicamente. No entanto, nos outros aspectos, os autores não apontam prejuízo algum em relação aos outros tipos de experimentos citados. Ainda de acordo com Zorica, Machotka e Nafalski (2003), o laboratório remoto também viabiliza qualquer das modalidades de experimentação citadas por Bassoli (2014).

#### 4.1 Laboratórios Remotos ao redor do mundo

Em vários lugares do mundo estão sendo desenvolvidas iniciativas de experimentos controlados remotamente. Para apresentar ao leitor algumas dessas iniciativas será utilizada a pesquisa de estado da arte realizada por Sancristobal *et al.* (2012). Esta pesquisa se mostra adequada às necessidades da presente dissertação por abordar as principais iniciativas mundiais no tocante a laboratórios remotos com experimentos compartilhados, ou seja, foram desenvolvidos com a mesma proposta abordada aqui<sup>3</sup>. Além desses, serão mencionados outros

<sup>3</sup> Nem todos os laboratórios remotos, mesmo os educacionais, visam o compartilhamento de acesso entre instituições. Por exemplo, Parkhomenko *et al.* (2017) apresenta o RELDES, localizado em Zaporizhzhya, na Ucrânia. Este é um laboratório remoto educacional que aborda o conceito de “Casa do Futuro”, ou seja, controle

laboratórios que, embora não constem na pesquisa citada, apresentam algum ponto relevante para a atual dissertação.

## 4.2 Labshare - Austrália

Da lista de laboratórios citadas aqui, apenas o Labshare e o WebLab Deusto contam com experimentos de física, mas apenas o Labshare possui experimentos para o nível básico de ensino.

Em sua página de apresentação, o Labshare é apresentado em três partes, que estão transcritas a seguir:

- Modelo de negócios

O Instituto Labshare (TLI - *The Labshare Institute*) opera com um provedor de serviço para redes ponto-a-ponto de infraestrutura de laboratórios remotos compartilhados. A infraestrutura pode ser diretamente propriedade e/ ou hospedada pelo TLI ou por outras instituições. Os serviços são processados através de uma base de assinatura. (LABSHARE, 2017, tradução nossa)

- Nossa estrutura

“Como uma companhia sem fins lucrativos limitada por garantias, TLI é formalmente pertencente aos seus Membros e é governado por um Painel de Diretores”. (LABSHARE, 2017, tradução nossa).

- Nossa missão

A missão do TLI é se tornar líder como provedor de serviço e solução para uso e desenvolvimento de Laboratório Remoto. TLI irá fazer isso através do encorajamento e advogando a favor da inovação da tecnologia de laboratórios remotos com o ensino da ciência e engenharia. (LABSHARE, 2017, tradução nossa)

Possui 10 experimentos, mas nenhum deles possui lições disponíveis. Informações sobre software e arquitetura não estão disponíveis na página oficial, diferentemente de outros laboratórios que possuem a mesma proposta. Para que o experimento possa ser utilizado é necessária a realização de um registro e um agendamento, não existe campo para testes informais. É possível visualizar vários experimentos sendo executados em vídeos na internet.

Não possui informações sobre sua história.

via internet de recursos domésticos em residências e não a experimentação remota.

Um ponto de atenção é que, na página inicial do site, a seguinte mensagem é mostrada: “O Instituto Labshare foi liquidado por acordo mútuo no início de 2015. O *website*, o catálogo de montagens e o suporte Labshare são agora mantidos pelo grupo UTS Remotelab” (LABSHARE, 2017, tradução nossa).

### 4.3 Weblab Deusto - Espanha

O projeto da Universidade de Deusto, na Espanha, foi amplamente citado por diversos trabalhos utilizados nesta dissertação. De acordo com o site oficial do Laboratório:

WebLab-Deusto é uma iniciativa da Universidade de Deusto objetivando o aumento da aprendizagem experimento pelo uso e desenvolvimento de laboratórios remotos. Para esse fim, vários laboratórios são oferecidos gratuitamente pela Internet e o software utilizado pelo laboratório está disponível sob licença Open Source e o equipamento pode ser duplicado. (DEUSTO, 2018, tradução nossa)

O site lista várias escolas que estão registradas para utilizar o Weblab Deusto. São dez escolas de sete países diferentes: Bulgária, Colômbia, Espanha, Hungria, Portugal, Eslováquia e Ucrânia. Possui diversos experimentos disponíveis, mas exigem registro para serem executados. Diferentemente do laboratório remoto da UNIFEI, o WebLab Deusto fornece o experimento mas não fornece roteiro para eles, dependendo do professor elaborá-los. Também não tem um foco definido, possuindo desde experimentos de programação de microcontroladores até um aquário real onde é possível alimentar o peixe e ligar ou desligar as luzes.

O histórico do projeto, de uma maneira resumida, segundo Deusto, 2018, remonta ao ano 2000. Na época, o laboratório visava experimento com CPLD (Controladores Lógicos Programáveis Complexos) e foi direcionado a uso em sala de aula em 2004, passando a ser regularmente utilizado por professores em 2005. Em 2007, devido à necessidade de atender a uma demanda maior de alunos e para evitar as várias cópias descentralizadas que tiveram de ser implementadas, o software WebLab Deusto 3 foi reescrito, permitindo um controle centralizado para várias implementações diferentes e entrou em operação em novembro daquele ano.

Em 2009, o Laboratório passou a utilizar os equipamentos do projeto VISIR e passou a utilizar controladores PIC para redução do custo, implementando o WebLab-Box. Neste ano, o WebLab Deusto foi integrado por Jaime Irurzun ao *Second Life*. Em 2010 se tornou código aberto. Entre os anos de 2011 e 2012, o laboratório passou a ser escalável, ou seja, passou a aceitar diversos experimentos compartilhados em seu sistema de maneira fácil, então seis

cópias do WebLab-Box foram desenvolvidas e distribuídas e uma delas, inclusive, foi para o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT).

Ainda em 2012 o projeto teve a colaboração internacional de professores da Universidade Federal de Florianópolis, Brasil e da Universidade Tecnológica Eslovaca, de Bratislava.

## 4.4 iLabs - Estados Unidos

O iLabs é mantido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts e é um dos grandes laboratórios remotos do Mundo. Como consta no site oficial:

**iLabs** (grifo do autor) é dedicado à proposição que os laboratórios remotos<sup>4</sup> - laboratórios reais acessados através da Internet - podem enriquecer a educação em ciência e engenharia pela grande expansão da gama de experimentos às quais os estudantes são expostos durante o curso de sua educação. Diferente dos laboratórios convencionais, iLabs podem ser compartilhados entre universidades ou pelo mundo. A visão do iLabs é compartilhar equipamentos caros e materiais educacionais associados com os experimentos de laboratórios o mais amplamente possível com mais educação e além. (ILABS, 2018, tradução nossa)

Atualmente, a equipe do iLabs no MIT possui experimentos nas áreas de microeletrônica, engenharia química, cristalização de polímeros, engenharia estrutural e processamento de sinais. No site oficial existem explicações sobre a arquitetura do sistema e instruções para qualquer escola construir seu próprio iLab. Além de ser um Laboratório Remoto, também é um conjunto de softwares que permite a construção de outros laboratórios integrados. Para que uma escola possa usar o iLabs em seu curso é necessário enviar um e-mail para o grupo e registrar uma conta.

Resumidamente, a história do iLabs começou em 1998 por iniciativa de Jesus del Alamo. A motivação foi a frustração decorrente dos alunos não possuírem os semicondutores para a experimentação na disciplina correspondente, sendo apresentado apenas de maneira teórica. Entretanto, o instituto possuía um equipamento de análise de semicondutor muito caro que ficava a maior parte do tempo subutilizado no laboratório. Não havia como todos os 100 alunos do curso serem alocados lá. Então, com uma pequena concessão da Microsoft, um aluno graduando foi contratado para escrever um pequeno aplicativo que permitia acesso remoto ao equipamento.

Em 1999, del Alamo convenceu colegas de outro departamento a explorar as possibilidades dessa nova tecnologia em parceria com a Microsoft formando o iCampus, onde

<sup>4</sup> No original, em inglês, é chamado de Laboratório *Online*.

cada departamento desenvolveu uma experiência remota utilizando as tecnologias que acharam conveniente.

Então, em 2001, Hal Abelson do Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação do MIT e Dave Mitchell da Microsoft sugeriram uma padronização da infraestrutura de todos os iLabs e isso resultou no *iLab Shared Architecture*<sup>5</sup> (ISA). A partir daí, esse padrão foi disponibilizado para que qualquer escola possa implementar e compartilhar seu próprio iLab.

Atualmente, o iLab possui parceiros em várias partes do mundo, incluindo a África, Austrália, China, Europa, Índia e Estados Unidos.

## 4.5 VISIR - Global

O projeto VISIR+ (*Virtual Instruments Systems In Reality*), de acordo com VISIR (2018) é um consórcio entre Argentina, Áustria, Brasil, Portugal, Espanha e Suécia, destinado a experiências de eletrônica, permitindo que o aluno, remotamente, construa e comande circuitos elétricos. Ainda de acordo com o site do projeto

Este projeto visa a grande área de Engenharia Elétrica e Eletrônica e, com ela, o conteúdo de teoria e prática de circuitos. Seu objetivo é definir, desenvolver e avaliar um conjunto de módulos educacionais compreendendo experimentos presenciais, virtuais e remotos, o último suportado por um laboratório remoto chamado *Virtual Instrument Systems In Reality* (VISIR). (VISIR, 2018, tradução nossa)

Mais à frente, na apresentação do projeto, ainda reforça que o projeto em si é composto por experimentos tanto presenciais quanto remotos e até mesmo virtuais e incentiva o professor a explorar o experimento em mais de um modelo, complementando que “esta é a preocupação da metodologia de ensino e aprendizagem subjacente, favorecendo a autonomia dos estudantes para a descoberta do funcionamento dos circuitos através de uma abordagem baseada em investigação” (VISIR, 2018, tradução nossa).

Como a razão de existência do projeto, a apresentação frisa que existe um crescente interesse no ensino de engenharia e ciências devido a:

- A escassez de profissionais nas áreas de ciências e técnica;
- Uma decrescente procura pelos jovens dos cursos de ciência e engenharia, quando procuram por uma graduação;
- O número de desistências nos anos iniciais dos cursos citados.

É interessante ressaltar que, embora seja senso comum dos brasileiros creditarem esses problemas apenas à nossa sociedade, esse tem sido também uma preocupação na União Europeia.

Completando a apresentação do projeto, o site traz as iniciativas para enfrentar as questões citadas e que essa iniciativa pode ajudar

elevando a consciência da sociedade para esse problema; aumentando o interesse nos jovens por ciência, tecnologia, engenharia e matemática; e promovendo novas metodologias de ensino aprendizagem, especialmente aquelas centradas no estudante envolvendo o uso de TIC, para lidar com a nova geração de nativos digitais. (VISIR, 2018, tradução nossa).

## **4.6 RExLab – UFSC – Brasil**

O RExLab é, dentre os laboratórios remotos Brasileiros constantes nesse trabalho, o mais antigo de todos. De acordo com o site oficial do RExLab (2018), sua fundação foi em 1997. Ainda de acordo com o site oficial

Um de seus objetivos é atender a necessidade de apropriação social da ciência e da tecnologia, popularizando conhecimentos científicos e tecnológicos, estimulando os jovens a inserirem-se nas carreiras científico-tecnológicas e buscar iniciativas que integrem a educação científica ao processo educacional promovendo a melhoria devido à atualização/modernização do ensino em todos os seus níveis, enfatizando ações e atividades que valorizem e estimulem a criatividade, a experimentação e a interdisciplinaridade. (REXLAB, 2018).

Hoje, o projeto envolve uma rede de 12 Universidades em 5 países diferentes, a chamada RexNet e conta com projetos e experimentos variados. Dentre os pontos abordados pela missão do projeto, em seu site oficial, consta que procura, através da experimentação remota, promover a transformação e o desenvolvimento da sociedade, utilizando das tecnologias das telecomunicações para ampliar o alcance dos serviços prestados.

Um excerto da visão do projeto ilustra os objetivos do projeto quando cita que se espera que o RExLab “promova o avanço do conhecimento de seus membros para outras e variadas áreas de estudo, possibilitando então que o laboratório seja colocado como destaque institucional” (REXLAB, 2018).

No site oficial são apresentados 18 experimentos bastante variados, não necessariamente de física. Em cada experimento existe alguns arquivos. No entanto, os arquivos são técnicos e tratam sobre os aspectos da implementação do experimento e não material de apoio para os estudantes. Esse material não foi encontrado no site na época do acesso aos experimentos, que se deu em 8 de setembro de 2018.

## 4.7 OCELOT - França

Não se trata propriamente de um Laboratório Remoto, mas de uma solução voltada para laboratórios remotos. OCELOT é o acrônimo para *Open Collaborative Environment for the Leverage of Online instrumentation* (ambiente aberto colaborativo para a promoção da instrumentação *on-line*, tradução nossa). De acordo com o site do projeto “trata-se de um *framework*<sup>6</sup> de solução completa para seus projetos de colaboração remota interativa” (OCELOT, 2018, tradução nossa).

Ainda segundo o site oficial do projeto, não é destinado apenas a laboratórios remotos, mas à Instrumentação Remota. Ou seja, pode ser aplicado na escola, na indústria e onde mais se necessitar dessa instrumentação.

Sobre a história do projeto, o site oficial fornece poucas informações. O projeto se originou na Télécom Saint-Etienne, na França, no programa de pós-doutorado do Professor Christophe Gravier do grupo de pesquisa SATIN. Agora, o projeto é conduzido, além do Prof. Gravier, pelo Professor Marius Preda, professor associado da Universidade SudParis e integrante do grupo ARTEMIS e pelo aluno de PhD Benjamein Jailly, também do SATIN.

No site oficial não consta quais projetos externos utilizam o OCELOT atualmente.

## 4.8 LiLa - Europa

De acordo com o site oficial (LILA, 2011), o nome vem da sigla em inglês para Biblioteca de Laboratório (*Library of Labs*). Consiste de uma iniciativa de laboratórios remotos e Virtuais de oito universidades: Universidade de Stuttgart (Alemanha), Universidade Técnica de Berlim (Alemanha), Universidade Técnica de Delft (Holanda), Universidade de Linkoping (Suécia), Universidade de Basel (Suíça), Universidade Politécnica de Madri (Espanha), Universidade Aristóteles de Salônica (Grécia) e Universidade de Cambridge (Inglaterra). Além das Universidades, três empresas fazem parte do consórcio: Oracle Deutschland (Alemanha), Computational Modelling Cambridge Ltd. (Reino Unido) e Math Core Engineering (Suécia).

No site oficial do LiLa, consta um link para o portal onde pode ser acessado o sistema de reservas, de conexão aos experimentos, os tutoriais e um ambiente colaborativo 3D.

O site oficial traz como objetivos do LiLa:

<sup>6</sup>De acordo com Sauv e (2007), um *framework*, em computação,   um conjunto de componentes que podem ser reaproveitados para que se construa um programa de computador sem a necessidade de construir todos os componentes do zero.

Além disso, LiLa cria uma estrutura organizacional para a troca de experimentos entre instituições e para o acesso à configurações experimentais. Como suporte, LiLa provê modelos de contratos para instituição e ajuda didática para professores para a integração de experimentos virtuais e remotos no currículo. O primeiro grupo alvo do LiLa são professores universitários e seus estudantes em aulas de graduação e pós-graduação em ciências naturais e engenharia. (LILA, 2011, tradução nossa)

Não há informação sobre histórico no site oficial.

Um ponto relevante a ser colocado refere-se à data de atualização do site. Segundo consta no rodapé da página inicial, a última atualização foi realizada em 13 de dezembro de 2011.

## 4.9 Laboratório Remoto de Física - UNIFEI - Brasil

O laboratório remoto de Física da Universidade Federal de Itajubá é um dos laboratórios remotos diretamente envolvidos neste trabalho e onde foi realizada a observação de utilização descrita nos aspectos metodológicos da pesquisa.

Esse laboratório remoto permite que o usuário entre e teste, por cinco minutos, qualquer experimento que estiver vago, sem a necessidade de cadastro ou reserva. Permite também que, caso o professor ou aluno deseje reservar um horário, possa consultar e realizar essa reserva *online*.

Como consta na apresentação na página oficial do laboratório

Em se tratando de experimentos, pode-se dizer que o laboratório é como um laboratório didático de Física tradicional, com bancadas, instrumentos de medição, entre outros elementos. A grande diferença é que todos os experimentos do laboratório remoto didático de Física podem ser operados remotamente com auxílio da comunicação via internet e de sistemas de automação desenvolvidos e implementados por nossa equipe. (CAETANO, 2017)

Ainda de acordo com o autor, o início desse laboratório se deu em 2012 no Instituto de Ciências Exatas da UNIFEI, mas foi com a criação do Instituto de Física e Química, em 2015, que a iniciativa começou a ganhar os contornos atuais, com nova infraestrutura física, hardware e software mais adequados. Atualmente o laboratório atende ao curso de Licenciatura em Física “com o propósito de instrumentalizar os futuros docentes para um ensino que seja consistente com o cenário atual, em que se faz necessário trabalhar, de forma articulada, as novas tecnologias em sala de aula” (CAETANO, 2017).

Quanto aos objetivos<sup>7</sup> do laboratório o autor destaca que o laboratório remoto visa disponibilizar os experimentos aos professores e estudantes de qualquer instituição que não possuam um laboratório de física ou que, pelo menos, não tenham acesso presencial aos

<sup>7</sup> No site oficial, é utilizado o termo “filosofia”

mesmos experimentos que laboratório remoto disponibiliza. No entanto, uma ressalva muito importante é colocada quando destaca que

a experimentação remota não tem como objetivo substituir a experimentação *in situ* e sim criar uma alternativa para um grupo de estudantes, ou mesmo para o público não escolar, para que tenham a possibilidade de realizarem atividades experimentais com equipamentos muitas vezes inacessíveis, seja pelo custo, pelo grau de periculosidade ou por qualquer outra razão; e a convicção de que experimentos controlados remotamente podem contribuir para o desenvolvimento de um conjunto específico de habilidades e competências. (CAETANO, 2017)

Por fim, o autor ressalta que o laboratório remoto é adequado para experiências de difícil montagem, custo alto ou algum outro complicador que impeça que a experiência seja realizada de maneira presencial. Se a experiência presencial for possível, o autor recomenda que seja assim realizada.

No site oficial constam três experimentos: Trilho de Ar, Ondas Estacionárias e Óptica Física (em fase de teste). Além dos experimentos, possui um link para a adição de roteiros. No entanto, ainda nenhum roteiro foi cadastrado.

#### **4.10 Weblab – ITA - Brasil**

No site oficial do Weblab ITA não consta uma data de início do projeto. No entanto, um documento publicado em 2007 no XVIII SBIE traça as bases da iniciativa que configurou o Weblab ITA (SIEVERS JR.; GERMANO; ALMEIDA, 2007). De acordo com o site oficial, o projeto “visa levar ao alcance, de quem não possui um laboratório preparado, a qualidade de experimentos altamente confiáveis e materiais que apoiam o aprendizado” (WEBLAB, 2018) . Ainda de acordo com o site oficial, os experimentos são disponíveis para serem acessados gratuitamente com cadastro prévio.

A missão do Weblab ITA é citada no site oficial como “criar e disponibilizar para uso, o maior número de experimentos com materiais de apoio confiáveis ao aprendizado” e sua visão é descrita como “que todos devem ter acesso a um conhecimento confiável e a oportunidade de experimentá-los de uma maneira fácil e usual” (WEBLAB, 2018).

Atualmente conta com cinco experimentos de física com aporte teórico e vários outros recursos para facilitar a compreensão do experimento. Possui uma interface bastante moderna e completa utilizando *scripts* HTML5 e um design bastante limpo. A título de experiência, um dos experimentos foi acessado pelo autor desta dissertação: o experimento intitulado “Espectroscopia” no dia 8 de setembro de 2018, às 19h 54min e o acesso foi realizado sem

maiores dificuldades apresentando apenas uma pequena lentidão na resposta aos comandos do site.

#### **4.11 Projeto DIESEL**

O projeto DIESEL é uma proposta apresentada por Callaghan *et al.* (2005) para mitigar deficiências encontradas pelos pesquisadores nos laboratórios remotos até então. Não existe um site oficial do projeto e nossas pesquisas não encontraram em nenhum dos laboratórios citados referências ao projeto DIESEL. Também vale mencionar que esse projeto não consta da lista da pesquisa estado da arte apresentada por Sancristobal *et al.* (2012). No entanto, a apresentação aqui se justifica para uma reflexão dos problemas encontrados na época e para direcionar uma parte futura da discussão deste trabalho.

As deficiências constatadas eram referente à interação, operação e principalmente pela pouca flexibilidade oferecida pelos laboratórios remotos da época. Os laboratórios remotos oferecem apenas uma fração da funcionalidade, acessibilidade e acessibilidade em comparação com os mesmos experimentos quando executados por laboratórios presenciais. Os autores complementam ainda que os laboratórios remotos não conseguem utilizar plenamente os recursos de hardware e software disponíveis.

Os autores, então, apresentam os diagramas para a solução proposta<sup>8</sup>. Em uma estrutura cliente-servidor, o sistema DIESEL orienta o usuário e controla outras estações de trabalho que estão conectadas ao experimento. Assim, todas as estações estão subordinadas a um servidor central que gerencia toda a interação com o cliente. A parte disso, o sistema ainda possui lições, roteiros e documentações relativas a cada experimento e mantém o ambiente de operação do experimento, as lições e o ambiente integrado de aprendizagem todos juntos, em um só sistema.

De acordo com Callaghan *et al.* (2005), o projeto foi executado na Universidade de Ulster, na Irlanda do Norte. No entanto, não foram encontrados registros sobre o destino do projeto.

#### **4.12 Desafios inerentes à experimentação remota**

Como qualquer tecnologia recente, os laboratórios remotos apresentam diversos desafios à sua implantação e operação. Antes mesmo que se possa analisar as questões

<sup>8</sup> Não serão apresentados aqui os diagramas técnicos da proposta e também será evitada qualquer explicação técnica mais profunda. Essa discussão será aprofundada na apresentação do produto que será derivado desta pesquisa, constante nos Próximos Passos.

relativas aos desafios da utilização dos laboratórios remotos, existe um obstáculo crucial a essa tecnologia que muito se fala no Brasil: a não integração adequada das TIC na sala de aula. Em 1997 já se ponderava que

apesar dos fortes apelos da mídia e das qualidades inerentes ao computador, a sua disseminação nas escolas está hoje muito aquém do que se anunciava e se desejava. A Informática na Educação ainda não impregnou as idéias dos educadores e, por isto, não está consolidada no nosso sistema educacional. (VALENTE E ALMEIDA, 1997)

Embora essa constatação date de 1997, esse é um problema reconhecidamente não superado nos dias atuais, pelo menos não na maioria das instituições de ensino. Então, é necessário frisar que, além das dificuldades e desafios inerentes à implantação de uma tecnologia relativamente nova, como é o caso dos laboratórios remotos, ainda existem problemas mais básicos para a sua disseminação. Como esse aspecto tem sido frequentemente objeto de estudo de diversos outros trabalhos, não será aprofundado nesta dissertação. Entretanto, é importante salientar que esse obstáculo está muito presente e é bastante importante quando se fala de qualquer recurso relacionado às TIC na educação.

Callaghan *et al.* (2007) abordam uma outra limitação, essa mais específica ao produto que será originado desta dissertação, referindo-se ao projeto DIESEL do Reino Unido quando menciona a plataforma virtual de operação do laboratório. O autor pondera que nesse laboratório específico e na maioria dos construídos até aquela data, o ambiente virtual que o aluno utiliza para interagir com o experimento não consegue se aproximar do que existe nos laboratórios presenciais, principalmente no tocante à interação entre colegas e professores. Nesse artigo o autor faz uma proposta de um sistema *on-line* que aperfeiçoa essa interação e permite uma redução nessas limitações. É interessante mencionar que o estudo da interface com o usuário não é um ponto central desta dissertação, mas o produto que propomos como resultante desta pesquisa irá aprofundar um pouco mais o tema de plataforma de operações de laboratórios remotos.

Outro desafio presente na utilização dos laboratórios remotos é mostrado por Alves *et al.* (2011) no tocante ao que se espera que um laboratório deva cumprir. Os autores colocam que “apesar de parecer haver um consenso de que os laboratórios são necessários, pouco foi dito sobre o que eles devem cumprir” (tradução nossa). A questão que se coloca é: o que se deve esperar de uma atividade prática, seja ela presencial ou remota? Neste trabalho, é admitida como função básica de um experimento a superação dos diversos obstáculos epistemológicos presentes na concepção científica do aluno e, então, a posterior superação desses obstáculos por meio da experimentação. No entanto é importante salientar que essa

postura não é universal, trata-se de uma decisão do autor dessa dissertação. Alves *et al.* (2011) ressaltam que os objetivos dos cursos não são claramente delineados nos artigos que estudam o laboratório e, na conclusão, tampouco os autores desses artigos mencionam se os objetivos do laboratório foram atingidos.

Além dos obstáculos quanto à aplicação dos conceitos de uma maneira inovadora, existem desafios de cunho mais prático. Construir um experimento controlado remotamente, do ponto de vista de sua implementação técnica, não é trivial. As necessidades de *hardware* e *software* para controle, monitoramento e interação não podem ser satisfeitas sem grande esforço por parte do construtor do laboratório e, geralmente, requerem o auxílio de profissionais da área de informática e eletrônica. Schauer; Ozvoldova e Lustig (2007) apontam que “o principal obstáculo, frequentemente, não é o requerimento financeiro do experimento remoto, mas o *know how* técnico sobre as TIC e o conhecimento correspondente às comunicações cliente-servidor e seu estabelecimento”. Ou seja, para a construção de um laboratório remoto se faz necessário um suporte técnico que a maioria das escolas não possui e um conhecimento muito específico que a maioria dos professores a quem os laboratórios remotos poderiam auxiliar também não pode oferecer sem um grande esforço, o que, muitas vezes, se torna impraticável.

Como é possível constatar nesta seção, os laboratórios remotos não estão completamente definidos e ainda oportunizam muitas pesquisas, em especial em seu caráter pedagógico. No entanto é uma tecnologia bastante promissora pelo que se pode observar da quantidade de grandes universidades investindo na pesquisa referente a essa modalidade de laboratórios. Porém, além da pouca pesquisa pedagógica direcionada aos laboratórios em comparação com a grande quantidade de pesquisas técnicas, outro ponto é digno de nota para o presente trabalho: a escassez de laboratórios remotos apoiando o Ensino Médio.

## **5 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA**

Na seção 5.1, é apresentado o contexto no qual se desenvolveu a pesquisa e as etapas que se sucederam. Ainda nessa seção é descrito o experimento com uma breve explicação da teoria que o permeia. Na seção 5.2, é apresentado o método de observação utilizado neste trabalho. Na sequência, a seção 5.3 aborda o referencial adotado para a construção do questionário e, finalmente, na seção 5.4 é explicitado o referencial utilizado para a análise dos dados coletados.

### **5.1 Contexto da Pesquisa**

Esta pesquisa utiliza a abordagem qualitativa que, segundo Gerhardt e Silveira (2009), apresenta a seguinte característica “A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.”. Este trabalho teve sua coleta de dados baseada em observação direta e questionários, procedimentos que serão detalhados mais adiante.

Inicialmente, foi observada a construção de um experimento tipicamente trabalhado em contexto presencial adaptado para a experimentação remota. A construção do experimento foi realizada pelo coordenador do laboratório remoto da UNIFEI e coorientador desta dissertação, acompanhado pelo professor da turma sujeito dessa pesquisa. A construção do experimento foi observada com o objetivo de se compreender algumas peculiaridades e desafios que se configuram na implementação e adaptação desse tipo de experimento, originalmente presencial, para utilização remota. Foram construídos, ao todo, seis experimentos, sendo dois presenciais e dois remotos, utilizados na pesquisa e mais dois presenciais utilizados com os demais alunos da turma que não participaram desse trabalho.

Uma vez que o experimento foi construído, testado e validado, foi então disponibilizado para a utilização pelos alunos.

A observação se deu durante a aula prática de física de uma turma regular do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Itajubá. Para a realização dessa observação e a aplicação do questionário, contamos com a ajuda do professor de física regente da turma. Esse professor possui formação em Licenciatura em Física e Mestrado em Educação em Ciências, ambos por esta Instituição de Ensino Superior. Leciona a disciplina de física há 10 anos e sempre se mostrou bastante consciente quanto à necessidade da articulação entre Universidade e Sociedade. Por esse motivo, gentilmente aceitou o convite para integrar esta

pesquisa. Salienta-se aqui um aspecto que também tem sido foco de diversos estudos na área de Educação: a integração entre a Universidade e a Escola. Este aspecto não é objeto direto de estudo de nosso trabalho, mas se faz presente fortemente no contexto de nossa pesquisa, pois os laboratórios remotos são, em sua maioria, desenvolvidos dentro de Universidades e, no caso deste trabalho e de vários outros laboratórios, propõe-se que sejam utilizados por alunos do ensino fundamental e médio.

O experimento estudado é conhecido como Anel de Thomson e ilustra o conceito físico de eletromagnetismo, mais especificamente o conceito de indução eletromagnética. Detalhes sobre a fundamentação teórica do experimento e sua construção serão abordados na seção seguinte.

Durante os meses de fevereiro e março de 2018, a turma estudou o conteúdo de eletromagnetismo previsto no currículo do Ensino Médio. Então, como o fechamento da disciplina, no dia 19 de abril foi realizada a aula prática observada nesse trabalho. A turma foi dividida em três grupos distintos: seis alunos que realizaram o experimento presencialmente, acompanhados pelo autor deste trabalho; seis alunos que realizaram o experimento remotamente, acompanhados pelo coorientador deste trabalho e os demais alunos que seguiram com o professor da turma para acompanhar a realização do experimento em uma sala à parte que não participaram desse estudo. Os doze alunos participantes, então, foram divididos em quatro grupos de três integrantes. A escolha dos alunos e a subsequente divisão entre os quatro grupos foi feita de maneira completamente aleatória. Esse método de sorteio é defendido no trabalho de Cox e Reid (2000) quando afirmam que “o objetivo primário do *design* dos experimentos é evitar tendências (tradução nossa)”. Para atingir esse objetivo, os autores sugerem o uso da aleatoriedade<sup>9</sup> quando afirmam que

a necessidade de se estabelecer publicamente a independências desses enviesamentos sugere que um método completamente impessoal de alocação é desejável. A aleatoriedade é uma maneira muito importante de se conseguir isso: escolhamos  $r$  unidades aleatórias de  $2r$ . É a essencial que a aleatoriedade signifique o uso de um dispositivo físico; não significando que a alocação é vagamente aleatória ou mesmo que é feita de uma forma que pareça efetivamente um sorteio para o investigador (COX e REID, 2000).

Após o sorteio, os alunos que não estavam em nenhum dos quatro grupos foram dispensados e aos alunos participantes da pesquisa foi entregue um pré-teste. Esse pré-teste se trata de um questionário com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio dos alunos da teoria que permeia o experimento. Uma vez preenchido o pré-teste, os alunos então foram

<sup>9</sup> No trabalho original: *randomization*

conduzidos para o experimento remoto acompanhados do coorientador e para o experimento presencial pelo autor desta pesquisa.

Durante a execução do experimento, os alunos receberam uma folha com várias questões com os aspectos abordados no experimento, a qual denominamos “Questionário”. A atuação das equipes foi, então, registrada em vídeos digitais e esse questionário foi recolhido ao final.

Assim que o experimento foi concluído, os alunos se reuniram para uma conversa. Essa conversa se deu, segundo Bogdan e Biklen (1994), como uma entrevista qualitativa semi-estruturada. De acordo com os autores, “nas entrevistas semi-estruturadas fica-se com a certeza de se obter dados comparáveis entre os vários *sujeitos* (grifo do autor), embora se perca a oportunidade de compreender como os próprios sujeitos estruturam o tópico em questão” (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Inicialmente, a conversa se deu entre o autor com os alunos que realizaram o experimento presencial. O objetivo dessa entrevista foi compreender como o experimento foi percebido e se os obstáculos epistemológicos<sup>10</sup> que se apresentaram durante o pré-teste haviam sido, pelo menos, colocados em dúvida. Do mesmo modo, assim que encerrada a conversa com os alunos que realizaram o experimento presencial, outra sessão de entrevistas, com os mesmos objetivos, foi conduzida com os alunos que realizaram o experimento remoto.

Todas as entrevistas foram gravadas e, posteriormente, transcritas. Esse material, então, foi analisado com bases nas perguntas citadas no primeiro capítulo deste trabalho<sup>11</sup>, visando sempre atingir os objetivos da pesquisa presentes no capítulo 2. Vale ressaltar que, muito além de se classificar as respostas dos alunos como “certas” ou “erradas”, a ideia central dessa análise é entender o que foi dito ou escrito como uma forma legítima de conhecimento. Entende-se que todo conhecimento é uma construção. Mesmo quando se trata de senso comum, existe uma construção sobre esse senso comum para que haja algum significado e um conseqüente entendimento. No entanto, de acordo com Bachelard (1996), o pensamento quando obstruído pelos obstáculos epistemológicos são considerados pré-científicos. Um aprofundamento desse conceito foi abordado no capítulo 3 desta dissertação.

Uma vez coletados os dados, foi utilizada a análise de conteúdo para que pudessem ser identificados pontos no procedimento que demonstraram que efeitos a experimentação causou

10 O conceito será abordado no Capítulo 1 desta dissertação.

11 As perguntas referidas são:

- Que possibilidades de superação de obstáculos epistemológicos a experimentação remota apresenta para um grupo de alunos realizando um experimento remoto de física do ensino médio?
- Que limites o laboratório remoto coloca na ação do aluno durante a manipulação do experimento?
- Que desafios se apresentam na construção de experimentos a serem controlados remotamente?

nos alunos, como alteração da motivação, curiosidade, desconstrução de conhecimentos previamente estabelecidos e a construção de novos conhecimentos. Reforçando, aqui também não se pretende avaliar se a percepção do conceito de física é correta ou não após a experimentação ou traçar um comparativo entre os alunos que utilizaram o experimento remoto e o presencial. A intenção, com esse procedimento, foi observar as oportunidades que o laboratório remoto proporcionou aos alunos para que questionassem e criticassem o conhecimento, levando a uma atitude mais investigativa, curiosa e motivada, como preconiza o “Novo Espírito Científico” bachelardiano.

Com isso, era esperado conseguir apontar algumas limitações dos laboratórios remotos bem como algumas oportunidades que pudessem vir a ser exploradas futuramente por outros trabalhos. Também, durante este trabalho, esperou-se conseguir algumas informações que pudessem vir a ser úteis para a elaboração de experimentos controlados remotamente.

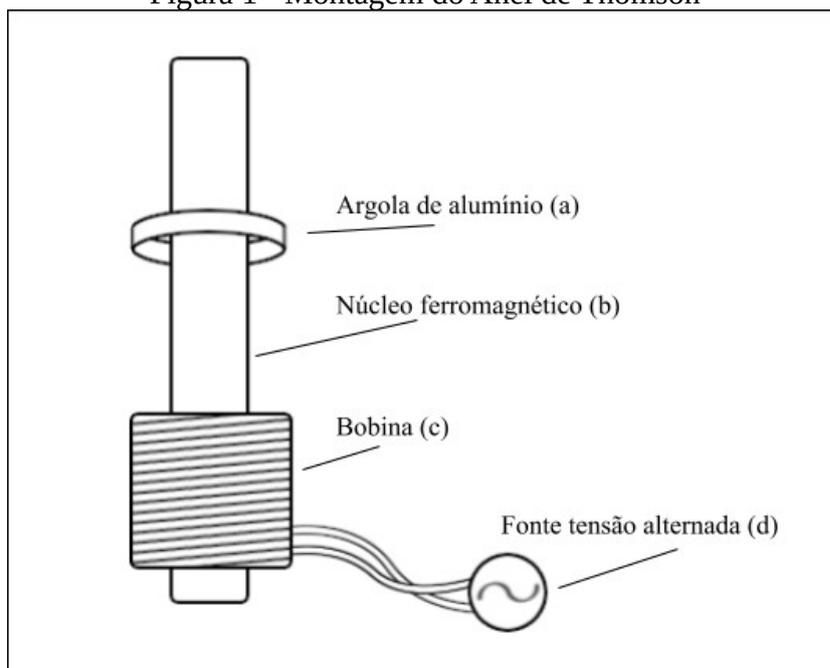
Finalmente, com base nos resultados obtidos pela análise dos dados coletados, foi desenvolvido um software de controle e interação para o laboratório remoto que, espera-se, irá aprimorar a experiência do aluno na interação com o experimento, bem como permitir uma estrutura expansível e mais barata para a construção de futuros laboratórios remotos.

### **5.1.1 O Anel de Thomson (anéis saltantes)**

Os anéis saltantes, ou anel de Thomson, de acordo com Silveira e Axt (2003) trata-se de uma experiência bastante comum no Ensino Médio por ser de fácil construção e exercer um grande fascínio sobre os alunos. A experiência foi desenvolvida pelo físico americano Elihu Thomson no século XIX e, por esse motivo, foi batizada com seu nome.

Ainda de acordo com os autores, o experimento se trata de uma ou duas argolas de alumínio (a) posicionadas ao redor de um núcleo ferromagnético (b), em cuja base existe uma bobina (c) que é conectada a uma tensão alternada (d) (Figura 1).

Figura 1 - Montagem do Anel de Thomson



fonte: Elaborado pelo autor

Ao ser aplicada uma tensão alternada na bobina, a argola de alumínio “levitará” pelo núcleo ferromagnético até uma determinada altura. Uma opção curiosa possível nesse experimento é a possibilidade de se colocar duas argolas. Ao se aplicar a mesma tensão, as duas argolas juntas se elevarão ainda mais alto que uma argola sozinha. Por motivos práticos, essa montagem com duas argolas não foi realizada.

### 5.1.2 Princípio de funcionamento

Essa experiência visa demonstrar conceitos relativos à disciplina de física, especialmente o tópico de eletromagnetismo. No entanto, como ressaltam Silveira e Axt (2003), não se trata de uma explicação tão simples quanto normalmente surgem em livros didáticos.

O que causa a levitação da argola é o fenômeno da indução eletromagnética de Faraday que se enuncia como “a força eletromagnética induzida em uma espira fechada é dada pela taxa de variação do fluxo magnético, com o sinal negativo, através da área delimitada pela espira” (YOUNG E FREEDMAN, 2009) . Esse fluxo variável é gerado pela bobina quando esta é alimentada pela corrente alternada. Como os campos possuem polaridades invertidas, acaba existindo uma força de repulsão entre a argola e a bobina, que a faz, então, “levitar”. Isso explica o porquê de duas argolas “levitarem” mais alto que uma única argola. Neste caso, a força de repulsão é ainda maior.

Uma das maneiras de se entender o que ocorre durante o experimento é quando o aluno tem a possibilidade de tocar o anel de alumínio com as mãos e verificar que existe um aquecimento. Essa variação de temperatura é causada justamente pela corrente elétrica que é induzida pelo campo magnético variável. Normalmente, o professor não instiga o aluno a tocar o experimento, mas caso o aluno imagine que exista uma variação de temperatura, o professor permite que o faça. No caso de uma experimentação remota, o sentido do tato não está disponível, o que traz uma limitação considerável nesse aspecto. Essa limitação pode ser amenizada caso haja uma câmera sensível à radiação infravermelha disponível no laboratório. Porém, essa solução não será considerada neste trabalho por se tratar de um equipamento caro e que, normalmente, não estará disponível na maioria dos laboratórios remotos. Outra possibilidade considerada foi a adoção de tintas termosensíveis, comumente encontradas nos rótulos ou latas de algumas marcas de cervejas, onde a cor é alterada de acordo com a temperatura. Sendo uma opção consideravelmente mais acessível, não foi adotada apenas por uma questão de tempo para testes com o material. Para trabalhos futuros trata-se de uma alternativa, a princípio, bastante atraente.

Retomando o princípio de funcionamento do experimento, pelo excerto que se segue do trabalho de Silveira e Axt (2003), é possível afirmar que, embora a explicação acima não esteja incorreta, está bastante simplificada, pois ocorre que

Uma bobina e uma espira próximas uma da outra, podem interagir atrativa ou repulsivamente quando percorridas por correntes elétricas. Desta forma, uma explicação satisfatória para a levitação, deverá reconhecer a possibilidade da existência desses dois efeitos e justificar como acaba prevalecendo o efeito repulsivo que faz a argola levitar. (SILVEIRA E AXT, 2003)

Seria interessante, então, dependendo das necessidades do professor e do grau de maturidade da turma, lançar essa hipótese que poderia, usando um termo popperiano<sup>12</sup>, “falsear” a hipótese primeira, levando a uma interessante discussão.

A explicação em detalhes do real motivo, resumidamente, indica que existe sim, em algum momento, atração entre a bobina e os anéis, mas a força resultante é que acaba sendo a de repulsão. Para uma explicação mais detalhada do fenômeno, sugere-se o artigo de Silveira e Axt (2003).

No entanto, é importante mencionar, que se trata de uma explicação bastante complexa, provavelmente inacessível a um aluno regular do Ensino Médio. O objetivo aqui, como foi citado anteriormente, não é avaliar a correção do conhecimento ou a precisão das

12 Referência ao filósofo austríaco Karl Popper. A consideração proposta, obviamente, não “falsearia” de fato a teoria do eletromagnetismo, mas possivelmente geraria um desconforto no aluno ao questionar uma explicação muito simples e óbvia para uma experiência bastante comum.

explicações dadas pelo aluno, mas sim despertar a curiosidade e a inquietação diante de explicações simples para fenômenos que, aparentemente simples, são bastante complexos em sua essência. Essa postura científica, mais que a capacidade de recitar fórmulas e conceitos, é o que Bachelard valoriza em seu “Novo Espírito Científico” e, portanto, a abordagem deste trabalho.

### 5.1.3 Roteiro da experiência

A experiência foi realizada com base no questionário presente no Anexo II deste trabalho. Antes da realização da experiência foi realizado um Pré-Teste, constante do Anexo I desta dissertação. Esses dois questionários balizaram a condução do experimento pelos alunos no lugar de um roteiro, propriamente dito. Os alunos foram orientados apenas a ligar ou desligar o experimento quando entendessem que era necessário testar ou validar alguma hipótese.

## 5.2 Método de observação da pesquisa

A observação se deu em dois momentos durante a coleta dos dados: enquanto o professor montou os experimentos e enquanto os estudantes executaram o experimento, tanto remota quanto presencialmente<sup>13</sup>. Todo o processo de observação foi pautado pelos estudos de Cohen; Manion; Morrison (2000).

De acordo com os autores supracitados (tradução nossa), a observação “é atrativa porque permite ao pesquisador coletar informações ‘ao vivo’ de situações ‘ao vivo’”. O autor complementa que a observação permite ao observador uma visão do contexto da situação. Ainda complementam que “devido ao fato que os incidentes observados são menos previsíveis, há um certo frescor nessa forma de coleta de dados que não é encontrada em outras formas, como o questionário ou teste” (COHEN; MANION; MORRISON, 2000, tradução nossa).

Os autores classificam a observação dentro de um contínuo que inicia na observação estruturada, onde sabe-se exatamente o que se procura. No ponto central, encontra-se a observação semi-estruturada, onde se tem um grupo de características a serem observadas e os dados decorrentes da observação “iluminam” essas características de uma maneira não tão pré-determinada, mas muito mais livre. Finalmente, no outro extremo do contínuo, se localiza

13 Como já citado, a observação *in loco* pelo autor desse trabalho se deu durante a execução do experimento presencial, sendo que o experimento remoto foi executado no mesmo tempo, em outra sala, sob o acompanhamento do co-orientador desta dissertação. A observação desse momento foi feita, posteriormente, utilizando de uma gravação de vídeo realizada durante a experimentação.

a observação não-estruturada, onde os objetivos não são tão claros e se deve realmente entrar em uma situação antes de decidir sua importância para a pesquisa. Os autores ainda complementam dizendo que

De outra maneira, uma observação semi-estruturada e, mais particularmente, não-estruturada, serão mais geradoras de hipóteses que testadoras de hipóteses. A observação semi-estruturada e não-estruturada irão revisar os dados observacionais antes de sugerir uma explicação para o fenômeno observado. (COHEN; MANION; MORRISON, 2000, tradução nossa)

Portanto, enquanto a estrutura da observação realizada nesta dissertação, é possível afirmar que se trata de uma *observação semi-estruturada*, pois enquanto não há uma hipótese a ser testada, existe uma direção clara de quais características pretende-se encontrar durante a observação.

No tocante à participação do observador durante a pesquisa, os autores também sugerem um contínuo. Em um extremo está o *completo participante*, indo até o *participante-como-observador*, passando pelo *observador-como-participante* e fechando, na outra ponta, em *observador completo*. Esse contínuo varia conforme o nível de envolvimento do observador com a pesquisa, sendo que no primeiro ponto o pesquisador participa diretamente da pesquisa e no último o pesquisador não interfere diretamente no fenômeno a ser pesquisado.

No caso desta pesquisa a observação pode ser classificada, no tocante à participação do observador, como *observador-como-participante*. Em nosso caso, o observador irá procurar não interferir diretamente na observação<sup>14</sup> mas sim observar a forma como os alunos conduzem o experimento remoto e procurar identificar que limitações e potencialidades o experimento remoto pode oferecer.

### 5.3 Referencial de construção do questionário

A exemplo do referencial usado para realizar a observação, o questionário também foi embasado nos trabalhos de Cohen; Manion; Morrison (2000). A aplicabilidade do questionário pode ser compreendida pelo trecho:

O questionário é amplamente usado e é um instrumento útil para a coleta de informações de pesquisa, provendo dados estruturados e, frequentemente, numéricos possíveis de ser administrados sem a presença do pesquisador e muitas vezes comparativamente diretos para serem analisados. (WILSON E MCLEAN, 1994 apud COHEN; MANION; MORRISON, 2000, tradução nossa)

14 Entende-se como impossível uma observação não causar nenhum impacto no fenômeno observado caso esse envolva pessoas. O simples fato dos alunos saberem que são observados já pode acarretar alguma alteração do comportamento.

No entanto, os mesmos autores ponderam que os dados provenientes do questionário não são tão sofisticados quanto os dados coletados pelas demais formas de pesquisa, além do que a elaboração do questionário pode demandar muito tempo e esforço por parte do pesquisador.

Um ponto central da utilização do questionário apontado pelos autores é que “os respondentes do questionário não são provedores de respostas passivas para os pesquisadores; eles são sujeitos e não objetos de pesquisa” (COHEN; MANION; MORRISON, 2000, tradução nossa). Portanto, um questionário não deve ser elaborado e muito menos analisado desconsiderando a individualidade daqueles que o respondem.

Seguindo os passos de elaboração do questionário proposto pelos autores, o primeiro passo para a elaboração do questionário é a utilização de uma carta de fluxo (*flow chart*) para a definição dos pontos principais, como se segue:

- *Propósitos e objetivos do questionário:* identificar as dificuldades encontradas pelos alunos durante a realização do experimento, bem como as vantagens e oportunidades proporcionadas pela experimentação remota.
- *População e amostragem:* a população alvo do questionário são os alunos do Ensino Médio de uma escola pública de Itajubá e a amostragem serão seis alunos de uma turma específica que utilizará o Laboratório Remoto
- *Dados e característica das informações coletadas:* para que os propósitos do questionário sejam atingidos, será necessário coletar dos alunos as impressões obtidas antes da realização do experimento (do que se trata, como o experimento é configurado e como funciona), as impressões durante a realização do experimento (manipulação do experimento, percepção do que aconteceu, possibilidade de testar as hipóteses geradas) e as impressões após o experimento (substituição de um conceito prévio, dificuldades nessa substituição e fatores que auxiliaram no entendimento da teoria ilustrada pelo experimento).
- *Tipos de respostas requeridas:* as respostas, foram obtidas por questões fechadas e abertas, pois o questionário será um complemento aos dados coletados através da observação.
- *Itens do questionário:* os itens do questionário são apresentados no Anexo I desta dissertação.

Quanto à estrutura do questionário, de acordo com Cohen; Manion; Morrison (2000) pode ser definido como semi-estruturado, pois possui uma sequência e um objetivo bem definidos, mas não obriga o aluno a responder de uma maneira fortemente pré-determinada, permitindo respostas livres em alguns pontos e fechadas em outros.

Os dados coletados pelo questionário serão tabulados e analisados e, então, serão utilizados para complementar os dados coletados pela observação.

## **5.4 Análise dos dados coletados**

O método de análise dos dados coletados tanto pela observação quanto pelo questionário foi o proposto por Laurence Bardin (2002) em sua análise de conteúdo. Segundo a definição da autora a análise de conteúdo pode ser descrita como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/ recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2002)

O referencial de Bardin (2002), mais precisamente utilizado, foi o proposto na análise de conteúdo. Espera-se que, com essa análise seja possível entender a execução do experimento remoto e suas características. É importante ressaltar, mais uma vez, que o objeto de nosso estudo é o Laboratório Remoto. O Anel de Thomson é a forma a ser analisada. Portanto, não houve um aprofundamento psicológico dos alunos e nem se pretendeu adentrar essa seara, pois dificilmente estaria dentro das limitações desta pesquisa e deste pesquisador.

O procedimento de coleta e análise de dados é abordado com mais profundidade na seção 6.2 desta dissertação.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são mostrados os resultados obtidos com as observações, a entrevista e o questionário aplicado.

### 6.1 Montagem do experimento

Para identificar algumas peculiaridades referentes ao experimento remoto, um experimento foi montado pelos autores desta pesquisa e pelo professor titular da disciplina sujeito desta pesquisa, sendo a sua montagem observada no modelo de observador como *completo participante*, segundo a classificação de Cohen; Manion; Morrison (2000). Essa montagem foi realizada no laboratório remoto da UNIFEI no dia 1.º de fevereiro de 2018.

Essa observação/ participação foi dividida em dois momentos: a concepção do experimento remoto e sua montagem.

No primeiro momento, os três professores se reuniram e discutiram como o experimento Anel de Thomson poderia ser montado para execução remota de maneira que proporcionasse a maior quantidade de possibilidades de interação possível com os alunos. De acordo com o posicionamento dos autores deste trabalho, não se pode afirmar que os experimentos remotos são, invariavelmente, mais limitados que os experimentos presenciais, mas deve ser projetado em um contexto diferente, onde apenas a visão e a audição podem ser considerados como meio de observação e a manipulação do experimento é restrita aos equipamentos que os manipulam. Portanto, as limitações mais sérias dos experimentos remotos começam na forma como são concebidos. Além disso, é de fundamental importância para o experimento saber claramente qual a teoria que o fundamenta, bem como em qual nível de conhecimento ele irá atuar com os alunos. Utilizando mais uma vez o referencial na teoria de Bachelard, “a teoria precede o experimento”. Para que isso seja sempre levado em conta foi fundamental a presença do da disciplina de física para que fique, o tempo todo, orientando quais elementos devem ter e quais não devem estar presentes no experimento<sup>15</sup>.

Estudando, portanto, essa concepção, foram identificados dois problemas centrais a serem resolvidos antes da implementação da experiência. A primeira limitação foi no tocante à temperatura do anel após um tempo levitando. Embora no roteiro da experiência não conste, em momento algum, que o anel deve ser tocado pelo aluno, essa possibilidade pode ser

15 Por sugestão do professor da disciplina o experimento não contou com a possibilidade de se alterar o número de espiras na bobina principal do experimento e não foi executado o experimento com dois anéis completos ao redor do mesmo núcleo.

explorada e não deve ser evitada caso o aluno o deseje. Se o fizerem, os alunos perceberão que o anel estará mais quente que o normal. Esse aumento de temperatura consiste de uma evidência muito forte da presença de corrente elétrica, o que deixa o aluno a um passo de imaginar que essa corrente gera um campo magnético contrário que faz o anel levitar. Esse raciocínio é o caminho direto à construção do modelo teórico no qual o Anel de Thomson se baseia. Um aluno executando o experimento remotamente não tem a possibilidade de tocar o anel, o que pode consistir em um obstáculo significativo à validação ou construção de seu modelo teórico, visto que é uma possibilidade a menos de teste de hipótese. A solução, portanto, considerada para esse problema é pintar o anel de alumínio com uma tinta termosensível que, como foi pontuado, não foi adotado para a experiência em questão. Assim, o aluno poderia “ver” a mudança de temperatura no anel.

A segunda limitação discutida se refere à tentativa de se executar a experiência utilizando um anel seccionado, ou seja, que tem uma pequena fresta que não permite que o circuito se feche. É interessante o aluno perceber que esse anel não é capaz de levitar, pois a corrente não pode circular e, portanto, não há campo magnético reverso gerado. No experimento remoto não é possível que o anel seja substituído sem um complexo mecanismo para executar a tarefa. Portanto, a primeira solução abordada foi empilhar os dois anéis, mantendo o seccionado em baixo e o anel fechado em cima. Ao ligar o experimento o anel completo irá levitar e aquecer, enquanto o anel seccionado não se moverá. No entanto, como foi ponderado durante a montagem, o aluno poderá afirmar que o anel seccionado não levitou porque o anel fechado o impeliu para baixo com uma hipotética força magnética de repulsão, mas que ele teria induzido sim um campo magnético. A segunda solução aventada foi, portanto, montar dois experimentos remotos acionados pelo mesmo dispositivo, um com um anel completo e outro com o seccionado. Assim, ficaria claro para o aluno que, em mesmas condições, somente o anel fechado é capaz de levitar.

Assim, as duas limitações fundamentais da construção do experimento foram analisadas podendo, a seguir, proceder para a construção do experimento em si.

Nessa etapa da construção foram evidenciadas as limitações técnicas, desde as mais simples, como adquirir a tinta termo sensível, até as mais complexas, de natureza eletrônica. Para a montagem foram utilizados um módulo *Arduino Nano* (Figura 2), um relé de acionamento a cinco volts, uma fonte de alimentação também de cinco volts além de cabos e fios. O software de controle do módulo *Arduino* foi desenvolvido pelo coorientador dessa pesquisa. A montagem do circuito elétrico foi realizada sobre um *proto-board* pelo autor deste trabalho com a ajuda do professor da disciplina. Por se tratar de uma montagem bastante

simples, os testes foram executados logo em seguida. Os testes não foram completamente bem-sucedidos.



Figura 2: Placa Arduino Nano

Durante os testes a placa *Arduino*, em algumas ocasiões, perdia completamente a comunicação com o computador que a controlava. Para a identificação do problema o professor utilizou-se de um osciloscópio digital que monitorava os níveis de tensão sobre o *Arduino*. Assim que o experimento era ativado ou, principalmente, desativado, o osciloscópio detectava uma forte variação nos níveis de tensão. Essa variação é um fenômeno conhecido da eletrônica, chamado *transiente*, que é decorrente do campo residual que permanece por um tempo na bobina do experimento e é “descarregada” de volta no circuito, alterando completamente o comportamento do microcontrolador. Esse fenômeno não é parte constituinte da teoria ilustrada pelo experimento, embora correlata, e não será aprofundado aqui.

A solução para esse problema não foi encontrada durante a montagem do experimento, mas as consequências do transiente foram atenuadas com a adoção de fontes de alimentação separadas para cada elemento e com a instalação de filtros de linha no experimento.

Como resultado dessa observação, pode-se afirmar que a construção de um experimento remoto, mesmo que tecnicamente simples, como o caso do Anel de Thomson, exige um debate criterioso entre o professor que utilizará o experimento como recurso didático e o responsável pela sua montagem e que se trata, indubitavelmente, de uma empreitada desafiadora para as partes envolvidas. É importante, também, salientar que trabalhos envolvendo eletrônica e programação, mesmo quem em níveis simples, podem apresentar problemas que não são, de maneira nenhuma, triviais. O problema detectado com o

transiente dificilmente poderia ser resolvido por professores que não tivessem conhecimento e experiência com eletrônica.

O aspecto geral dos experimentos montados, tanto o presencial quanto o remoto, ficaram muito semelhantes. Na figura 3, é apresentado o experimento em sua concepção final.



Figura 3: Os experimentos montados

## 6.2 Aplicação do experimento

No dia 19 de abril de 2018, o experimento foi aplicado com alunos do 3.º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Itajubá. Todos os alunos da sala foram convidados a vir até a UNIFEI e então foi realizada uma reunião com todos os alunos para explicar o propósito do experimento no auditório do IFQ (Instituto de Física e Química). Durante essa reunião foi estabelecido um primeiro contato e informado aos alunos as condições de aplicação, do que se trata a pesquisa e, inclusive, que a atuação deles seria filmada. Quaisquer dúvidas poderiam ser expostas ali. No entanto, foi tomado cuidado para não adiantar nenhum aspecto teórico do experimento e nem houve nenhum comentário que pudesse adiantar o que seria o experimento.

Os procedimentos da condução do experimento já foram descritos na seção 5.1 Contexto da Pesquisa. Um ponto que vale a pena ser esclarecido é que, durante a realização do experimento, os professores acompanhantes se limitaram a responder perguntas referentes à manipulação do experimento, não sendo permitido responder quaisquer perguntas

conceituais ou que fossem originadas por alguma hipótese formulada pelos alunos. Os professores também não puderam fazer perguntas que pudessem induzir os alunos ao raciocínio. Essa responsabilidade ficou a cargo apenas do questionário, do experimento e do próprio aluno. Também não foi permitido que os alunos de uma equipe conversassem com alunos da outra equipe.

Uma vez concluídos os experimentos, os alunos retornaram ao auditório do IFQ para a entrevista semi-estruturada.

### **6.3 Análise dos resultados**

A análise dos resultados foi feita com base no método de “Análise de Conteúdo” proposto por Bardin (2002). O objetivo aqui foi identificar nas falas e textos produzidos pelos alunos evidências que possibilitem responder ou, ao menos, aproximar de algumas respostas das perguntas de pesquisa propostas no início desta dissertação. Portanto, as perguntas serão novamente citadas com o objetivo de nortear a análise. A principal pergunta de pesquisa que conduzirá esta análise é: *que possibilidades de superação de obstáculos epistemológicos a experimentação remota apresenta para um grupo de alunos realizando um experimento remoto de física do ensino médio?*

Inicialmente, será procurada qualquer evidência de obstáculos epistemológicos presentes no preenchimento do Pré-Teste. A ideia aqui é compreender quais obstáculos estavam presentes antes da realização do experimento. Em algumas circunstâncias, um mesmo texto traz mais de um obstáculo. Portanto, algumas respostas apareceram duas vezes em categorias distintas.

Outro ponto interessante ao leitor é que as perguntas são citadas de uma maneira sintética para contextualizar as respostas, mas não foram literalmente transcritas. Em caso de dúvidas quanto ao enunciado das questões apresentadas, vide o Anexo I deste trabalho.

Por fim, os alunos não foram identificados pelos seus nomes, mas serão representados por letras.

#### **6.3.1 Quadro de categorização do pré-teste**

Após os dados do pré-teste terem sido analisados, foi possível identificar todos os cinco obstáculos epistemológicos de Bachelard. Segundo a análise de conteúdo proposta por Bardin (2002), os textos dos alunos, portanto, são classificados em cinco categorias *a priori*,

uma para cada obstáculo. Um ponto importante a ser salientado é que, segundo a autora, as categorias devem possuir o princípio de “exclusão mútua”, ou seja, não deve ser possível um mesmo elemento ser enquadrado em mais de uma categoria. No entanto, segundo a própria autora “em certos casos, pode pôr-se em causa esta regra, com a condição de se adaptar o código de maneira a que não existam ambiguidades no momento dos cálculos” (BARDIN, 2002). No caso específico deste trabalho, como as categorias foram definidas *a priori*, entendemos que é muito difícil, ou até contraproducente, adotar a regra da exclusão mútua. Portanto, assumindo essa característica, o quadro de categorização fica da seguinte forma:

Tabela 2 - Categorização das respostas do Pré-teste

<b>Obstáculo</b>	<b>Verbalizações</b>
Experiência Primeira	<p>(Aluno E ) O objeto metálico atrairá o ímã para si; O objeto poderá repelir o ímã</p> <p>(Aluno I) O ímã se atrai para o metal; O ímã se atrairia para o metal, também</p> <p>(Aluno L) Automaticamente ele (o ímã, nota nossa) será atraído para perto, pois possui material com cargas compatíveis.</p> <p>(Aluno H) eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro; a espira e o ímã ficariam neutros. Pois ela não está carregada eletricamente</p>
Conhecimento Geral	<p>(Aluno F) quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, juntar, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos</p> <p>(Aluno L) a espira será atraída</p> <p>(Aluno H) corrente elétrica é uma força de eletricidade que passa de um material para outro, pode ser um corpo para outro; ele se atraem, porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro</p>
Verbal	<p>(Aluno F) quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos.</p> <p>(Aluno J) eles (ímãs com o norte voltado um para o outro) não grudarão, mas eles ficam</p>

	querendo virar do lado normal para grudar.
Conhecimento unitário e pragmático	<p>(Aluno E) objeto metálico atrairá o ímã para si; o objeto metálico poderá repelir o ímã</p> <p>(Aluno C) Corrente elétrica é quando há uma agitação de elétrons. Ex.: um fio está ligado à uma lâmpada e quando passa nesse fio um ímã, isso “agita” os elétrons causando uma corrente elétrica</p> <p>(Aluno A) O ímã (ao ser aproximado de uma espira, nota nossa) irá “fornecer” uma corrente elétrica para a espira</p> <p>(Aluno G) Eles se atraem, pois o polo N é atraído pelo S e o anel é como se fosse o polo S; se atrai, pois o polo N atrai o polo S e o objeto metálico é como se fosse o S; se afastaria um do outro</p>
Substancialista	<p>(Aluno L) pois possui material com cargas compatíveis</p> <p>(Aluno H) a espira e o ímã ficariam neutros, pois ela não está carregada eletricamente; Eles (os ímãs, nota nossa) se repelem, pois tendo a mesma carga eles não podem passar uma energia para o outro; porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutros</p> <p>(Aluno J) não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar</p> <p>(Aluno K) irão grudar, mas se tentarmos desgrudar será mais difícil; grudarão, mas em pouco tempo se soltarão</p>

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando esses dados é possível inferir que os obstáculos epistemológicos estão presentes em diversas manifestações dos alunos. A presença desses obstáculos epistemológicos no pré-teste, ou seja, antes do contato com o experimento não é, de modo algum, incomum. O próximo passo dos trabalhos é a análise do questionário, que foi realizado durante o experimento, para que se possa avaliar se houve uma oportunidade para os alunos superarem esses obstáculos tanto no laboratório remoto quanto no presencial. Entretanto, antes de prosseguir para a etapa seguinte, a análise presente no quadro é apresentada em detalhes a seguir.

### 6.3.2 Análise do pré-teste

De fato, foram encontradas várias evidências fortes da presença de alguns obstáculos nos excertos a seguir do questionário aplicado antes da realização do experimento:

- Obstáculo da Experiência Primeira:

Classificamos como nessa categoria todas as afirmações que não têm suporte nenhum em qualquer raciocínio mais aprofundado. São afirmações que poderiam ser corrigidas com uma análise um pouco mais criteriosa da pergunta e da situação. Para a pergunta número 2 do questionário: “O que acontece quando aproximamos o ímã da espira, conforme a figura abaixo?”, o Aluno H respondeu que “a espira e o ímã ficariam neutros. Pois ela não está carregada eletricamente”. O aluno, então, afirma que a espira alteraria as propriedades do ímã.

Esse mesmo obstáculo foi identificado entre as respostas dadas à questão número 7: “O que acontece quando aproximamos um ímã de um objeto metálico?” quando surge a resposta do Aluno E “O objeto metálico atrairá o ímã para si”, do Aluno I “O ímã se atrai para o metal” e do Aluno L “Automaticamente ele (o ímã, nota nossa) será atraído para perto, pois possui material com cargas compatíveis”. Não se percebe, então, que exista a compreensão de que a atração se dá **entre** dois objetos e não **de um para outro**.

Esse obstáculo foi percebido também na resposta da pergunta número 8 “E o que aconteceria se virássemos o ímã. no exemplo acima, de cabeça para baixo?” quando o Aluno I respondeu dizendo que “O ímã se atrairia para o metal, também”. Ainda nessa questão, outra resposta apresenta o mesmo obstáculo em um contexto diferente, quando o Aluno H afirma que “eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro”. Essa frase será analisada novamente sob a luz de outro obstáculo epistemológico. Aqui salientamos que, em um raciocínio rápido, o aluno não compreendeu que a atração entre um objeto ferromagnético e um ímã não depende da polaridade do ímã. Nesse mesmo contexto, um aluno respondeu, simplesmente, que “o objeto poderá repelir o ímã”.

- Obstáculo do Conhecimento Geral:

Recapitulando, esse obstáculo se trata de se realizar generalizações apressadas porque dois fenômenos distintos possuem certas características empíricas em comum. Portanto, se uma mesma manifestação se dá no fenômeno A e B, o mesmo princípio se aplica a A e B. Para situar melhor o leitor, o exemplo previamente citado nesta dissertação traz que, antigamente,

acreditava-se que a talha do leite, a coagulação do sangue e a formação de gelo eram decorrentes do mesmo princípio.

Na pergunta número 2, houve duas ocorrências desse obstáculo. Na primeira delas, o Aluno F responde que “quando aproximarmos os dois (ímã e espira), provavelmente eles irão se unir, juntar, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos”. O Aluno L responde que “a espira será atraída”. Ambos atribuem ao ímã uma força de atração cuja existência não pode ser inferida se o material da espira for desconhecido, como era, de fato, na questão proposta. Portanto, houve uma generalização indevida nessa análise.

Na questão número 5, quando questionados sobre “o que é corrente elétrica”, o Aluno H respondeu que “corrente elétrica é uma força de eletricidade que passa de um material para outro, pode ser um corpo para outro”. Ao qualificar a corrente como sendo uma “força” é possível inferir que uma força pode “passar de um corpo para outro”, como quando um jogador de futebol transfere a força de sua perna para a bola. Esse conceito de corrente elétrica passa, então, a estar completamente equivocado. O grave, aqui, é que essa “transferência” da eletricidade de um corpo para outro pode ser observada na indução eletromagnética. Então temos a armadilha do obstáculo do conhecimento geral completamente armada. Uma generalização falsa encontra respaldo na observação empírica. Esse tipo de raciocínio é o ideal para ser desmantelado por um experimento bem realizado, pois será, de fato, observada a suposta “transferência de força”. No entanto, poderá ser observado que não existirá o contato mecânico entre a fonte da força (bobina) e o destino da força (espira), portanto, o princípio não pode ser o mesmo.

A questão número 7 questiona sobre o que acontece quando aproximamos um objeto metálico de um ímã. O Aluno H afirmou que “eles se atraem, porque o objeto metálico tem condução elétrica”. Realmente, todo objeto metálico apresenta **condutibilidade**. No entanto, nem todos os metais são **ferromagnéticos**. Ou seja, o fato do metal ser condutor de eletricidade não implica que também possa reagir a campos magnéticos. Houve uma generalização equivocada que também poderá ser desfeita por uma observação criteriosa do experimento.

Finalmente, na questão número 8 também houve uma ocorrência desse obstáculo quando questionado sobre o que aconteceria se o ímã, ao se aproximar de um objeto metálico, tivesse seus polos invertidos. O mesmo Aluno H responde que “eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro”. Aqui, a generalização

presente no conceito acima conduziu a um erro na resposta subsequente. Eletricidade e magnetismo continuam sendo generalizados como sendo o mesmo fenômeno.

- **Obstáculo Verbal:**

Como apresentado anteriormente, esse obstáculo advém do uso de metáforas ou de imagens metafóricas como base para o desenvolvimento do raciocínio. Contextualizando, mais uma vez as palavras de Bachelard, aqui é quando o raciocínio vem embasado em uma metáfora enquanto que, no pensamento científico, a metáfora é uma ilustração que deve ser embasada no raciocínio.

Durante o pré-teste pudemos observar ocorrências também desse obstáculo quando o Aluno F afirma, na questão 2, que “quando aproximarmos os dois [ímã e espira], provavelmente eles irão se unir, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos”. Essa característica de atração do ímã não é científica, mas verbal. Não é qualquer objeto, inclusive, que sofre os efeitos do magnetismo.

Na questão 6 também apareceu uma outra afirmação que sugere a presença desse obstáculo, quando o Aluno J afirma que “eles (ímãs com o norte voltado um para o outro) não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar”. Aqui possibilita uma análise mais interessante. Primeiramente, é importante frisar, que a resposta, de fato, condiz com a realidade. Dois ímãs quando são aproximados em seus polos iguais (norte com norte ou sul com sul) realmente se repelem. No entanto, a análise do aluno é quase que puramente metafórica. Esse é um dos maiores riscos apresentados por esse obstáculo epistemológico de acordo com Bachelard. A força decorrente da interação magnética se não estiver perfeitamente alinhada se desequilibra e gera um torque nos ímãs, que o aluno chama de “querendo virar”. É importante dizer que nem sempre esse torque poderá ser sentido no ímã, mas apenas quando existe o desalinhamento dos campos magnéticos suficiente para que essa força seja sentida. A repulsão, em caso de alinhamento contrário, será uma força para trás. Finalmente, o aluno cita que o ímã irá “virar do lado normal para grudar”. A definição de “lado normal” também não tem nenhum valor científico, pois não existe um lado que seja uma norma para os ímãs. O que é sentido é o efeito do desalinhamento dos campos magnéticos.

- **Conhecimento unitário e pragmático:**

Esse obstáculo é caracterizado por duas expressões bastante pronunciadas: a correlação entre causa e efeito que faz com que qualquer fenômeno possa ser explicado com “se ... então”, unificando fenômenos que não possuem, necessariamente, conexão alguma e

pela expressão da “utilidade” dos fenômenos, demonstrando mais preocupação em responder à pergunta “para que serve?” do que “como isso funciona?”.

Esse obstáculo pode ser encontrado em algumas ocorrências, como quando o aluno E responde à questão 7 do pré-teste afirmando que o “objeto metálico atrairá o ímã para si” mas, na questão seguinte, com o ímã invertido, “o objeto metálico poderá repelir o ímã”. É possível, então, inferir que o aluno atribui o efeito magnético do ímã à sua polaridade, algo no sentido de atrair por um polo e repelir pelo outro (se atrai em uma posição, logo repele se invertido). Esse mesmo ponto foi apontado também pelos alunos H, B e A. A resposta do aluno C à questão 5 também demonstra uma causalidade um tanto simplista ao explicar o que é corrente elétrica. O aluno define como “agitação de elétrons”, e complementa com o exemplo: “um fio está ligado à uma lâmpada e quando passa nesse fio um ímã, isso ‘agita’ os elétrons causando uma corrente elétrica”. Um ponto interessante ao leitor trata-se de compreender que a análise aqui vai além de afirmar se é ou não *correto*, mas sim do que é ou não *científico*. A explicação fornecida pelo aluno não é desprovida de lógica, mas traz uma causalidade simplificadora que deixa a mente confortável, responde fácil o que, de fato, não é.

O aluno A, por sua vez, responde à pergunta número 2 afirmando que “o ímã (ao ser aproximado de uma espira, nota nossa) irá ‘fornecer’ (grifo do autor) uma corrente elétrica para a espira”. O fato do aluno ter colocado a expressão “fornecer” entre aspas atrapalha a compreensão e análise da ideia que ele pretendeu passar, mas deixa claro que a indução, em sua perspectiva, é de transferência de um fenômeno, a corrente elétrica, que já existe dentro do ímã e poderá, então, ser transferida para a espira quando fisicamente próxima. O aluno H deixa claro o mesmo ponto, mas em várias outras questões que, por questão de estarem muito fragmentadas em seu texto, não serão transcritas.

Finalmente, esse obstáculo se mostrou presente nas respostas fornecidas pelo aluno G e o próprio raciocínio apresentou-se como uma armadilha mais adiante. Na questão 2, afirmou que “eles se atraem, pois o polo N é atraído pelo S e o anel é como se fosse o polo S.” O ponto aqui é muito curioso, pois para explicar o efeito suposto por ele (atração entre a espira e o ímã) precisou atribuir uma qualidade à espira para obter a causa (a espira é “como se fosse” o polo S). Na questão número 7, onde o ímã é aproximado de uma esfera metálica, a explicação foi muito semelhante, afirmando que “se atrai, pois o polo N atrai o polo S e o objeto metálico é como se fosse o S”. No entanto, na questão 8 o ímã aparece com polaridade invertida. O aluno por duas vezes afirmou que os objetos se comportam como o polo S, portanto a resposta foi “se afastaria um do outro”. No caso desse aluno, em particular, a atribuição de causa e efeito induziu a um erro de dedução bastante compreensível.

- O obstáculo substancialista:

Nesse caso, é atribuído aos objetos fenômenos e outras características de substância que, na verdade, não passam de alegorias. Alguns excertos retirados nessa análise, como já foi mencionado, podem aparecer em outros obstáculos. Segundo o nosso entendimento, é muito comum o cruzamento desse obstáculo com o obstáculo verbal.

O aluno L apresenta esse obstáculo quando afirma que o objeto metálico será atraído pelo ímã “pois possui material com cargas compatíveis”. Carga, aqui, aparece como uma característica do material. Na mesma frase ainda é atribuído uma outra propriedade à carga: a “compatibilidade”. O aluno H também traz certas características aos ímãs e à espira na resposta da questão 2, afirmando “que a espira e o ímã ficariam neutros, pois ela não está carregada eletricamente”. Ou seja, a “neutralidade” em questão é uma característica temporária que corpos podem assumir quando não existe a indução. O mesmo aluno incorre nesse obstáculo quando afirma que “corrente elétrica é uma força de eletricidade que passa de um material para outro”. À eletricidade, nesse caso, é atribuída uma característica “contagiosa”. Esse “contágio” não ocorre, portanto, quando dois ímãs são aproximados com o polo norte voltado um para o outro. Na questão 6 o aluno afirma que “Eles (os ímãs, nota nossa) se repelem, pois tendo a mesma carga eles não podem passar uma energia para o outro”. Na questão 7 o aluno seguiu a mesma linha de raciocínio ao afirmar que um objeto metálico e um ímã se atraem “porque o objeto metálico tem condução elétrica” mas contradiz a própria linha de raciocínio na questão seguinte quando afirma “que eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutros”. A diferença entre as questões 7 e 8, salienta-se, é que o ímã aparece invertido.

Uma característica presumível em diversas respostas é o que Bachelard chama de “animismo”: a atribuição de alma, vontades e intenções à objetos que são inanimados. Essa característica muitas vezes é encontrada na linguagem informada do cotidiano quando, por exemplo, em uma corrida de automóveis comenta-se que “determinado carro *gosta* de um asfalto mais quente”, ou que “outro carro *fica querendo* sair de traseira em curvas de alta”. Essas são alegorias que são eficientes para ilustrar alguma situação, mas não podem ser levadas em consideração pelo engenheiro que busca compreender o comportamento do carro na pista. São considerações válidas, mas não científicas. Embora, como citado, tenha havido diversos indícios, a única manifestação inequívoca está presente quando o aluno J atribui aos ímãs características próprias de seres sencientes ou até mesmo conscientes quando afirma, ao responder à questão 6, que dois ímãs que se aproximam com o mesmo polo voltados um para

outro “não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar”. Além da intencionalidade do ímã, o aluno atribui uma (a)normalidade à polaridade.

### 6.3.3 Quadro de categorização do questionário

Durante a realização do experimento, os alunos responderam uma série de questões que, de certa forma<sup>16</sup>, balizaram as atividades. Essas respostas foram dadas pelo aluno no decorrer das atividades. Nesta etapa, os alunos foram divididos em equipes de três alunos, como mencionado quando foram apresentados os procedimentos da pesquisa. Portanto, as respostas dos alunos da mesma equipe foram muito semelhantes ou iguais, por isso a coincidência em vários relatos.

Tabela 3 - Categorização das respostas do questionário

Obstáculo	Verbalizações
Experiência Primeira	<p>(Aluno F) Que existe uma carga magnética maior isso faz com que ele se movimente.</p> <p>(Alunos A e D) Os elétrons circulam totalmente pelo anel, assim fazendo-o subir.</p> <p>(Alunos E, L, F) Por causa do anel ter um corte, isso faz com que interfere no campo magnético e que impede de se movimentar.</p>
Conhecimento Geral	<p>(Alunos C e K) Quando você liga a bobina, ela está com carga e o anel que está nele faz com que a bobina carregue o anel e faz ele subir.</p>
Verbal	<p>(Aluno G) Quando o inteiro conduz a energia passada por ele, há uma circulação de energia e assim fazendo ele subir.</p> <p>(Alunos J, H e I) O anel não gerou nenhum campo magnético porque seu corte fez a corrente sair.</p>

<sup>16</sup> A expressão “de certa forma” utilizada aqui evidencia o fato de que, diferentemente de um roteiro que deve ser seguido à risca, o questionário era uma referência, permitindo ao aluno realizar qualquer tarefa que achasse conveniente para responder às perguntas.

	(Alunos A e D) Os elétrons circulam totalmente pelo anel, assim fazendo-o subir.
Conhecimento unitário e pragmático	(Alunos J, H e I) O anel não gerou nenhum campo magnético porque seu corte fez a corrente sair.
Substancialista	(Alunos J, H e I) Ele gerou um campo magnético que fez ele levantar, pois a corrente que passa por dentro está tentando sair.  (Aluno K) A bobina está carregada, mas o anel como está seccionado faz que a carga não fique no anel e fazendo que ele não suba.  (Alunos J, H e I) O anel não gerou nenhum campo magnético porque seu corte fez a corrente sair.

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 6.3.4 Análise do questionário

Após ter sido feita a categorização das respostas dos alunos, estas foram submetidas à análise, a exemplo do que foi feito com o pré-teste. Desta vez, por razões práticas, as definições dos obstáculos epistemológicos não serão apresentados novamente. Outro dado que será mostrado aqui é o tipo de experiência que cada aluno citado realizou. Será utilizado o símbolo (P) para representar os alunos que fizeram o experimento presencial e (R) para o experimento remoto. Não serão mostradas as respostas que não apresentam obstáculos epistemológicos porque entendemos que isso poderia ser, indevidamente, interpretado como uma evidência de superação dos obstáculos epistemológicos pela execução do experimento. É necessário, portanto, frisar que uma vez que algum aluno tenha superado algum obstáculo epistemológico, é temerário afirmar que isso foi consequência de ter realizado o experimento remoto ou presencial. O obstáculo pode ter sido superado, em um exemplo hipotético, pela interação entre os integrantes do grupo independentemente do modelo de experimentação utilizado. O objetivo é entender quais obstáculos *poderiam* ter sido superados e qual o potencial para isso conforme o modelo de experimentação.

- O obstáculo da experiência primeira:

Novamente foram encontradas algumas deduções rápidas e apressadas sobre o fenômeno observado. O Aluno F(P) relata, ao ser responder à questão 4, sobre como explicar porque o anel inteiriço saltou, “que existe uma carga magnética maior isso faz com que ele se

movimente”. Trata-se de uma primeira impressão falsa, que desconsidera, inclusive, que o anel não é naturalmente magnetizado. Isso turva completamente o princípio da indução. Os Alunos A(R) e D(R) também simplificam quando afirmam que “os elétrons circulam totalmente pelo anel, assim fazendo-o subir” desprezando, desta vez, a geração do campo magnético.

Os Alunos E(P), F(P) e L(P) também apressam-se ao responder à questão número 5, que questiona o motivo do anel seccionado não ter levitado, quando respondem que “por causa do anel ter um corte, isso faz com que *interfere (sic)* no campo magnético e que impede de se movimentar”. Trata-se, neste caso, de uma inferência desprovida de uma análise mais profunda que poderia ser colocada em xeque apenas questionando o conceito de *interferência*.

O que é possível analisar nessas respostas é que esses alunos pautaram a análise apenas no anel ou na bobina mas nunca em ambos, simultaneamente. Essa observação rápida e apressada os levou a fazer uma análise disjunta, observando apenas um dos dois elementos quando, na verdade, a explicação e compreensão do fenômeno está baseada em todo o sistema de interação entre os objetos da observação.

- O **obstáculo** do conhecimento geral:

Uma frase generalista foi encontrada na afirmação dos Alunos C(R) e K(R) quando afirmaram que “quando você liga a bobina, ela está com carga e o anel que está nele faz com que a bobina carregue o anel e faz ele subir”. A generalização aqui apontada é que o princípio que faz com que o anel suba é a mesma repulsão que faz com que dois ímãs de polos iguais se repelem. De fato, o princípio é o mesmo, mas o que muda são as circunstâncias, pois o anel não é naturalmente magnetizado.

Segundo nossa análise, apenas essa afirmação demonstra a presença deste obstáculo indubitavelmente. Na afirmação do Aluno F(P) no obstáculo anterior, também consideramos a possibilidade da presença do atual obstáculo, mas uma olhada mais atenta demonstra que no texto do Aluno F(P) selecionado anteriormente, o obstáculo do conhecimento geral fica subentendido enquanto no texto dos alunos C(R) e K(R), fica latente.

É válido informar, portanto, que evidências da ocorrência desse obstáculo foram encontradas em diversas outras verbalizações mas não foram, contudo, explícitas de maneira mais contundente.

- O obstáculo verbal:

Esse obstáculo pode ser observado em alguns casos, como quando o Aluno G(R), ao responder o porque do anel inteiriço saltar, responde que “quando o inteiriço conduz a energia passada por ele, há uma circulação de energia e assim fazendo ele subir”. O conceito de “energia” aqui é puramente retórico, sem significado concreto algum, pois remete tanto à corrente elétrica quanto ao fluxo magnético. Não há, neste caso, uma explicação de fato sobre o fenômeno, mas somente um texto um tanto vago.

Os Alunos A(R) e D(R) também demonstraram incorrer no mesmo obstáculo quando escrevem que “os elétrons circulam totalmente pelo anel, assim fazendo-o subir”. Novamente temos uma correlação desprovida de teoria, uma explicação totalmente verbal mas que, a princípio, não expressa uma racionalização interior. Já a resposta dos Alunos J(P), H(P) e I(P) à pergunta sobre o que o porquê do anel seccionado não ter levantado, a resposta “o anel não gerou nenhum campo magnético porque seu corte fez a corrente sair” não traz, necessariamente, o obstáculo epistemológico, mas sim um raciocínio desenvolvido utilizando um conceito verbal como base. Como abordado quando apresentado o obstáculo, a corrente elétrica é, frequentemente, associada ao fluxo hidráulico. Os alunos, neste caso, provavelmente se embasaram nesta alegoria e formularam a hipótese que o corte no anel funcionou como uma ruptura em um encanamento de água. Portanto, nada mais natural que haja um “vazamento” da corrente elétrica.

- Conhecimento unitário e pragmático:

Entendemos que a mesma resposta anterior fornecidas pelos Alunos J(P), H(P) e I(P) sobre o experimento com anel seccionado quando afirmam que “o anel não gerou nenhum campo magnético porque seu corte fez a corrente sair” também se enquadre nesse obstáculo pois, através do entendimento que uma analogia trata-se de uma explicação real (obstáculo verbal) os alunos atribuíram a dois fenômenos diferentes as mesmas propriedades (conhecimento unitário).

Como foi apresentado no referencial teórico desta dissertação, quando cientistas do passado correlacionaram o fenômeno do congelamento, coagulação do sangue e da talha do leite com o mesmo princípio, os alunos fizeram o mesmo aplicando princípios iguais para o comportamento da água e da corrente elétrica.

- Obstáculo substancialista:

Os Alunos J(P), H(P) e I(P) demonstram coerência com a resposta à questão 5 quando respondem à questão 4, sobre o que aconteceu com o anel inteiriço. Os alunos afirmam que “ele gerou um campo magnético que fez ele levantar, pois a corrente que passa por dentro está

tentando sair”. Mesmo aparentando, também, ser consequência de um raciocínio baseado em alegorias, portanto do obstáculo verbal, entendemos que é mais pronunciada aqui a ideia que a corrente elétrica possui uma “intenção” de deixar o anel. É importante dizer que, mesmo considerando essa intencionalidade, não fica claro, de modo algum, o porque dessa intenção provocar o movimento do anel.

O Aluno K(R) afirma que “a bobina está carregada, mas o anel como está seccionado faz que a carga não fique no anel e fazendo que ele não suba”. Entendemos que o aluno afirma que a “carga”, mesmo não ficando claro a ideia que está contida nesse termo, pode ser transferida da bobina para o anel e “adere” ao anel caso esse não tenha uma falha. Essa falta de aderência evitou, portanto, que a carga permanecesse no anel e, então, não gerou nenhuma força de impulsão.

### **6.3.5 Análise das entrevistas pós experimento (*debriefing*)**

Assim que os experimentos foram concluídos, os alunos foram convidados para uma entrevista semi-estruturada onde foi possível conversar um pouco mais sobre os experimentos. Nessa conversa, a intenção era levantar algumas falas que indicassem qual foi a percepção do experimento nos diferentes modelos de experimentação. É importante frisar que os alunos não foram identificados nesta etapa devido ao fato de, durante a gravação, não ser possível correlacionar diretamente os alunos que estão falando com os textos que eles escreveram. No entanto, reitera-se, o objetivo do trabalho é avaliar as possibilidades de superação dos obstáculos epistemológicos utilizando laboratórios remotos e não se os alunos realmente superaram esses obstáculos.

- Experimento presencial:

As entrevistas não foram tão ricas quanto era o desejo dos autores, pois os alunos, por mais que nos esforçássemos para deixar um ambiente descontraído, demonstraram certa resistência ao expor seus pensamentos, provavelmente pela insegurança quanto a estar “certo” ou “errado”. Um momento interessante da conversa foi quando foram confrontados com a hipótese do fato do anel estar seccionado não ser determinante para levitar ou não levitar. A solução encontrada foi trocar os anéis dos experimentos. Assim, puderam isolar a causa da não levitação indubitavelmente.

Em outro momento da conversa, foram confrontados com o porquê do anel seccionado não levitar. Os alunos que se manifestaram defenderam a hipótese que a energia “tentava sair” do anel inteiro e gerava um empuxo para cima, enquanto no anel seccionado ela “escapava

pela fresta”. Foi lançada para eles, então, a hipótese de que se a energia escapava pela fresta o anel deveria sofrer um empuxo lateral. Essa pergunta os deixou bastante pensativos e concluíram dizendo que, se a energia escapava, então ela não poderia gerar o empuxo.

Finalmente, avaliando as considerações dos alunos, em algum momento, ao manipular os anéis, perceberam que o anel inteiro sofria um considerável aumento de temperatura, enquanto o anel seccionado não. No entanto, não atribuíram nenhum significado especial a essa característica. Esse ponto chamou bastante a atenção dos autores. O sentido do tato é frequentemente apontado como uma limitação dos experimentos remotos, como já mostrados no início desta dissertação. Porém, embora essa limitação pudesse ter sido importante para o desenvolvimento de uma racionalização mais completa, os alunos simplesmente ignoraram essa informação.

- Experimento remoto:

Uma das equipes dos alunos do experimento remoto também apresentou a hipótese da corrente elétrica estar se dissipando pelo ambiente no anel seccionado e isso o impede de levitar, como no anel inteiro. No entanto, a outra equipe afirmou que a indução não acontece porque a corrente elétrica não circula. Já no inteiro, a corrente circula e gera um campo magnético de polaridade inversa com a bobina.

Um momento bastante significativo, foi quando um aluno, sobre o fato do anel seccionado não subir, sugeriu que ele poderia sim ter uma indução, mas com o campo oposto ao anel inteiro, então ele sofre uma força de atração ao invés de repulsão. Foi perguntado a ele, então, como poderia, utilizando o experimento remoto, verificar essa hipótese. O aluno, então, disse que seria difícil, pois só poderia ter a visão do experimento. Então sugeriu que o anel fosse montado um pouco mais alto no ferrite, sobre uma base flexível. Assim poderia mostrar uma força de atração. Da forma como foi montado, não poderia verificar a hipótese.

Em um outro momento, o mesmo aluno disse que gostaria de ter mexido nos cabos do experimento. Não disse textualmente mas, pelo contexto, é possível inferir que ele desconfiou que, talvez, o experimento com o anel seccionado não estaria sendo ativado.

Finalmente, antes de encerrar a conversa, o mesmo aluno, novamente, toca no assunto que ele gostaria de ter podido mexer no experimento e que a distância foi uma barreira para ele em certos momentos.

## 6.4 Estudo sobre a superação dos obstáculos

A proposta aqui é, uma vez identificados quais obstáculos epistemológicos foram evidenciados antes do contato com o experimento, identificar, através da análise do questionário, quais desses obstáculos foram questionados durante a experimentação. Posteriormente, após a análise das reuniões do *debriefing*, espera-se que seja possível identificar algumas limitações e possibilidades para a superação desses obstáculos durante a fase da experimentação.

Para facilitar esse cruzamento de informações, serão listados abaixo, novamente, os obstáculos epistemológicos presentes no pré-teste. Em seguida, serão procurados por excertos no questionário que podem significar uma superação desses obstáculos ou, pelo menos, algum indício que os obstáculos tenham sido afetados de alguma forma. Mais uma vez, serão apontados os alunos que realizaram o experimento remotamente (R) e os alunos que realizaram o experimento presencial (P). Diferentemente do que foi feito anteriormente, aqui foram consideradas as afirmações que não demonstram a presença de obstáculos epistemológicos. Ressalta-se, como já afirmado, que a superação de um obstáculo não consiste, isoladamente, de um evidência de eficiência de determinado modelo de experimentação.

- O obstáculo da experiência primeira:
  - *Aluno E(P) O objeto metálico atrairá o ímã para si; O objeto poderá repelir o ímã*  
Ao analisar as respostas fornecidas por este aluno, não é possível observar nenhuma evidência que indique que sua em sua observação foi considerada a atuação da bobina, mas sim do campo magnético sobre o anel. Portanto, não há nenhuma evidência que este obstáculo foi superado.
  - *Aluno I(P) O ímã se atrai para o metal; O ímã se atrairia para o metal, também*  
No caso deste aluno, o obstáculo permanece ainda mais evidente, pois considera que o anel gera um campo magnético e esse o faz se mover. Não há evidências que indique a interação desse campo com outro campo.
  - *Aluno L(P) Automaticamente ele (o ímã, nota nossa) será atraído para perto, pois possui material com cargas compatíveis.*  
Não foram encontrados indícios que sugiram uma superação desse obstáculo.

- *Aluno H(P) eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro; a espira e o ímã ficariam neutros. Pois ela não está carregada eletricamente*

Ao responder sobre o motivo do anel seccionado não levitar, o aluno não se referiu à “neutralidade” dos campos magnéticos e nem das “cargas”. Mas também não se referiu à bobina e a repulsão. Portanto, um dos obstáculos que surgiram no pré-teste (neutralidade do campo) não surgiu nas respostas do questionário. No entanto, é prematuro afirmar uma eventual superação desse obstáculo.

- **Conhecimento Geral:**

- *Aluno F(P) quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, juntar, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos*

A explicação do aluno à levitação do anel inteiro indica uma persistência do obstáculo, afirmando que o anel levita “porque existe uma carga magnética maior”. O anel, no caso, era de alumínio, que não é afetado por campos magnéticos naturalmente.

- *Aluno L(P) a espira será atraída*

Esse aluno já não leva em consideração o material do anel como fator para a reação ao campo, mas sim uma “corrente elétrica sobre ele”. Não existe, portanto, evidências da superação do obstáculo mas, também, não há evidências sobre a persistência.

- *Aluno H(P) corrente elétrica é uma força de eletricidade que passa de um material para outro, pode ser um corpo para outro; ele se atraem, porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro*

Em momento algum o aluno retoma essa ideia ao descrever o experimento, o que indica que o obstáculo possa ter sido superado. A aproximação entre eletricidade e magnetismo também não aparece mais na redação deste aluno, apesar do conceito de eletricidade ainda parece estar turvo.

- **Verbal:**

- *Aluno F(P) quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos.*

O aluno manteve-se coerente com o raciocínio de que uma força magnética atrai qualquer objeto. Quando explicou o motivo do anel inteiriço levitar, atribuiu o movimento a “uma força magnética maior”, e atribuiu o fato do anel seccionado se manter no lugar ao fato do anel “ter um corte (...) que interfere no campo magnético”. O obstáculo não foi superado.

- *Aluno J(P) eles (ímãs com o norte voltado um para o outro) não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar.*

O obstáculo se mantém presente na observação, pois atribuiu à levitação do ímã ao fato de que “a corrente que passa por dentro (do anel, nota nossa) tá tentando sair” e ao anel seccionado não levita por que a corrente sai pelo corte. A explicação, portanto, é metafórica.

- Unitário e pragmático:

- *Aluno E(P) objeto metálico atrairá o ímã para si; o objeto metálico poderá repelir o ímã.*

O obstáculo apresentado pelo aluno foi relativo às polaridades do ímã e sua característica de atrair metais. O aluno não fez nenhum apontamento nesse sentido durante o preenchimento do questionário.

- *Aluno C(R) Corrente elétrica é quando há uma agitação de elétrons. Ex.: um fio está ligado à uma lâmpada e quando passa nesse fio um ímã, isso “agita” os elétrons causando uma corrente elétrica*

Difícilmente esse obstáculo poderia ser superado pelo experimento em questão pois não explora nenhum ponto, segundo nossa compreensão, que poderia colocar a simplificação desse conceito em dúvida.

- *Aluno A(R) O ímã (ao ser aproximado de uma espira, nota nossa) irá “fornecer” uma corrente elétrica para a espira*

O aluno atribui a levitação ou não levitação do anel à corrente circulante. Portanto, se a corrente não pode circular no anel seccionado, ele não salta. O princípio de funcionamento é correto, mas a explicação é demasiado simples para indicar a superação do obstáculo.

- *Aluno G(R) Eles se atraem, pois o polo N é atraído pelo S e o anel é como se fosse o polo S; se atrai, pois o polo N atrai o polo S e o objeto metálico é como se fosse o S; se afastaria um do outro*

O aluno não utilizou a ideia equivocada de atribuir uma polaridade ao metal o que fez com que o obstáculo epistemológico não fosse manifestado em suas respostas do questionário. As razões pelo que os anéis levitam ou não foram atribuídas à circulação de corrente.

- **Substancialista:**

- *Aluno L(P) pois possui material com cargas compatíveis*

O aluno mantém a evidência do obstáculo epistemológico apresentado anteriormente. A corrente “sobre o anel” é responsável por fazer o anel inteiro subir. No caso do anel seccionado, existe uma “interferência” causada pelo corte no campo magnético. Ou seja, ainda surgem atributos que não condizem com o conceito teórico.

- *Aluno H(P) a espira e o ímã ficariam neutros, pois ela não está carregada eletricamente; Eles (os ímãs, nota nossa) se repelem, pois tendo a mesma carga eles não podem passar uma energia para o outro; porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutros.*

Não existe o conceito de neutralidade nem menções à propriedade “contagiosa” da eletricidade nas respostas subsequentes, mas ainda são atribuídas características de consciência à eletricidade quando afirma que o anel salta porque “a corrente que passa por dentro está tentando achar uma saída” e que, no caso do anel seccionado, o anel não sobe porque a corrente encontra a suposta saída. Ou seja, o obstáculo epistemológico persiste com bastante força.

- *Aluno J(P) não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar*

O Aluno J apresenta as mesmas afirmações do Aluno H, citado acima. As conclusões são, portanto, as mesmas.

- *Aluno K(R) irão grudar, mas se tentarmos desgrudar será mais difícil; grudarão, mas em pouco tempo se soltarão*

As respostas ao questionário não contemplam o obstáculo citado, que trata-se da efemeridade da atração magnética por ímãs permanentes. O experimento, portanto, não poderia fazer com que esse obstáculo fosse superado.

## **6.5 Potencialidades de superação de obstáculos epistemológicos**

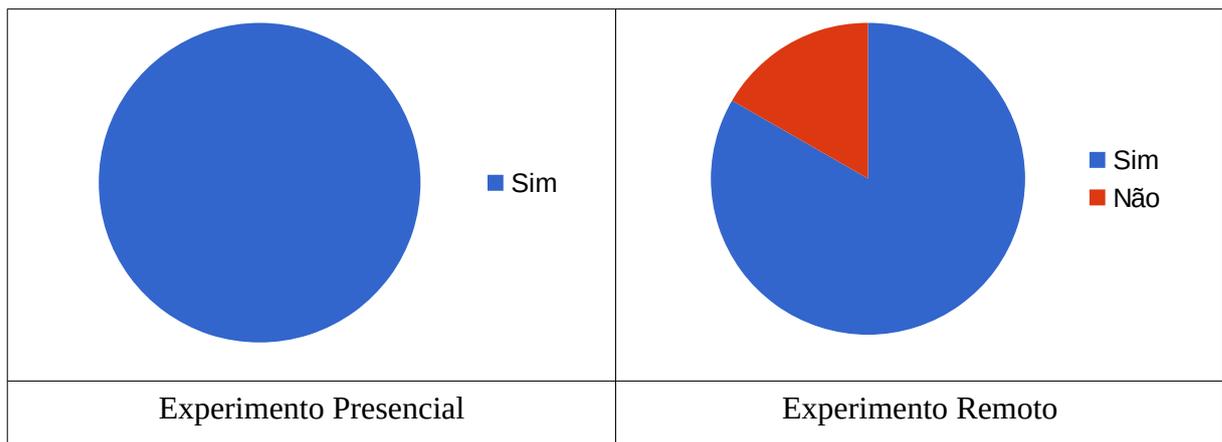
É possível, após a análise da seção anterior, afirmar que realizar um experimento presencial não foi mais determinante que realizar o mesmo experimento remotamente para superação dos obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos. É apressado afirmar, contudo, que isso se deveu à fraquezas no experimento e que um experimento se mostrou melhor que outro. Isso não é, de maneira alguma, o enfoque desta dissertação. A questão é que, para que se possa superar esses obstáculos, é ilusório acreditar que “apenas” um experimento bem-feito é o suficiente. Como defendido por Almeida (2006) “o conhecimento escolar constitui-se no embate com outros saberes sociais, além do científico, diferenciando-se de todos eles, de modo que o determinismo e as certezas imediatas e generalizantes certamente não devem ter aí lugar”. Portanto, defendemos aqui que o pensar científico ou, utilizando a expressão cunhada por Bachelard, o “Espírito Científico” é uma atitude que deve ser fomentada e vai se formando com o passar do tempo. A questão, vale recordar novamente, é qual é o potencial do Laboratório Remoto na superação desses obstáculos.

Antes de prosseguir com a análise, é importante que seja relatada as impressões que os alunos tiveram da experiência com o Laboratório Remoto.

### **6.5.1 Impressões pessoais dos alunos**

A questão número 6 do questionário é sobre o aluno ter ou não conseguido extrair todos os dados que gostaria do experimento. As alternativas eram ‘sim’ e ‘não’. As respostas foram as seguintes:

Tabela 4 - Conseguiu extrair todas as informações do experimento?

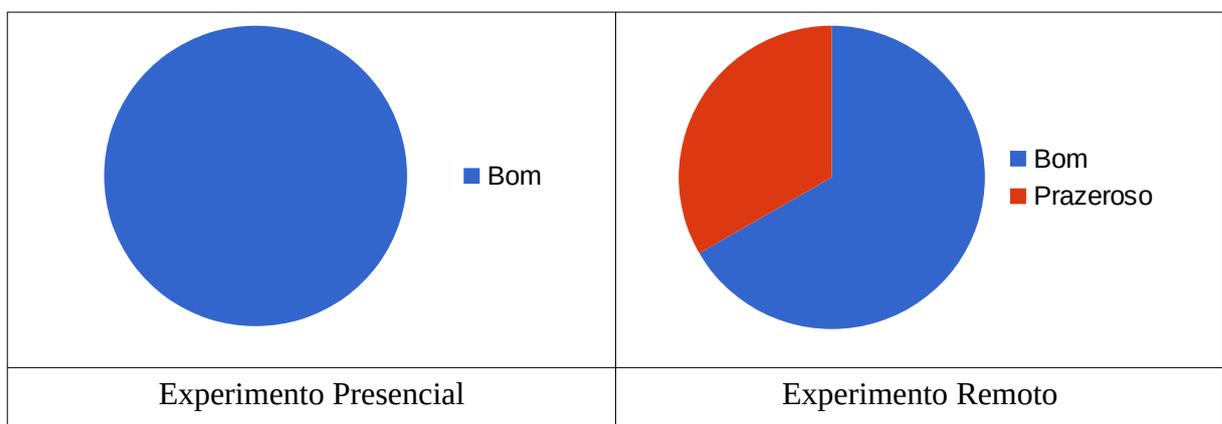


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao ser questionado qual o dado não foi conseguido extrair, a resposta do único aluno que afirmou não ter conseguido extrair os dados que desejava foi o Aluno B, que respondeu “ver uma coisa mais elaborada”. Portanto, assumiremos que realmente não conseguiu extrair alguma informação, mas não é possível definir qual.

Na questão 8, os alunos avaliaram ambos experimentos com base em sua satisfação pessoal. As alternativas disponíveis foram maçante, fraco, bom e prazeroso. A impressão pessoal dos alunos ficou disposta da seguinte maneira:

Tabela 5 - Satisfação pessoal ao realizar o experimento



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as respostas, os alunos que utilizaram o experimento remoto sentiram maior prazer em realizar o experimento que os alunos que fizeram o experimento presencial. Mesmo que não seja prudente afirmar que o experimento remoto *é, de fato*, mais eficiente que

o experimento presencial ao engajar o aluno, é razoável afirmar que, pelo menos, o engajamento proporcionado pelo experimento remoto não sofre um prejuízo considerável.

### 6.5.2 Análise das possibilidades do experimento remoto

O experimento remoto, portanto, atingiu níveis equiparáveis ao experimento presencial em todos os sentidos, mesmo um aluno afirmando, durante a entrevista, que o toque no experimento poderia ter ajudado a validar sua hipótese. No entanto, se a experiência for concebida de maneira análoga a um experimento presencial, suas limitações se tornam mais pronunciadas.

Nesta seção, serão apresentados alguns dos obstáculos epistemológicos evidenciados pelos alunos e que não foram superados, inequivocamente, no decorrer do experimento. Então, serão propostas algumas formas pelas quais os alunos poderiam vir a superá-los utilizando um experimento controlado remotamente.

- O obstáculo da experiência primeira:
  - *O objeto metálico atrairá o ímã para si; O objeto poderá repelir o ímã; O ímã se atrai para o metal; O ímã se atrairia para o metal, também.*

A característica mais marcante desse obstáculo é o aluno não enxergar que há uma interação entre os campos magnéticos, mas que o campo gerado pela bobina ou pela indução no anel serve como uma autopropulsão semelhante às hélices de um helicóptero, que interagem com o ar, de forma puramente mecânica.

Uma proposta para que o experimento remoto permita a observação da reação seria apoiar a bobina sobre uma superfície flexível, como uma mola, e a utilização de um anel mais pesado. Seria possível, então, observar que a bobina também se moveria para baixo, sendo repelida pelo campo do anel. Isso, talvez, despertasse os alunos para esse aspecto do experimento.

- Conhecimento Geral:
  - *Quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, juntar, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos; Corrente elétrica é uma força de eletricidade que passa de um material para outro, pode ser um corpo para outro; ele se atraem, porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutro*

Embora a interação entre campos magnéticos se dá de maneira similar entre a bobina e o anel saltante e um par de ímãs reversos, a questão mais interessante aqui é o porquê do anel manter-se com polarização invertida da bobina. Outro ponto é entender que existe sim uma corrente elétrica circulando pelo anel de maneira inequívoca.

Existem duas propostas para auxiliar nessas questões: a adoção de tinta termossensível nos anéis e manter uma bússola, ou algo equivalente, próximo do experimento. Dessa maneira será possível observar, visualmente, o anel aquecendo e, através da bússola, a atração exercida pela bobina. Isso irá colocar em xeque a ideia de que a bobina poderia repelir um anel metálico naturalmente e também não deixará dúvidas sobre o experimento com o anel seccionado estar ou não gerando um campo magnético.

- Verbal:

- *Quando aproximarmos os dois (ímã e espira, nota nossa), provavelmente eles irão se unir, pois o ímã tem uma força que atrai os objetos; eles (ímãs com o norte voltado um para o outro) não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar.*

Esse tipo de obstáculo, de forma geral, não é difícil de ser superado pois, normalmente, quando se dá uma explicação metafórica a um fenômeno, basta encontrar os pontos onde a metáfora não se sustenta. A grande dificuldade, porém, para a superação desse obstáculo (como dos demais) durante a experimentação, é o fato de que a teoria conduz a observação. Uma vez que a base teórica está distorcida a observação tende a sofrer dessa mesma distorção. Então, uma observação que normalmente questionaria o obstáculo pode ser interpretada de maneira a confirmá-lo.

A adoção da tinta termossensível poderia derrubar por terra a hipótese da corrente “escapar” pelo corte no anel pois, se o anel não aquecer, não há indícios de indução de corrente.

A segunda observação se trata de um problema de interpretação mais profundo que simplifica o fenômeno de desequilíbrio de forças para uma “vontade” dos ímãs. O conceito que poderia ajudar na superação desse obstáculo vem da mecânica. Portanto, para que se supere essa forma de pensamento é necessário um estudo prévio, não entrando no escopo do experimento em si.

- Unitário e pragmático:

- *O objeto metálico poderá repelir o ímã; O ímã (ao ser aproximado de uma espira, nota nossa) irá “fornecer” uma corrente elétrica para a espira;*

O primeiro ponto tocado pelos alunos pode ser superado de forma simples com a utilização da bússola proposta nesse trabalho. Esse equipamento seria atraído o tempo todo pelo campo magnético da bobina e desconstruiria a primeira afirmação.

A segunda questão é um tanto mais complexa porque encontra respaldo na observação empírica e é também uma simplificação. O fato da taxa de variação alterar substancialmente a corrente gerada pode gerar dúvida quanto à validade do conceito unitário de transferência e, portanto, poderia ser um caminho para a superação do obstáculo. No entanto, não se trata de um conceito que pode ser ilustrado pelo experimento contemplado nesta dissertação.

- Substancialista:

- *Pois possui material com cargas compatíveis; A espira e o ímã ficariam neutros, pois ela não está carregada eletricamente; Eles (os ímãs, nota nossa) se repelem, pois tendo a mesma carga eles não podem passar uma energia para o outro; porque o objeto metálico tem condução elétrica; eles não iriam fazer nada, ou seja, nenhuma condução de carga estaria sendo gerada, ficando neutros; Não grudarão, mas eles ficam querendo virar do lado normal para grudar*

Esse obstáculo é decorrente de uma postura investigativa não-científica. Se por um lado o anel de Thomson não poderia, particularmente, confrontar o aluno com esse obstáculo, também é possível afirmar que qualquer experimento, remoto ou presencial possui esse potencial. Uma forma bastante utilizada é a discussão posterior sobre as definições utilizadas nas construções, como “o que seriam ‘cargas compatíveis’?”. Como o escopo desta dissertação é sobre as possibilidades de superação de obstáculos epistemológicos oferecidas pelos laboratórios remotos, não serão aprofundadas técnicas de trabalho específicas. Porém, é importante deixar claro ao leitor que o trabalho pré e pós experimentação é fundamental para a eficácia de qualquer atividade experimental. Existem inúmeros trabalhos que abordam o papel da experimentação como forma de explorar hipóteses que são concebidas anteriormente à atividade experimental. Sobre a importância da hipótese, Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002) afirmam que ela

tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à própria investigação. Condiciona fortemente os

dados a obter num percurso descontínuo, ainda que balizado por um fundo teórico que lhe dá plausibilidade, intervindo ativamente nas explicações posteriores dos resultados. (PRAIA, CACHAPUZ E GIL-PÉREZ, 2002)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar as possibilidades de superação dos obstáculos epistemológicos bachelardianos oferecidas por experimentos controlados remotamente. É importante frisar que não tivemos, em momento algum, a pretensão de avaliar a eficiência dos experimentos controlados remotamente de ajudar na aprendizagem, tampouco comparar com os experimentos presenciais. Caso o leitor deseje se aprofundar nesse tema, sugerimos a leitura do trabalho publicado por Sim (2016) que realiza um comparativo com uma amostragem significativamente maior de alunos.

Durante as atividades experimentais realizadas durante o processo investigativo desta dissertação, em ambas modalidades, os alunos demonstraram empenho e envolvimento similares com os trabalhos. De uma maneira geral, os alunos reagiram positivamente às duas modalidades não apresentando, como já foi mencionado no decorrer da dissertação, nenhuma desvantagem em termos de motivação ao realizar atividades remotas. Para a nossa amostragem, inclusive, o engajamento do laboratório remoto foi maior.

É inegável, contudo, que o experimento remoto necessita de um preparo maior e de um refinamento mais preciso durante a elaboração devido às limitações inerentes à experimentação mediada por computador. A falta da possibilidade de manipular o experimento de formas diferentes da inicialmente contemplada na concepção do experimento pode trazer alguma limitação ao aluno para testar as hipóteses formuladas. Um exemplo disso fica claro no *debriefing* realizado com os alunos quando um deles, utilizador do experimento remoto, menciona que o anel seccionado não subiu porque “pode ser porque tem carga oposta” e mais tarde afirmou que “a hora que a gente ligou ele poderia grudar”. Ao ser indagado se existia uma forma de validar essa hipótese, o aluno balançou negativamente a cabeça. Então, foi perguntado como ele validaria essa hipótese em um laboratório presencial. A resposta foi “se colocasse (o anel) um pouquinho para cima e a gente ligasse o aparelho. Se ele fosse atraído ele seria puxado para baixo”.

Isso demonstra que o laboratório remoto não oferece *menos* possibilidades de superação dos obstáculos epistemológicos que os laboratórios presenciais. Ao invés disso, pode-se afirmar que oferece possibilidades *diferentes*.

Durante o experimento realizado, foi possível observar que os alunos que utilizaram o laboratório presencial, apesar de terem essa possibilidade, não utilizaram de outros sentidos, além da visão, para apreciar o experimento. Em um único momento, ao desconfiarem que o

experimento utilizando o anel seccionado poderia não estar recebendo energia alguma, uma das equipes resolveu trocar os cabos de alimentação, enquanto a outra equipe trocou os anéis de um experimento para outro. Um aspecto interessante nesse momento foi que, mesmo observando, ao fazer essa troca, que o anel inteiro estava aquecido, não observaram que o anel seccionado estava frio e simplesmente descartaram a informação da temperatura. Em contrapartida, foi possível observar que os alunos que utilizaram o experimento remotamente ficaram mais focados e mais atentos ao experimento, não se distraíndo com outros estímulos presentes no ambiente.

É importante salientar, com isso, que não estamos afirmando que um comportamento mais focado é uma característica inerente de alunos que utilizam experimentos de laboratórios remotos, mas deixamos a sugestão para que, em outras pesquisas mais abrangentes, esse aspecto seja observado.

Um outro aspecto permitido pelos laboratórios remotos que não foi abordado por fugir do escopo dessa pesquisa mas é importante ser mencionado é o fato que interface mediada pelo computador e a própria construção do experimento gera possibilidades que um laboratório presencial, em sua natureza, não contempla. A coleta de dados em laboratório remoto é facilitada por se ter um contato direto com sensores e atuadores que ativam e controlam o experimento. Essa natureza leva a um sistema de aquisição de dados que, normalmente, não se implanta em experimentos presenciais.

Um exemplo disso pode ser visto no experimento do trilho de ar no Laboratório remoto de Física da UNIFEI onde uma série de sensores capta o movimento do carrinho que desliza sobre o trilho, possibilitando uma coleta precisa de informações que, apesar de possível em um experimento presencial, normalmente eleva substancialmente o custo. Outra possibilidade é devido à transmissão das imagens feita por câmera, possibilita que o software do experimento obtenha instantâneos de diversos momentos do experimento com simples alterações, pois a imagem já está sendo captada por diversas câmeras. Diversas outras possibilidades poderiam ser mencionadas.

Finalmente, alinhamos nossa posição com a conclusão do trabalho de Sim (2016) quando afirma que

Do nosso ponto de vista os resultados não nos autorizam a defender uma substituição dos laboratórios presenciais convencionais pelos laboratórios controlados remotamente, contudo, nos possibilita afirmar que experimentos dessa natureza apresentam uma potencialidade que merecem maior atenção das pesquisas em Ensino de Ciências. (SIM, 2016)

visto que possibilidades de superação dos obstáculos epistemológicos pelos experimentos controlados remotamente foram demonstradas nesse trabalho. Os laboratórios presenciais ainda são e, ousamos afirmar, sempre serão a linha de frente do apoio ao aprendizado. Entretanto, na impossibilidade de se utilizar esse tipo de experimento, a experimentação remota apresenta possibilidades novas e inovadoras de utilização e se mostram uma alternativa bastante atraente na nobre e importante missão de ensinar Ciências.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. Prescrições e recomendações ao professor na solução de problemas do ensino na educação em ciências. *Ciência & Ensino*, vol. 1, n. 1. Dezembro de 2006.
- ALVES, G. R. Using VISIR in a Large Undergraduate Course: Preliminary Assessment Result. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 2011. Disponível em <<http://online-journals.org/index.php/i-jep/article/viewFile/1589/1699>>. Acesso em 30 de dezembro de 2017.
- ANDRADE, B. L. de; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 2, n. 2. Belo Horizonte, MG, 2002.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 5a reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.
- BACHELARD, G. A filosofia do não: a filosofia do novo espírito científico in *Coleção Os Pensadores*. Trad. Joaquim J. M. Ramos, Remberto F. Kuhnen, Antônio da C. Leal e Lídia do Valle Santos Leal. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2002.
- BARRETO, R. G. et al. As tecnologias da informação e da comunicação na formação de professores. *Revista Brasileira de Educação*, v. 11, n. 31. 2006.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 3. Bauru, 2014.
- BOGDAN, C. R.; BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.
- BOHUS, C.; AKTAN, B.; SHOT, M. H.; CROWL, L. A. *Running Control Engineering Experiments Over the Internet*. Department of Computer Science. Corvallis, Oregon, USA: Oregon State University, 1995.
- CAETANO, T. C. Laboratório Remoto de Física da UNIFEI: Apresentação. Disponível em <<http://200.235.74.192/src/apresentacao.php>>. Acesso em 28 de novembro de 2017.
- CALLAGHAN, M. J.; HARKIN, J.; MCGINNITY, T. M.; MAGUIRE, L. P. *Client-server Architecture for Remote Experimentation for Embedded Systems*. Intelligent Systems Research Center. University of Ulster, Magee Campus, Derry City, Northern Ireland, UK, 2007.
- CALLAGHAN, M. J.; HARKIN, J.; MCGINNITY, T. M.; MAGUIRE, L. P. *Paradigms in Remote Experimentation*. Intelligent Systems Research Center. University of Ulster, Magee Campus, Derry City, Northern Ireland, UK, 2005.
- CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação Científica na Perspectiva Bachelardiana: Ensino Enquanto Formação. *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 8, n. 1. Belo Horizonte, MG, 2006.
- CETIC.BR. TIC Educação – 2016. Disponível em <<http://cetic.br/tics/educacao/2016/alunos/B10/>>. Acesso em: 6 de setembro de 2017.
- CLEA. Project CLEA. Disponível em <<http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2017.



POSNER, G. J.; Strike, K. A. ; Hewson, P. A.; Gertzog, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2. Portugal, 2002.

PRETTO, N. e PINTO, C. da C. Tecnologias e novas educações. *Revista Brasileira de Educação*, v. 11, n. 31. 2006.

REXLAB. Sobre. Disponível em <<https://rexlab.ufsc.br/about/>>. Acesso em 8 de setembro de 2018.

SANCRISTOBAL E. et al. State of art, Initiatives and New Challenges for Virtual and Remote Labs. 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Roma, Itália. 2012.

SANTOS, C. A. Do Espalhamento de partículas alfa à energia nuclear: caminhos percorridos por Rutherford. Instituto de Física da UFRGS. Disponível em <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/textos/CO-CarlosAlbertoSantos.pdf>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

SAUVÉ, J; O que é um framework?. Universidade Federal de Campina Grande, 2007. Disponível em <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/frame/oque.htm>>. Acesso em 3 de janeiro de 2018.

SIEVERS JR., F.; GERMANO, J. S. E.; ALMEIDA, F. de. WEBLAB, Um laboratório remoto para experimentos de Física. XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE. Mackenzie. 2007. Disponível em <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/670/656>>. Acesso em 8 de setembro de 2018.

SILVA NETO, R. F. da. Laboratórios Remotos: Análise de Arquiteturas e Proposta Teórica de Modelo Genérico. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Ouro Preto: UFOP, 2016.

SILVEIRA, F. L. da; AXT, R. Explicação qualitativa do “anel de Thomson”. Como ocorre a “levitação magnética?”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25:1, n. 81-81. 2003.

SIM, A. A. Experimento de Física controlado remotamente: Uma avaliação sobre o processo de ensino e de aprendizagem. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.

SOUZA FILHO, M. P. de. O erro em sala de aula: subsídios para o ensino do eletromagnetismo. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista. Bauru, p. 230. 2009.

VALENTE, José Armando. ALMEIDA, Fernando José. Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação do professor. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, n. 1. Brasil, 1997.

WEBLAB ITA. WEBLAB – Experimentos ao seu alcance. Disponível em <<http://161.24.5.141/sobre.php>>. Acesso em 8 de setembro de 2018.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III: Eletromagnetismo. Trad. Sonia Midori Yamamoto. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

ZANON, Duilcimeire A. V.; FREITAS, Denise de. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. Ciências & Cognição 2007; Vol 10. Brasil, 2007.

ZORICA, N.; MACHOTKA, J; NAFALSKI, A. Remote Laboratories Versus Virtual and Real Laboratories. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Boulder, Colorado, USA: 2003.

## **ANEXO I – PRÉ-TESTE**

O objetivo do pré-teste é realizar uma avaliação aos conhecimentos prévios do aluno antes de realizarem o experimento teórico. No Pré-teste a correção ou incorreção das respostas não foi determinante, mas sim observar e identificar a presença de obstáculos epistemológicos que poderiam estar presentes e que, potencialmente, seriam superados durante a execução do experimento.

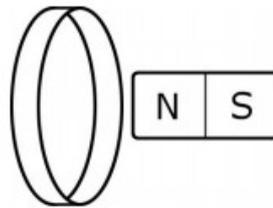
**PRÉ-TESTE**

1. Que tipo de experimento você vai fazer hoje?

Remoto

Presencial

2. O que acontece quando aproximamos o ímã da espira, conforme a figura abaixo?




---



---



---



---



---

3. Imagine que a seta represente o sentido de circulação de uma corrente elétrica na espira abaixo. Desenhe o campo magnético gerado.



4. Dê uma nota de zero a dez para os elementos abaixo de acordo com sua possibilidade de ser atraído por ímãs. 10 para um material muito atraído e 0 para um material que não sofre nenhuma atração.

\_\_ ferro

\_\_ cobre

\_\_ vidro

\_\_ plástico

\_\_ alumínio

\_\_ aço

\_\_ papel

\_\_ lã

5. Explique, em poucas palavras, o que é corrente elétrica.

---



---

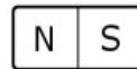
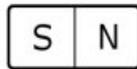


---



---

6. O que acontece quando aproximamos dois ímãs, com o norte de um voltado para outro, como mostra a figura abaixo?



7. O que acontece quando aproximamos um ímã de um objeto metálico, conforme mostra a figura abaixo?




---



---

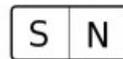


---



---

8. E o que aconteceria se virássemos o ímã, no exemplo acima, de cabeça para baixo?




---



---



---



---

## **ANEXO II - QUESTIONÁRIO**

O objetivo deste questionário é servir de apoio aos dados coletados com a observação. As perguntas são voltadas para identificar se o experimento remoto permitiu que o aluno superasse o obstáculo epistemológico da mesma maneira que o aluno que fez o experimento de maneira presencial. Assim, as questões foram elaboradas com o intuito de não se assemelhar a uma avaliação, mas sim buscar compreender o tipo de relação que o aluno manteve com o experimento durante a realização e se houveram oportunidades para que o conhecimento fosse melhor construído, independentemente se essas possibilidades resultaram, de fato, em um conhecimento melhor construído. Ressalta-se, então, para justificar essa postura, que um conhecimento melhor construído, de forma geral, é consequência de fatores externos ao escopo desta pesquisa como, por exemplo, um aluno que tenha compreendido a teoria melhor que outro, o uso que o professor fez do experimento, as experiências extraclasse do aluno entre diversos outros fatores.

**QUESTIONÁRIO**

1. Que tipo de experimento você está fazendo hoje?

Remoto

Presencial

2. Ao ativar o experimento com o anel inteiro, o que você observa?

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Agora, ativando o experimento com o anel seccionado, o que você observa?

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Como você explica o que acontece com o anel inteiro?

---

---

---

---

---

---

---

---

5. E como você explica o que se sucede com o anel seccionado?

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Você conseguiu extrair todos os dados que gostaria do experimento?

não

sim

7. Se a resposta anterior for não, o que você gostaria de ter feito que não foi possível fazer?

---

---

---

---

---

---

8. Como você avalia a realização do experimento do ponto de vista da satisfação pessoal em realizá-lo?

maçante

fraco

bom

prazeroso